

Université de Montréal

**Évaluation des jeux Kinect à l'aide du suivi
physiologique, du suivi oculaire et des réactions faciales
du joueur.**

par

HUA Tran Nguyen Khoi

Département de Communication

Faculté des Arts et des Sciences

Mémoire présenté à la Faculté des Arts et des Sciences
en vue de l'obtention du grade de Maîtrise
en Sciences de Communication
option Communication Médiatique

Août 2012

© HUA Tran Nguyen Khoi, 2012

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Ce mémoire intitulé :

Évaluation des jeux Kinect à l'aide du suivi physiologique, du suivi oculaire et des réactions faciales du joueur.

Présenté par :
HUA Tran Nguyen Khoi

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Aude Dufresne, directrice de recherche
Dominique Meunier, présidente du jury
Micheline Frenette, membre du jury

Résumé

Les jeux vidéo à interface gestuelle permettent des interactions intéressantes entre le joueur et le jeu. Pour évaluer ce nouveau type de jeux vidéo, la méthode d'évaluation subjective courante serait insuffisante (Mandryk, R. L., Inkpen, K. M., et Calvert, T. W., 2006). Notre recherche essaie d'associer l'évaluation objective à l'évaluation subjective pour mesurer la qualité d'immersion des jeux vidéo conçus pour la Kinect — un accessoire de la console Xbox de Microsoft, permettant de jouer sans la manette. Notre corpus comporte 18 sujets (joueurs intensifs et occasionnels) et 3 jeux Kinect (*Body and Brain Connection*, *Child of Eden* et *Joy Ride*).

Notre objectif est de développer une méthode d'évaluation la qualité d'immersion du jeu vidéo à l'interface gestuelle. Nous nous sommes basé d'une part sur un questionnaire conçu à partir des critères d'évaluation du Flux dans le jeu vidéo de Sweetser et Wyeth (2005) et des principes d'utilisabilité (Nielsen, 1994a, b; Bastien et Scapin, 1993; Johnson et Wiles, 2003), avec un questionnaire adapté par les chercheurs du DESS Design de jeu de l'Université de Montréal. Et d'autre part, nous nous avons intégré la mesure des réactions physiologiques des joueurs (la réponse galvanique de la peau, le pouls du volume sanguin, la respiration), les réactions oculaires (le diamètre des pupilles, le temps de fixation) et les expressions faciales (la joie, la tristesse, la colère, la peur, la surprise et le dégoût) du joueur.

Nous nous sommes appuyé sur des postulats théoriques provenant du domaine de l'interaction humain-ordinateur et du design des jeux vidéo. Nous avons étudié en particulier les réactions physiologiques, oculaires, les expressions faciales et nous avons cherché à faire le lien avec les notions de présence et d'immersion dans le domaine des jeux vidéo.

L'analyse des résultats a montré des corrélations entre les réactions physiologiques, oculaires et les réponses subjectives des participants aux questionnaires. Par exemple on observe une corrélation négative entre la pression sanguine (BVP) et la concentration du joueur, une corrélation positive entre la respiration et le diamètre des pupilles et le sentiment d'immersion du joueur, etc. Ces résultats permettraient de confirmer la faisabilité de notre méthode d'évaluation.

Ensuite, nous avons comparé les trois jeux en fonction des composantes de l'immersion afin de trouver le jeu le plus immersif. Le résultat a montré que le jeu Body and Brain Connection était le plus prisé par les participants et que le niveau de défi bien calibré et la facilité de contrôle étaient les deux facteurs principaux de la réussite du jeu Body and Brain.

Nous avons également comparé les joueurs intensifs et les joueurs occasionnels en fonction des composantes de l'immersion pour voir la différence de point de vue des joueurs sur la Kinect. Le résultat a montré qu'il n'y avait pas de différence entre les deux types de joueurs.

Mots-clés : Évaluation des jeux vidéo, immersion, présence, suivi physiologique, suivi oculaire, émotion, expressions faciales, Kinect, interface gestuelle.

Abstract

The gesture-based video games offers interesting new ways of interacting between the player and the game. In order to evaluate this new type of games, current subjective methods of evaluating games isn't sufficiently robust. Our research tries to combine the objective and subjective methods for measuring the qualities of immersion of video games played with Kinect - an accessory for Xbox console from Microsoft, to play without the controller. Our corpus consists of 18 subjects (intensive and casual players) and 3 Kinect games.

Our goal is to develop a method for assessing the quality of gesture-based video games. We relied in part on a questionnaire developed from the criteria for player enjoyment in games (Sweetser and Wyeth, 2005) and the usability questionnaire (Nielsen, 1994a, b; Bastien et Scapin, 1993; Johnson et Wiles, 2003), designed by the researchers of DESS Design de jeux, University of Montreal. And secondly, we integrated the measures of physiological responses (the galvanic skin response, the blood volume pulse, the respiration), the ocular reactions (the pupil's diameter, fixation time) and facial expressions (joy, sadness, anger, fear, surprise and disgust) of the player.

We relied on theoretical assumptions from the field of human-computer interaction and games design. We studied in particular physiological responses, eye movements, facial expressions and the notions of presence and immersion in video games.

The analysis shows correlations between the physiological reactions, the eye movements and the player's subjective responses. For example, we observed negative correlation between blood volume pulse (BVP) and the concentration of the player, positive correlations between respiration and pupil diameter and the sense of immersion the player, etc. These results would confirm the feasibility of our evaluation method. Then, we compared these three games in terms of five components of immersion to find the most immersive game. The result showed that the game Body and Brain Connection was most appreciated by the participants and that the level of challenge properly calibrated and the ease of control were the two main factors of success of the game Body and Brain.

We also compared intensive gamers and casual players according to the components of immersion to see the difference between their attitudes toward the Kinect. The result showed that there was no difference between the two types of players.

Keywords : Video games evaluation, immersion, presence, physiological monitoring, eye-tracking, emotion, facial expressions, Kinect, gestural interface.

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1 - Cadre théorique et problématique.....	6
1.1 Les notions de la présence, de l'immersion et du flux.....	7
1.1.1 La présence	7
1.1.2 Les composantes de la présence	11
1.1.3 L'immersion.....	14
1.1.4 Notre point de vue sur l'emploi des termes « Présence » et « Immersion ».	17
1.1.5 La notion de FLOW ou FLUX.....	18
1.1.6 Conclusion sur les notions de Présence, d'Immersion et du Flux	20
1.2 Les conditions de succès de l'Immersion dans les jeux vidéo.....	21
1.2.1 Le niveau de défi.....	21
1.2.2 La curiosité.....	22
1.2.3 La fantaisie.....	23
1.2.4 Conclusion	23
1.3 L'évaluation d'un jeu vidéo	24
1.3.1 Le test d'utilisabilité	24
1.3.2 Le test de jouabilité et la notion de <i>Gameplay</i>	25
1.3.3 Les heuristiques d'évaluation de la jouabilité des jeux vidéo	26
1.3.4 Modèle « <i>Gameflow</i> » de Sweetser et Wyeth	27
1.4 Mesurer le sentiment de présence	30
1.4.1 Les mesures subjectives.....	30
1.4.2 Des mesures objectives.....	31
1.4.3 Conclusion	37
1.5 Problématique	38
Questions et hypothèses de recherche.....	41
Chapitre 2 - Méthodologie de recherche.....	44
2.1 Choix des jeux.....	44
2.2 Les sujets d'expérience	46
2.3 Ordre d'expérimentation des différents jeux.	46

2.4	Les outils du suivi oculaire, du suivi physiologique et de la reconnaissance des expressions faciales	47
2.5	Le questionnaire	50
2.6	L'entrevue	52
Chapitre 3 - Analyse des données.....		53
3.1	Statistiques descriptives	53
3.1.1	Les mesures oculaires	54
3.1.2	Réactions physiologiques.....	59
3.1.3	Réactions faciales.....	70
3.1.4	Conclusion	76
3.2	Corrélations entre les réactions physiologiques et oculaires avec le questionnaire d'évaluation des jeux.....	77
3.2.1	Immersion	79
3.2.2	Compétences.....	81
3.2.3	Concentration.....	83
3.2.4	Niveau de Défi	85
3.2.5	Contrôle.....	87
3.2.6	Conclusion sur les corrélations entre les paramètres et les réactions physiologiques et oculaires.....	89
3.3	Différence entre les jeux	92
3.3.1	Comparaison des jeux selon les données du questionnaire	93
3.3.2	Comparaison des jeux par paramètres (Immersion, Concentration, Compétences, Défi, Contrôles).....	94
3.3.3	Comparaison des jeux en fonction des réactions oculaires et physiologiques	97
3.3.4	Conclusion sur la comparaison des jeux.....	102
3.4	Différences entre les joueurs intensifs et les joueurs occasionnels.....	106
3.4.1	Comparaison par 5 paramètres.....	107
3.4.2	Comparaison par les mesures physiologiques et oculaires	107
Conclusion et prospectives.....		106
Bibliographie.....		109

Liste des tableaux

Tableau 1 — Critères d'évaluation du Flux dans le jeu vidéo (traduit de Sweetser et Wyeth, 2005).....	29
Tableau 2 — Profil des participants et ordre de l'expérimentation.....	46
Tableau 3 — Questionnaire d'Immersion.....	51
Tableau 4 — Liste des groupes d'AOIs et signification.....	53
Tableau 5 — Liste de pages et signification.....	54
Tableau 6 — Liste des événements spéciaux.....	66
Tableau 7 — Liste des questions du paramètre Immersion.....	79
Tableau 8 — Corrélation des questions avec le paramètre Immersion.....	79
Tableau 9 — Corrélation du paramètre Immersion avec les réactions physiologiques et oculaires.....	80
Tableau 10 — Corrélation des questions du paramètre Immersion avec les réactions physiologiques et oculaires.....	80
Tableau 11 — Liste des questions du paramètre Compétences.....	81
Tableau 12 — Corrélation des questions avec le paramètre Compétences.....	82
Tableau 13 — Corrélation des questions Compétences avec des réactions physiologiques et oculaires.....	82
Tableau 14 — Liste des questions du paramètre Concentration.....	83
Tableau 15 — Corrélation des questions avec le paramètre Concentration.....	84
Tableau 16 — Corrélation du paramètre Concentration avec les réactions physiologiques et oculaires.....	84
Tableau 17 — Corrélation des questions Concentration avec les réactions physiologiques et oculaires.....	85
Tableau 18 — Liste des questions du paramètre Niveau de défi.....	85
Tableau 19 — Corrélation des questions avec le paramètre « Niveau de défi ».....	86
Tableau 20 — Corrélation du paramètre « Niveau de défi » avec les réactions physiologiques et oculaires.....	86
Tableau 21 — Corrélation des questions « Niveau de défi » avec les réactions physiologiques et oculaires.....	87
Tableau 22 — Liste des questions du paramètre Contrôle.....	87

Tableau 23 — Corrélation des questions avec le paramètre Contrôle.....	88
Tableau 24 — Corrélation du paramètre Contrôle avec les réactions physiologiques et oculaires.....	88
Tableau 25 — Corrélation des questions « Contrôle » avec les réactions physiologiques et oculaires.....	89
Tableau 26 — Corrélations entre les Paramètres et les Réactions physiologiques et oculaires.....	90
Tableau 27 — Moyenne des réponses du questionnaire par jeu.....	93
Tableau 28 - Comparaison des jeux sur l'ensemble du questionnaire de l'immersion....	94
Tableau 29 — Comparaisons entre les jeux sur le plan des paramètres.....	95
Tableau 30 — Comparaison des jeux par les réactions oculaires et physiologiques.....	98
Tableau 31 — Comparaison des types de joueurs en fonction des résultats du questionnaire d'Immersion.....	107
Tableau 32 — Comparaison des types de joueurs par les mesures physiologiques et oculaires.....	108

Liste des figures

Figure 1 — Trois pôles de la présence selon Biocca (2003)	9
Figure 2— La qualité du Flux et le rapport entre le défi et la compétence (Csikszentmihalyi, 1997, p.31)	19
Figure 3 — 6 émotions de base selon Paul Ekman (photo extraite de Ekman, 1999).....	35
Figure 4 — Logiciel FaceReader de Noldus.....	36
Figure 5 — Schéma de commandes du jeu Super Street Fighter IV	39
Figure 6 — Schéma des mouvements du jeu de Boxe — <i>Kinect Sport</i>	40
Figure 7 — Jeu <i>Kinect Joy Ride</i>	45
Figure 8 — <i>Body and Brain Connection</i> — Jeu « Prévention routière »	45
Figure 9 — <i>Body and Brain Connection</i> — Jeu « Objectif 10 ».....	45
Figure 10 — Jeu <i>Child of Eden</i>	46
Figure 11 — Les capteurs de suivi physiologique accrochés sur la main du sujet.....	49
Figure 12— La disposition des appareils utilisés dans le test.....	49
Figure 13 — Un participant pendant le test.....	49
Figure 14 — Durée de fixation dans les pages	55
Figure 15 — Diamètre des pupilles dans les pages	56
Figure 16 — Durée de fixation dans les groupes d'AOIs.....	58
Figure 17 — Taille des pupilles dans les groupes d'AOIs	59
Figure 18 — Réactions physiologiques dans les pages — Catégorie JEU	60
Figure 19 — Réactions physiologiques dans les pages — Catégorie RÉSULTAT	63
Figure 20 — Réactions physiologiques par groupes d'AOIs	64
Figure 21— Réactions physiologiques dans les évènements — <i>Joy Ride</i>	66
Figure 22 — Réactions physiologiques dans les évènements — <i>Body and Brain</i>	67
Figure 23 — Réactions physiologiques dans les évènements — <i>Child of Eden</i>	68
Figure 24 — Réactions faciales dans les pages de la catégorie JEU	71
Figure 25 — Réactions faciales dans les pages de la catégorie RÉSULTAT.....	72
Figure 26 — Réactions faciales dans les groupes d'AOIs.....	73
Figure 27 — Réactions faciales dans les évènements - <i>Joy Ride</i>	74
Figure 28 — Réactions faciales dans les évènements — <i>Body and Brain</i>	75
Figure 29 — Réactions faciales dans les évènements — <i>Child of Eden</i>	75

Figure 30 — Comparaison des jeux par les données du questionnaire.	93
Figure 31 — Comparaison des Jeux par paramètre Contrôle	96
Figure 32 - Comparaison des Jeux par paramètre Niveau de Défi	97
Figure 33 — Comparaison des jeux par le diamètre des pupilles.....	99
Figure 34 — Comparaison des Jeux par le BVP	100
Figure 35 — Comparaison des jeux par la Respiration	101
Figure 36 — La qualité visuelle du jeu <i>Child of Eden</i>	105
Figure 37 — La simplicité du contrôle du jeu <i>Body and Brain</i>	105
Figure 38 — La compétitivité permanente du jeu <i>Joy Ride</i>	106
Figure 39 — Comparaison des joueurs par la durée de fixation.....	108
Figure 40 — Comparaison des joueurs par la respiration.....	108

Liste des sigles et des abréviations

GSR : Réponse Galvanique de la Peau (ou Galvanic Skin Response)

BVP : Pouls du Volume Sanguin (ou Blood volume Pulse)

AOI : Zone d'intérêt (ou Area of Interest)

Remerciements

Mes premiers remerciements sont pour les membres de mon jury. Merci à eux pour le temps consacré à examiner mon mémoire. Merci de votre intérêt.

Je remercie très sincèrement Aude Dufresne pour avoir accepté de devenir ma directrice de mémoire et pour m'avoir initié au domaine d'Interaction Homme-Machine. J'ai ainsi pu finir ma recherche dans d'excellentes conditions.

Un grand et chaleureux merci à François Courtemanche et Féthi Guerdelli pour leur logiciel d'analyse de données et leur soutien. Un grand merci aussi à Emmanuelle Hardy-Sénécal et Danny Godin qui ont coopéré pleinement avec nous pour le bon déroulement de l'expérimentation.

Je veux également saluer tous les amis et amies qui ont accepté de participer à notre expérimentation. Merci à tous pour votre bonne humeur et votre sympathie.

Je souhaite adresser des remerciements particulièrement intenses à mes parents, mes beaux-parents au Vietnam, à mes oncles M.Nguyen Huu Lang et Mme. Truong Thi Bich Lien, à mes cousins au Canada qui m'ont soutenu dans mon aventure à Montréal.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance au Programme canadien de bourses de la Francophonie qui m'a offert une chance d'étudier au Canada.

Enfin, comment dire merci à la personne qui, l'année prochaine, mettra au monde notre enfant, me soutient, et m'encourage à changer notre vie.

Merci à tous pour votre présence...

Introduction

L'émergence des interfaces gestuelles

Ces derniers temps, on parle de plus en plus souvent de la technologie de reconnaissance gestuelle qui nous permet de contrôler de loin une interface technologique par le biais des mouvements du corps. Certes, cette technologie ne date pas d'hier, mais il a fallu attendre longtemps pour qu'elle passe de l'écran du cinéma à notre vie quotidienne. Avec des gestes, nous pouvons aujourd'hui contrôler notre ordinateur personnel (l'application *Leap Motion*), prendre des photos à distance (la technologie *Gesture Shot* de *Samsung*), jouer aux jeux vidéo (les accessoires *Kinect* de *Microsoft*, *Wii* de *Nintendo*, *PS Move* de *Sony*), et dès 2013, contrôler un téléphone intelligent.

La reconnaissance gestuelle est très populaire surtout dans le domaine des jeux vidéo. Microsoft, Nintendo et Sony, les plus grands producteurs de console de jeu vidéo, ont tous leur système de reconnaissance de mouvements. Désormais, les manettes complexes se réduisent en une petite télécommande (*Wii mote*), ou en une petite sphère lumineuse (*PS Move*) ou en rien du tout (*Kinect*). Le jeu vidéo à reconnaissance de mouvement est devenu l'un des eldorados du secteur.

Les chiffres d'affaires montrent que cette technologie est très prisée par les joueurs. La *Kinect*, le système de Microsoft, en particulier, a dépassé les 10 millions d'unités vendues dans le monde et s'inscrit ainsi dans le livre des records Guinness comme l'objet électronique grand public le plus rapidement vendu de tous les temps.

Pour reconnaître puis interpréter les mouvements du joueur, la *Kinect* se base sur deux outils : ses caméras et le logiciel permettant la reconnaissance des mouvements captés. La *Kinect* génère une image tridimensionnelle de la personne placée devant lui, en calculant la profondeur de champ au gré des mouvements du joueur.

Par rapport aux *Wii mote* et *PS Move*, la *Kinect* ne nécessite aucun outil autre que le corps du joueur. La manette supprimée, le jeu vidéo semble plus réel. Dans les jeux de simulation sportive, on ne passe plus le ballon avec le bouton X ou la gâchette Z, mais

avec son pied ! Dans les jeux musicaux et les jeux de danse, le joueur danse devant l'écran, et le jeu corrige en direct les faux pas.

« Avec Kinect, l'engagement du joueur devient charnel, organique. L'interaction entre lui et son jeu se fait par la médiation invisible d'un objet impalpable. Il n'a plus de manette, mais il lui reste de nouvelles « touches » à découvrir et maîtriser : ses mains, ses bras, ses membres, sa tête, son buste. Le changement de ce rapport entre le joueur et la machine est tel que l'on ne mesure sans doute pas encore très bien la profondeur des voies inédites qui s'ouvrent au jeu vidéo. » — Libération¹

Force est de constater que l'arrivée de la reconnaissance gestuelle au jeu vidéo ouvre de nouvelles perspectives dans la manière d'interagir avec les jeux. Toutefois, il semble que la question d'efficacité se soit peu posée.

État des lieux sur la réception des interfaces à composantes gestuelles

Certains joueurs ont apprécié la nouvelle technologie :

« J'étais un peu sceptique avant de l'acheter, mais en l'utilisant la première fois j'ai été conquis ! Il reproduit fidèlement vos gestes et vous n'avez pas besoin de manettes à tenir comme les autres consoles. » — **williamparis18** (site Fnac.com)

« Nous avons passé une soirée extraordinaire avec Danse Central ! Le Kinect fait bouger, suer et rire ! Aussi exigeant qu'un cours d'aérobic, plaisir en plus et ce, sans tapis encombrant » -**mimibiscuit**. (<http://blogues.cyberpresse.ca>)

« Kinect ne fait pas que reconnaître vos gestes et leur vigueur, il intègre également l'espace autour du joueur. Il faut une brève période pour s'habituer à voir ses mouvements reflétés dans l'écran, mais rapidement, on se retrouve complètement plongé dans l'expérience, comme si le corps ne faisait pas de différence entre un geste posé virtuellement ou pas. Non seulement les jeux tirent-ils profit de la puissance de rendu de la console et sont présentés en haute définition, mais le fait de n'avoir besoin d'aucun accessoire autre que son corps procure une immersion totale. » — **JOUEZ.com**²

Mais, il existe d'autres avis plus sceptiques :

¹ <http://www.liberation.fr/societe/01012378147-jeux-video-la-manette-perd-la-main>

² www.branchez-vous.com/techno/jouez/2010/11/analyse_le_microsoft_Kinect.html

*« Deux problèmes : Ca prend énormément d'espace libre (8 pieds !) en face de la télévision, et de l'espace autour. J'ai pas 100 pieds carrés de plancher vide dans mon salon... L'autre problème, c'est le temps de réaction (très apparent dans « Kinect adventures »). Un délai de réaction de 15 millisecondes est remarqué par les joueurs dans les jeux d'action, alors avec un bon 500ms à une seconde de délai avec la Kinect, oubliez les jeux d'action. » — **steadtler** (<http://blogues.cyberpresse.ca>)*

*« Non. Définitivement pas. Personnellement, je n'aime pas le concept des WiiMote, Move & Kinect. Je préfère les manettes conventionnelles. ..» — **ncrdrg** (<http://blogues.cyberpresse.ca>)*

Motivations et objectifs

En intégrant la reconnaissance gestuelle aux jeux vidéo, l'objectif clairement affiché des producteurs est de permettre au joueur de bouger à son gré et de s'immerger davantage dans le jeu. Est-ce qu'en réalité, les jeux à interface gestuelle sont tous immersifs?

Jouer sans rien tenir dans la main, bouger le corps pour contrôler le jeu, l'expérience du joueur sera très différente par rapport à jouer assis sur une chaise. Ces changements se réalisent tant au niveau de l'interface que dans la manière de jouer. Par exemple, à force de bouger le corps, le joueur sera épuisé plus vite qu'en appuyant sur quelques boutons de la manette ou du clavier. Donc, les jeux de longue haleine ne correspondraient pas à la nouvelle interface. Comment écrire un scénario qui engage le joueur avant qu'il ne se soit épuisé dès les premières minutes en bougeant beaucoup ? Un autre exemple, dans l'interface gestuelle, le joueur contrôle avec ses mains, ses pieds et sa tête. Comment organiser les mouvements dans le jeu pour ne pas épuiser le joueur inutilement, et être facile à retenir?

Bref, les changements dans l'interaction entre le joueur et l'interface gestuelle du jeu impliquent une nouvelle méthode de conception et d'évaluation.

Nous nous intéressons ici au côté de l'évaluation, car à notre avis, l'évaluation joue un rôle crucial, permettant aux concepteurs de mieux comprendre l'expérience du joueur et de remédier aux erreurs éventuelles dans l'interface d'utilisateur. L'évaluation des jeux vidéo se réalise sur deux plans : utilisabilité et jouabilité.

Le test d'utilisabilité examine l'interface d'utilisateur qui se compose des menus, de l'affichage, de l'interface de contrôle, de la rétroaction que donne le système. Les évaluateurs utilisent les heuristiques d'utilisabilité et leur expérience en cette matière pour identifier les problèmes qui sont en général l'encombrement des menus, la clarté des messages ou la difficulté à maîtriser les contrôles.

Quant au test de jouabilité, il s'agit d'étudier les interactions du joueur, le niveau de défi, ainsi que le scénario pour rendre le jeu le plus immersif possible. À cette phase, les évaluateurs se concentrent sur la partie de jeu pour identifier les problèmes tels que les tâches répétitives et ennuyeuses, l'objectif peu clair, ou les récompenses et les pénalités injustes...

Est-ce que cette approche d'évaluation des jeux vidéo traditionnels et les grilles d'évaluation existantes sont toujours efficaces dans le cas des jeux à interface gestuelle ? Notre recherche se propose, afin de répondre à ces questions, d'utiliser en premier lieu une grille d'évaluation construite pour les jeux vidéo traditionnels pour évaluer le niveau d'immersion des jeux *Kinect* comme représentant des jeux vidéo à interface gestuelle. Nous voudrions voir comment les critères de cette grille d'évaluation s'appliquent dans le contexte des jeux à l'interface à gestuelle.

En deuxième lieu, toujours avec les jeux *Kinect*, nous essayerons de développer une nouvelle méthode d'évaluation des jeux à interface gestuelle en combinant la méthode d'évaluation subjective (par questionnaire et entrevue) et les mesures objectives des réactions physiologiques et oculaires, tout en essayant de mesurer la relation entre les différentes mesures objectives et les mesures subjectives.

Enfin, nous essayerons de caractériser différents jeux utilisant la *Kinect* avec ces instruments et d'évaluer des différences éventuelles entre les joueurs occasionnels et intensifs.

Organisation du document

Dans le premier chapitre, nous présenterons différentes visions sur le sentiment de présence de l'utilisateur dans une expérience médiatisée. Cette partie abordera les notions comme la Présence, l'Immersion et le Flux. Elle nous servira de base théorique

pour évaluer le niveau d'immersion des jeux *Kinect*. Nous présenterons également dans ce chapitre l'évaluation des jeux vidéo. Nous présenterons d'abord les aspects principaux de l'évaluation, et ensuite la grille d'évaluation que nous utiliserons pour évaluer le niveau d'immersion des jeux *Kinect* dans la recherche. Le premier chapitre traitera aussi les réactions physiologiques et oculaires et l'utilisation de ces réactions pour mesurer le sentiment de présence du joueur.

Le deuxième chapitre présentera notre test des jeux : la méthodologie, le questionnaire, les sujets d'expérience...

Le troisième chapitre décrira les résultats du test. Nous présenterons l'analyse des données obtenues de l'évaluation subjective (par le questionnaire et l'entrevue) et de l'évaluation objective (par les réactions physiologiques et oculaires), tout en confrontant les résultats avec les hypothèses et les questions de recherche.

Chapitre 1 - Cadre théorique et problématique

Depuis les premiers jeux vidéo dans les années 1960, en passant par l'âge d'or de l'arcade avec la naissance de la console de jeu *Nintendo* et le succès de *Space Invaders* dans les années 1970, les jeux vidéo modernes sont devenus aujourd'hui un autre monde tellement large que l'espèce humaine, sans distinction d'âge ou de sexe, peut sans doute passer toute une vie à l'explorer.

Le jeu vidéo se distingue des autres types d'applications, surtout par sa raison d'être. Par nature, un jeu vidéo n'est pas conçu pour résoudre une tâche quotidienne ou professionnelle. Il n'est pas conçu non plus pour être utilisé chaque jour. Il est créé pour divertir l'acheteur et lui servir d'un autre monde où ses problèmes quotidiens n'existent plus. Les jeux vidéo ont une cible commune: capter l'attention du joueur, le transporter dans une réalité virtuelle où il se sent immergé. Nous avons, plus qu'une fois dans notre vie, eu la sensation de nous retrouver dans le monde imaginaire d'un film mémorable, de nous identifier émotionnellement avec le personnage principal. Une fiction réussie transporte non seulement notre esprit, mais aussi notre corps dans son histoire. Certains passionnés des jeux vidéo peuvent passer des jours continus à s'aventurer dans le monde d'un jeu en ligne. Ils ne sentent ni l'heure qui passe, ni la faim, la fatigue. Nous appelons souvent le phénomène d'être transporté ainsi dans une réalité particulière l'« immersion ».

Si nous remontons dans l'histoire de ce domaine relativement jeune, nous constatons que l'idée de créer un média capable de créer un monde virtuel a été sérieusement étudiée pour la première fois en 1946 par André Bazin dans son essai « *The Myth of total cinema* ». Il s'agit d'un monde où les utilisateurs via le media ne peuvent pas distinguer le virtuel de la réalité : « *In their imaginations they saw the cinema as a total and complete representation of reality; they saw in a trice the reconstruction of a perfect illusion of the outside world in sound, color, and relief.* » (Bazin, 1967, p.20).

Nous constatons que pour décrire l'expérience d'être dans le monde virtuel, les deux termes « Présence » et « Immersion » sont les plus souvent utilisés. Dans le domaine des jeux vidéo en particulier, le terme « Immersion » est plus populaire que

celui de « Présence ». Il est utilisé pour se référer à l'engagement général, à la dépendance, à la suspension consentie de l'incrédulité (*willing suspension of disbelief*), à l'identification avec les personnages du jeu, à la qualité immersive du jeu... . La multitude de significations du terme « immersion » prend place non seulement dans l'usage quotidien, mais aussi dans l'industrie des jeux et au sein de la communauté des joueurs. (Jennett, Cox, Cairns, Dhoparee, Epps, Tijs, & Walton, 2008, p.641). Quant au terme « Présence », on le voit plus souvent utiliser dans la littérature scientifique des jeux vidéo.

Dans les parties suivantes, nous allons d'abord définir et présenter les deux termes : Présence et Immersion. Ensuite, nous allons proposer notre point de vue sur l'utilisation de ces termes dans cette recherche.

1.1 Les notions de la présence, de l'immersion et du flux

1.1.1 La présence

Il existe deux approches qui s'opposent sur la notion de « Présence » : l'approche technologique, approche psychologique.

1.1.1.1 L'approche technologique

L'approche technologique défend l'idée selon laquelle la présence est créée grâce à la stimulation sensorielle mise en œuvre par la technologie.

En 1980, dans son article « Telepresence », Marvin Minsky, professeur à l'Institut de technologie du Massachusetts, a utilisé le terme « telepresence » pour signifier la manipulation des objets réels à travers la technologie d'accès à distance, dans les milieux de travail lointains ou dangereux comme la mine, la lune, etc. Grâce à la « télé-présence », le travailleur à distance pourra réagir comme s'il était là, à mille lieues de sa place actuelle :

« Each motion of your arm, hand, and fingers is reproduced at another place by mobile, mechanical hands. Light, dexterous, and strong, these hands have their own sensors through which you see and feel what is happening. »
(Minsky, 1980, p.1)

À l'époque, Minsky (1980) reconnaissait que la technologie n'était pas encore capable de créer la totalité de la sensation « *d'être là* » :

« The biggest challenge to developing telepresence is achieving that sense of «being there.» Can telepresence be a true substitute for the real thing? Will we be able to couple our artificial devices naturally and comfortably to work together with the sensory mechanisms of human organisms ? » (Minsky, 1980, p.2)

Le terme « Présence » d'aujourd'hui est dérivé de « télé-présence » de Minsky (1980) d'autrefois. Sheridan (1992) distingue le terme « télé-présence » désignant l'opération à distance, du terme « présence » signifiant la présence dans un espace virtuel. Plus tard, les chercheurs dans le domaine de la réalité virtuelle se servent uniquement du terme « présence » pour décrire l'expérience d'être là dans les deux cas : virtuel et opération à distance.

Lombard et Ditton (1997) considèrent la présence comme l'illusion perceptive de non-médiation. Cette illusion se produit lorsque l'utilisateur ne perçoit plus l'existence d'un médium entre lui et l'environnement virtuel :

« An «illusion of nonmediation» occurs when a person fails to perceive or acknowledge the existence of a medium in his or her communication environment and responds as he or she would if the medium were not there. » (Lombard & Ditton, 1997, p.10).

Selon Lombard et Ditton (1997), l'illusion de non-médiation peut se produire suivant deux manières : primo, le médium est invisible ou transparent, l'utilisateur et les entités virtuelles (le contenu du médium) partagent le même espace physique. Secundo, le médium devient quelque chose autre que le médium. Il pourrait devenir une « entité sociale ».

« The illusion of nonmediation can occur in two distinct ways: (a) the medium can appear to be invisible or transparent and function as would a large open window, with the medium user and the medium content (objects and entities) sharing the same physical environment; and (b) the medium can appear to be transformed into something other than a medium, a social entity. » (Lombard & Ditton, 1997, p.10)

1.1.1.2 L'approche psychologique

L'approche psychologique affirme que le moteur de la présence est l'esprit humain. Biocca (2003) prend l'exemple de la lecture du livre comme l'expérience immersive où la technologie ne joue presque aucun rôle : « *If sensorimotor immersion is the key variable that causes presence, then how do we explain the high levels of presence people report when reading books ?* » (Biocca, 2003, p.4). Selon Biocca (2003), à partir des détails et de l'histoire décrits par l'écrivain, l'homme est capable d'utiliser son imagination pour se transporter dans l'espace virtuel du livre. Cette capacité d'imagination peut remplacer les moteurs sensoriels de la technologie.

Biocca (2003) propose donc d'ajouter l'espace imaginaire dans la création de la présence, à côté de l'espace physique et virtuel. L'espace imaginaire sera la référence de l'utilisateur qui va et vient entre les trois pôles : physique, virtuel et imaginaire.

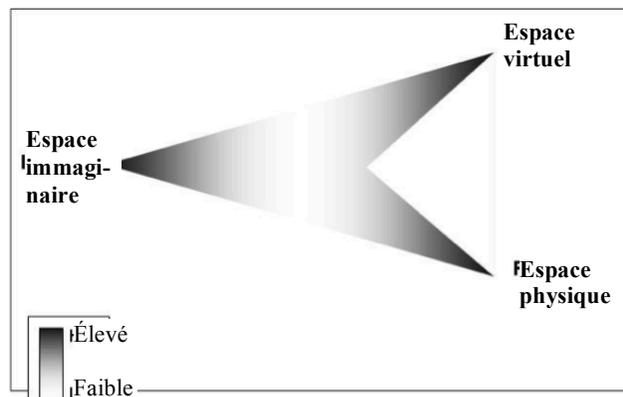


Figure 1 — Trois pôles de la présence selon Biocca (2003, p.5)

Slater et Wilbur (1996) définissent la présence comme la sensation d'être dans un espace virtuel (*being there* en anglais) : « *a state of consciousness, the (psychological) sense of being in the virtual environment.* » (Slater & Wilbur, 1996, p.3). Elles considèrent l'immersion comme une qualité affective de la technologie, perçue par les utilisateurs. Ainsi, les auteures distinguent l'immersion de la présence, en définissant la présence comme la réaction psychologique des utilisateurs vis-à-vis de l'immersion : « *Given the same immersive system, different people may exhibit*

different levels of presence, and also different immersive systems may give rise to the same level presence in different people. » (Slater & Wilbur, 2009, p.196)

Les chercheurs de l'approche technologique affirment que l'impression d'être transporté dans l'histoire du livre grâce au talent de l'écrivain est la réaction émotionnelle et physiologique du lecteur. Or, la présence est le sentiment d'être-là suscité par les stimulations sensorielles. En plus, par rapport aux applications technologiques, le livre ne peut provoquer chez le lecteur la réaction physique : sauter, courir (les jeux vidéo), crier, sursauter de peur (le cinéma), etc.

1.1.1.3 Un point de vue conciliant sur la présence

L'approche technologique défend l'idée selon laquelle plus la technique est immersive, plus la sensation de présence (être là) sera renforcée. Alors que l'approche psychologique avance que l'esprit humain est le facteur principal qui transporte l'utilisateur vers l'espace virtuel.

Selon Witmer et Singer (1998), la présence est la combinaison de l'immersion et l'implication de l'utilisateur. D'abord, l'utilisateur doit se concentrer sur les stimuli dans l'environnement virtuel. Il commence à s'impliquer dans cet espace. Ensuite, il faut que l'utilisateur s'identifie comme une partie de cet environnement, pour atteindre la présence :

« Both involvement and immersion are necessary for experiencing presence. Involvement in a VE (virtual environment) depends on focusing one's attention and energy on a coherent set of VE stimuli. ... Immersion depends on perceiving oneself as a part of the VE stimulus flow. » (Witmer & Singer, 1998, p.227)

Schubert et Crusius (2002) partagent cette idée dans le sens que la présence doit se composer du côté cognitif de l'Homme et du côté moteur sensoriel de la technologie. La sensation de présence est née de la représentation cognitive qui est le fruit des stimulations sensorielles fournies par la technologie : *« The sense of presence is not a direct function of immersion, but mediated by cognitive representations that are constructed on the basis of immersive stimuli. »* (Schubert & Crusius, 2002, p.1).

Heeter (2003) avance que la présence est une sensation subjective. Quelle que soit la technologie utilisée, l'immersion sensorielle à elle seule ne pourrait procurer la sensation de présence complète.

« Even a simulator providing perfectly mediated sensory perception might not automatically induce a strong, perceptual sense of presence because reality does not always induce a strong continuous sense of presence. » (Heeter, 2003, p.2)

Lee (2004) partage l'idée de Heeter (2003) dans le sens que la présence est un état psychologique dans lequel l'utilisateur ne peut distinguer la réalité de la virtualité.

La conceptualisation de la présence tenant compte en même temps deux aspects « technologie » et « utilisateur » nous semble adéquate pour décrire cette sensation très subjective de l'Homme : l'utilisateur immergé dans l'environnement virtuel par le biais d'un processus continu dans lequel le cerveau doit interpréter sans cesse les stimuli. Plus ces stimuli sont crédibles, tant au niveau du contenu (histoire, scénario, etc.) que de la forme (effets spéciaux, graphiques, interface de contrôle, etc.), plus le cerveau humain croit à l'environnement virtuel, plus le sentiment de présence est renforcé.

1.1.2 Les composantes de la présence

1.1.2.1 Les composantes de la présence selon Lombard et Ditton (1997)

Une revue de littérature extensive sur le sujet de « présence » a permis à Lombard et Ditton (1997) de proposer une nouvelle conceptualisation de la présence. Selon les chercheurs, la présence est le résultat de la combinaison de certains ou de toutes les six composantes :

- Présence par la richesse sociale (*social richness*) : le média doit permettre une bonne qualité d'interaction sociale dans l'environnement virtuel. Concrètement, le média doit être sociable, chaleureux, convivial, intime pour créer la sensation d'être ensemble :

«A medium high in presence as social richness allows interactants to adjust more of these variables and therefore more precisely adjust the overall level of intimacy.» (Lombard & Ditton, 1997, p.4)

- Présence par le réalisme (*realism*) : Les auteurs distinguent deux types de réalisme : réalisme perceptuel et réalisme social. Le réalisme perceptuel définit la mesure avec laquelle un média est capable de recréer les objets, les personnes et les évènements de la manière la plus authentique possible. Le réalisme social présume de la capacité du média à produire les interactions sociales qui se rapprochent de celles de la vie réelle.
- Présence par le fait d'être transporté (*transportation*) : les auteurs distinguent trois modes de perception de l'espace. Le premier mode est « Vous êtes là » : l'utilisateur est transporté vers l'environnement virtuel; le deuxième mode présume que « Les choses sont ici », c'est-à-dire qu'un autre environnement et ses objets sont transportés vers l'utilisateur; le troisième mode, « Nous sommes ensemble » (espace partagé), suppose que deux (ou plusieurs) utilisateurs sont transportés ensemble dans un environnement commun;
- Présence par l'immersion (*immersion*) : La présence est aussi la combinaison de l'immersion perceptive et l'immersion psychologique. L'immersion perceptive ressemble à la définition de présence de Slater et Wilbur (1996) dans le sens où l'immersion est l'effet que la technologie crée sur l'utilisateur. Alors que la notion d'immersion psychologique rejoint celle de l'immersion par « absorption » utilisée plus tard par Brown et Cairns (2004), Jennett et al. (2008)...
- La présence par l'illusion créée par l'interaction avec l'acteur social virtuel, des simulacres au sein du média. (*Presence as social actor within medium*)
- La présence par le résultat obtenu quand l'utilisateur interagit avec le média comme si la machine elle-même était personnifiée, devenue un acteur social. (*Presence as medium as social actor*)

1.1.2.2 Les trois composantes de la Présence selon Lee (2004)

Lee (2004) propose trois composantes de la présence :

- La présence physique : ressentie lorsque les objets virtuels sont perçus comme réels.

- La présence sociale : ressentie lorsque les personnages virtuels sont perçus comme réels.
- La présence de soi : ressentie lorsque le soi virtuel (l'avatar) est perçu comme réel.

Ce point de vue sur la présence nous permet de distinguer la présence physique de la présence de soi. Pour ainsi dire, la présence physique dépend essentiellement de la qualité immersive de la technologie (la qualité des graphiques, du son et de l'interface de contrôle). Plus la technologie est avancée, plus les objets virtuels deviennent authentiques. À propos de la présence de soi, selon Lee (2004), cette composante de la présence peut être renforcée si le dispositif technologique peut d'une part changer l'angle de vue en fonction du mouvement de la tête de l'utilisateur et d'autre part fournir des rétroactions adéquates aux actions de celui-ci.

Nous constatons que la présence par la richesse sociale selon Lombard et Ditton (1997) correspond à la présence sociale de Lee (2004), alors que la présence par le réalisme de Lombard et Ditton (1997) rejoint la présence physique de Lee (2004). Pourtant, la présence de soi selon Lee (2004) est détaillée en quatre composantes selon Lombard et Ditton (1997) : présence par l'immersion, présence par l'impression d'être transporté, présence par l'illusion créée durant l'interaction avec l'acteur social virtuel, et présence par le résultat obtenu de l'interaction avec la machine.

Dans la vision de Lombard et Ditton (1997) de la présence de soi, nous voyons qu'il existe l'aspect de l'action de l'utilisateur dans l'environnement, en particulier dans la présence par l'illusion créée durant l'interaction avec l'acteur virtuel et la présence par le résultat obtenu de l'interaction avec le medium. Autrement dit, quand l'utilisateur agit dans l'environnement virtuel, il est conscient de son action et des conséquences de celle-ci. Par exemple, le joueur d'un jeu de tir, lorsqu'il choisit son arme et la position de visée, est conscient des conséquences infligées sur sa victime virtuelle. Ce type de présence s'exprime à travers des réactions physiologiques et émotionnelles.

1.1.3 L'immersion

1.1.3.1 L'immersion selon Emily Brown et Paul Cairns (2004)

Vu le manque d'unanimité dans la compréhension du terme « Immersion » dans le domaine des jeux vidéo, Brown et Cairns (2004) ont effectué une enquête auprès des joueurs pour mieux comprendre les emplois du terme et différents aspects de l'immersion suivant les expériences des joueurs. Ils ont défini l'immersion comme le degré d'engagement du joueur dans le jeu : « *immersion is indeed used to describe the degree of involvement with a game.* » (Brown & Cairns, 2004, p.1298).

Ces chercheurs ont identifié trois niveaux d'immersion : être engagé, être absorbé, et être entièrement immergé. Avant de passer d'un niveau à l'autre, le joueur doit surmonter les barrières spécifiques à chaque niveau. Ces barrières appartiennent à la fois au joueur (la préférence, la concentration), au concepteur (la construction du jeu) et aux éléments environnementaux.

Être engagé

Le premier niveau d'immersion est l'engagement. Il s'agit de la volonté du joueur d'interagir avec le jeu. Pour y entrer, le joueur doit surmonter la barrière « Accès » qui signifie la préférence du joueur en matière de type de jeu. Ensuite, il doit investir du temps, de l'effort et de la concentration dans le jeu pour apprendre à jouer et maîtriser l'interface de contrôle.

Un joueur engagé poursuit le jeu et commence à entrer dans le deuxième niveau d'implication : être absorbé.

Être absorbé

Il s'agit du niveau supérieur de l'engagement. Ce sentiment est caractérisé par l'attachement émotionnel du joueur au jeu. La barrière principale à ce niveau est la construction du jeu. Les éléments du jeu tels que les effets visuels, les tâches intéressantes et les intrigues doivent être combinés en vue d'affecter directement les émotions du joueur et de rendre l'interface de contrôle invisible. Selon les chercheurs, à ce niveau, la conscience du joueur envers l'environnement autour de lui et de son corps physique commence à diminuer.

« *The game becomes the most important part of the gamers' attention and their emotions are directly affected by the game.* » (Brown & Cairns, 2004, p.1299)

« *A Zen-like state where your hands just seem to know what to do, and your mind just carries on with the story.* » (Brown & Cairns, 2004, p.1299)

Être entièrement immergé

Brown et Cairns (2004) considèrent l'état où le joueur est entièrement immergé comme synonyme de la présence : « *Participants described being cut off from reality and detachment to such an extent that the game was all that mattered.* » (Brown & Cairns, 2004, p.1299)

Les barrières citées à ce niveau sont le manque de sympathie et de l'atmosphère. La sympathie est l'étape postérieure de l'attachement dans laquelle le joueur se sent à la fois attaché et sympathique à son avatar : « *Gamers who did not feel total immersion talked of lack of empathy and the transfer of consciousness.* » (Brown & Cairns, 2004, p.1299). L'atmosphère du jeu est produite à partir des éléments de la construction du jeu : l'interface graphique, l'intrigue dans l'histoire et le son. Cependant, à la différence de la construction du jeu, les éléments de l'atmosphère sont liés à l'avatar du joueur, à son action, à sa situation et à sa place géographique dans le jeu. Ce qui rend l'atmosphère primordiale dans la création de l'immersion chez le joueur : « *If gamers need to attend to sound, as well as sight more effort is needed to be placed into the game. The more attention and effort invested, the more immersed a gamer can feel.* » (Brown & Cairns, 2004, p.1299)

À ce niveau d'immersion, le joueur participe au jeu avec trois types de concentration : visuelle, auditive et intellectuelle.

1.1.3.2 L'immersion selon Witmer et Singer (1998)

Witmer et Singer (1998) définissent l'immersion comme l'état psychologique d'une personne qui se sent enveloppée par, incluse dans et en interaction avec un environnement qui stimule sans cesse : « *Immersion is a psychological state characterized by perceiving oneself to be enveloped by, included in, and*

interacting with an environment that provides a continuous stream of stimuli and experiences. » (Witmer & Singer, 1998, p.227). À leur avis, plus la capacité de produire l'immersion d'un environnement virtuel est grande, plus le sentiment de présence du joueur est élevé.

Witmer et Singer (1998) ont également identifié les éléments qui influencent la capacité de production de l'immersion :

- la personne est isolée de l'environnement physique,
- la personne s'identifie avec son personnage dans l'environnement virtuel.
- l'interaction et le contrôle dans l'environnement virtuel se réalisent naturellement.
- la personne voit elle-même en train de se déplacer dans l'environnement virtuel.

1.1.3.3 L'immersion selon Slater et Wilbur (1997)

L'immersion est considérée selon Slater et Wilbur (1997) comme une qualité du dispositif technologique, suivant laquelle les écrans d'ordinateur sont capables de fournir une illusion inclusive, vaste, englobante, et vive de la réalité aux sens de la personne :

« Immersion is a description of a technology, and describes the extent to which the computer displays are capable of delivering an inclusive, extensive, surrounding, and vivid illusion of reality to the sens of a human participant. » (Slater & Wilbur, 1997, p.613).

Le caractère inclusif de l'illusion signifie que la réalité est totalement remplacée par l'environnement virtuel dans la perception de l'utilisateur. Aussi, cet environnement virtuel doit permettre à l'utilisateur d'avoir une vue panoramique et non pas être limité à un champ de vision restreint. Enfin, par « vive », les auteurs signalent que l'environnement virtuel doit être recréé le plus vrai, grâce à la qualité de l'écran, la richesse d'information, d'interaction, aux effets visuels et sonores, etc.

1.1.4 Notre point de vue sur l'emploi des termes « Présence » et « Immersion »

Le terme « immersion » est plus populaire que le terme « présence », mais le concept d'immersion a été très souvent confondu avec celui de la présence. Nous avons vu la définition de Brown et Cairns (2004) selon laquelle l'immersion comme le degré d'être absorbé du joueur dans le jeu, et celle de Witmer et Singer (1998) qui définissent l'immersion comme un état psychologique d'une personne enveloppée et incluse dans l'interaction avec l'environnement virtuel. Les deux définitions ont considéré l'immersion comme un état psychologique du joueur et de fait, l'ont confondue avec le sentiment de présence.

À notre avis, le terme « immersion » signifie la capacité de générer le sentiment d'être dans l'environnement virtuel du dispositif médiatique, alors que le terme « présence » signifie les effets produits par le dispositif médiatique immersif sur l'utilisateur. Ainsi, nous partageons le point de vue de Slater et Wilbur (1997) en considérant l'immersion comme la capacité du système à produire une illusion de la réalité vis-à-vis des différents sens de l'utilisateur.

À part la différence dans l'appellation, nous constatons que les auteurs partagent la même idée sur certaines caractéristiques de l'immersion. Tous ces auteurs sont d'accord sur le fait que la personne devrait être isolée de la réalité, que le dispositif doit stimuler le maximum de sens de l'utilisateur, et que l'interaction, l'angle de vue et les mouvements de la personne doivent être reproduits naturellement et fidèlement dans l'environnement virtuel.

En outre, les barrières d'accès identifiées par Brown et Cairns (2004) nous permettent de comprendre les éléments générateurs de l'immersion du jeu vidéo et leur champ d'influence par rapport au sentiment de présence du joueur. Par exemple, les effets visuels, les tâches intéressantes et les défis agissent pour « absorber » le joueur, alors que l'avatar et tous les aspects concernés comme ses mouvements, ses interactions, son angle de vue contribuent à immerger entièrement le joueur.

Bref, ainsi définie, l'immersion devient une des caractéristiques du dispositif technologique. Donc, nous pouvons la mesurer grâce aux outils technologiques adaptés.

Vu notre objectif de recherche qui est d'évaluer l'immersion des jeux *Kinect*, nous allons donc utiliser le terme « Immersion » au lieu du terme « Présence » pour signifier la qualité immersive des jeux vidéo.

1.1.5 La notion de FLOW ou FLUX

Les concepts de « présence » et d' « immersion » sont également liés à la notion de flow (désormais nommé « flux »), un terme proposé par Mihaly Csikszentmihalyi en 1975. Mihaly Csikszentmihalyi a interviewé des milliers de personnes qui dépensent de grandes quantités de temps et d'effort sur des activités difficiles, mais sans aucune récompense externe (par exemple, l'argent ou le statut social), tels que les compositeurs de musique, les joueurs d'échecs et plus tard sur les personnes dans leur vie quotidienne, en demandant comment ils se sentent quand ils atteignent le maximum de joie.

Csikszentmihalyi (1990) conclut que l'état maximal de joie qu'il nomme le Flux, est l'état mental d'une personne lorsqu'elle s'engage pleinement dans une activité, qu'elle est sous la tension de relever un défi et qu'elle se sent gratifiée durant son activité. L'auteur met en évidence que les expériences psychologiques de diverses activités de loisirs telles que l'escalade, la danse, le jeu d'échecs ont plusieurs dimensions communes : les activités intrinsèquement gratifiantes, les objectifs et les rétroactions claires, le maximum de concentration, le manque de conscience de soi, la distorsion de la perception du temps, l'équilibre entre le défi et les compétences requises, et enfin le sentiment de contrôle sur l'activité.

De ce constat, Csikszentmihalyi (1990) propose 8 conditions en vue de créer l'état de Flux dans les activités :

-
- *Objectifs clairs : les attentes et les règles régissant l'activité sont perçues correctement et les objectifs fixés sont atteignables avec les compétences de l'acteur*
 - *Équilibre entre la difficulté de l'activité et les compétences de l'acteur (l'activité n'est ni trop facile ni trop difficile, elle constitue un défi motivant)*
 - *L'activité est en soi source de satisfaction (elle n'est donc pas perçue comme une corvée)*
-

- *Haut degré de concentration sur un champ limité de conscience (hyperfocus)*
- *Une perte du sentiment de conscience de soi, disparition de la distance entre le sujet et l'objet*
- *Distorsion de la perception du temps*
- *Rétroaction directe et immédiate. Les réussites et difficultés au cours du processus sont immédiatement repérées et le comportement ajusté en fonction.*
- *Sensation de contrôle de soi et de l'environnement. »*

(Article Flow (psychologie) de Wikipédia en français
([http://fr.wikipedia.org/wiki/Flow_\(psychologie\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Flow_(psychologie))))

Csikszentmihalyi (1990) met l'accent sur la correspondance entre la capacité de la personne et sa tâche. Une tâche trop facile par rapport aux compétences de la personne entrainera l'ennui. Au contraire, une tâche trop difficile causera l'inquiétude ou la frustration. « *Enjoyment appears at the boundary between boredom and anxiety, when the challenges are just balanced with the person's capacity to act.* » (Csikszentmihalyi, 1990, p.52)

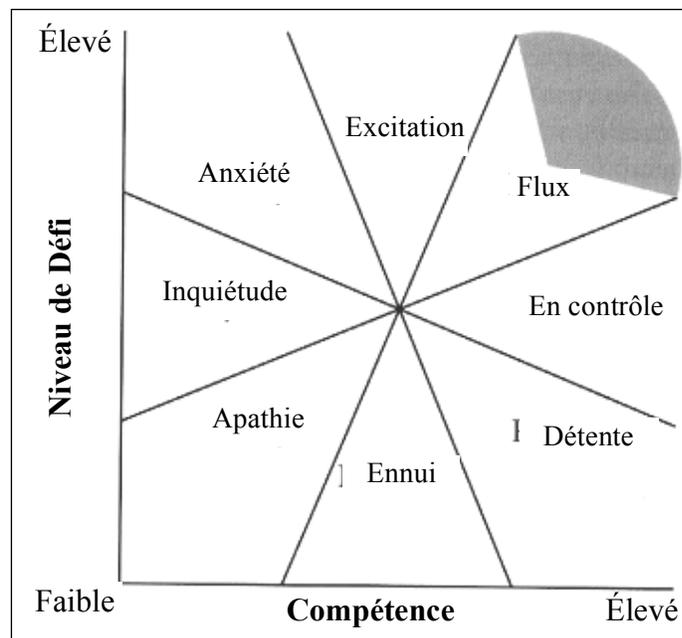


Figure 2— La qualité du Flux et le rapport entre le défi et la compétence (Csikszentmihalyi, 1997, p.31)

L'autre condition aussi importante pour atteindre l'état de Flux est que l'activité doit être intrinsèquement gratifiante et autotélique : « *The key element of an optimal experience is that it is an end in itself. Even if initially undertaken for other reasons, the activity that consumes us becomes intrinsically rewarding.* » (Csikszentmihalyi, 1990, p.67). Le terme « autotélique » signifie que l'activité est en soi une récompense, sans aucun lien à d'autres récompenses extérieures comme l'argent ou le statut social. Par exemple, faire la course de voiture pour la passion ou pour se prouver sa compétence est une expérience autotélique. Alors que faire une course de voiture pour gagner une coupe sous la commande d'une société ou d'un club ne l'est pas.

Dans plusieurs domaines comme le sport, l'éducation, la musique, la religion, la publicité, les jeux vidéo, la notion de Flux est utilisée pour concevoir des applications favorisant l'accès à la joie et à l'engagement.

1.1.6 Conclusion sur les notions de Présence, d'Immersion et du Flux

La notion de Présence signifie l'état psychologique de l'utilisateur d'un medium technologique (jeux vidéo, film, livre, musique, etc.) qui se sent immergé dans l'environnement virtuel par le biais d'un processus continu dans lequel le cerveau doit interpréter sans cesse les stimuli venant du medium. Quant à la notion d'immersion, il s'agit d'une caractéristique objective du medium. Plus le medium est immersif, plus ces stimuli aux sens de l'utilisateur sont crédibles, tant au niveau du contenu (histoire, scénario...) que de la forme (effets spéciaux, graphiques, interface de contrôle...), plus le cerveau humain croit à l'environnement virtuel, plus le sentiment de présence est renforcé.

À propos du Flux, nous constatons que la description du Flux selon Csikszentmihalyi (1997) ressemble plus ou moins au concept de « Présence » : les deux états évoquent chez la personne la distorsion du sens de temps et l'implication dans une tâche pleine de défis. Pourtant, le Flux se distingue de la présence dans le sens que le Flux est en quelque sorte l'extrême du sentiment de présence. Car, même quand on se sent présent dans l'environnement virtuel, il existe des moments où l'on ne perd pas complètement conscience de ce qui se trouve aux alentours. Par exemple, un joueur de

jeu vidéo peut toujours se souvenir de l'heure de la classe, tout en étant très engagé dans sa mission dans le jeu.

Brown et Cairns (2004) ont d'ailleurs montré que le sentiment de présence se modifiait graduellement selon les degrés d'engagement. Le stade d'immersion complète selon la classification de Brown et Cairns (2004) pourrait être considéré comme l'état de Flux selon Csikszentmihalyi (1990). Hoffman et Novak (1996) remarquent également que dans l'environnement virtuel, la présence est l'antécédent de l'état de Flux. Étant dans l'état de présence, la personne a plus de chance d'atteindre l'état de Flux.

1.2 Les conditions de succès de l'Immersion dans les jeux vidéo

Les auteurs étudiés dans les parties précédentes ont plus ou moins abordé les conditions de production de l'immersion dans différents domaines. En matière de jeux vidéo, Malone (1980) a identifié trois éléments de conception qui influencent l'engagement du joueur et son expérience de jeu : le niveau de défi, la curiosité et la fantaisie.

Nous allons dans cette section étudier le point de vue de Malone (1980) sur les facteurs de l'immersion des jeux vidéo, tout en passant en revue les propositions des auteurs des parties précédentes.

1.2.1 Le niveau de défi

Selon Malone (1980), le niveau de défi d'un jeu correspond à la possibilité d'accomplir les objectifs du jeu : « *in order for a computer game to be challenging, it must provide a goal whose attainment is uncertain.* » (Malone, 1980, p.162).

Il affirme que le jeu, voulant être immersif, doit fournir des objectifs clairs et capables de mobiliser les compétences du joueur. L'auteur propose également les critères pour bien concevoir les objectifs qui attirent l'attention et l'intérêt du joueur tout au long du jeu :

- Pour les jeux simples, plus les objectifs sont clairs, mieux c'est.

- Pour les jeux plus complexes, les joueurs doivent être capables de choisir facilement les objectifs appropriés selon leurs compétences.
- Les objectifs bien conçus ne doivent pas être trop simples (par exemple, calculer l'angle), mais être liés à la fantaisie intrinsèque au jeu (par exemple, calculer l'angle pour maximiser l'impact du tir).
- Les joueurs doivent être informés de leur progression vers l'objectif.

Ces conditions se rapprochent de celles du Flux proposées par Csikszentmihalyi (1990), dans le sens que le joueur doit être bien informé de la tâche et de sa progression. De plus, l'équilibre entre le niveau de défi et la compétence du joueur est l'élément clé pour maintenir le joueur dans le Flux.

1.2.2 La curiosité

À propos de la curiosité dans le jeu, selon Malone (1980), le jeu doit évoquer chez le joueur la motivation à apprendre des choses nouvelles, surprenantes, mais pas trop compliquées :

« Curiosity is the motivation to learn, independent of any goal-seeking or fantasy-fulfillment. Computer games can evoke a learner's curiosity by providing environments that have an optimal level of informational complexity. [...] They should be novel and surprising, but not completely incomprehensible. » (Malone, 1980, p.165)

D'après Malone (1980), il existe deux types de curiosité dans les jeux vidéo : curiosité sensorielle et curiosité cognitive. La première est liée aux effets spéciaux, au son, à la lumière qui servent à décorer le jeu, à renforcer la fantaisie, à récompenser le joueur et à transmettre l'information. La conception de la curiosité sensorielle affecte directement l'expérience du jeu. Par exemple, quand la voiture renverse un obstacle dangereux, le joueur doit entendre un son qui indique l'effet négatif de l'évènement. Le choix du type de son et du moment d'émission est important, si non, cela peut entraîner de la confusion et de la frustration. La qualité de l'image contribue aussi à renforcer l'immersion du joueur. La curiosité cognitive consiste à motiver le joueur à chercher la logique du jeu et les informations qui lui manquent dans le jeu. Afin de conserver

l'engagement du joueur, le concepteur doit choisir une quantité d'informations suffisantes, mettant le joueur dans la soif d'informations jusqu'au bout du jeu.

Brown et Cairns (2004), Slater et Wilbur (1997) mettent également l'accent sur le rôle des effets visuels, des tâches intéressantes et de la richesse d'informations en vue d'attirer l'attention (barrière « être absorbé ») du joueur.

1.2.3 La fantaisie

Enfin, la fantaisie est un élément très recherché par les joueurs de jeu vidéo. La fantaisie peut être partout dans le jeu, aussi bien dans le scénario, les effets spéciaux que dans la manière de jouer. L'aspect le plus important de la fantaisie est la capacité d'évoquer différentes émotions chez les joueurs. Chaque joueur a sa manière de ressentir les détails fantaisistes du jeu.

Brown et Cairns (2004) insistent aussi sur l'importance de l'atmosphère qui est créée dans la composition de plusieurs éléments comme les effets graphiques et sonores ou l'intrigue dans l'histoire. Les éléments de l'atmosphère doivent se lier à l'avatar du joueur, à son action, à sa situation dans le jeu.

1.2.4 Conclusion

Nous venons de présenter les conditions de succès de l'immersion dans les jeux vidéo selon Malone (1980) et les points convergents avec Brown et Cairns (2004), Slater et Wilbur (1997) et Csikszentmihalyi (1990). Il existe pourtant des points divergents. Malone (1980) n'a pas considéré les éléments concernant l'interaction du joueur, l'interface de contrôle du jeu et l'identification du joueur par rapport au jeu.

Selon Witmer et Singer (1998), l'environnement virtuel doit permettre à l'utilisateur d'interagir et de contrôler ses mouvements naturellement, comme dans la réalité. De plus, Witmer et Singer (1998) et Csikszentmihalyi (1990) soulignent que l'utilisateur doit être isolé de la réalité, perdre la notion de temps et s'identifier dans l'environnement virtuel à travers son avatar.

Nous allons examiner plus profondément les critères d'évaluation de l'immersion des jeux vidéo dans les parties suivantes.

1.3 L'évaluation d'un jeu vidéo

Un jeu vidéo est conçu à partir de plusieurs éléments, à savoir : l'histoire, le scénario, le son, le niveau de défi, les récompenses, etc. Ces éléments influencent l'expérience de jeu du joueur. L'évaluation des jeux vidéo se réalise souvent sur deux plans : l'utilisabilité et la jouabilité.

1.3.1 Le test d'utilisabilité

Le test d'utilisabilité vise à évaluer l'ergonomie des logiciels. Il fournit des informations directes sur l'interaction entre le consommateur et le logiciel et en particulier sur les problèmes concrets pendant l'utilisation. Dans le cas des jeux vidéo, le test d'utilisabilité consiste à évaluer l'interface d'utilisateur du jeu en vue d'assurer une interface de jeu facile à apprendre et à utiliser. Le test d'utilisabilité permettrait également au concepteur de s'assurer que le joueur ait la meilleure condition pour s'immerger dans le jeu et en profiter suivant la conception du concepteur.

Pour l'évaluation de l'utilisabilité, les experts dans ce domaine utilisent les principes heuristiques dont ceux de Nielsen (1994a, b dans Brangier & Barcenilla, 2003) et de Bastien et Scapin (1993). Nous présenterons les principes d'utilisabilité de Nielsen qui sont plus récents et considérés par Johnson et Wiles (2003) comme plus appropriés aux jeux vidéo. Pour Nielsen, l'utilisabilité contient diverses composantes et est associée habituellement à quatre attributs : apprentissage, efficacité, gestion d'erreurs et satisfaction. Ces quatre caractéristiques sont à l'origine de 10 heuristiques, synthétisées de 249 problèmes communs d'usage :

- *Visibilité de l'état du système (rétroaction) : Informez l'utilisateur sur l'activité en cours, en lui fournissant une rétroaction adaptée dans des délais raisonnables.*
- *Correspondance (adéquation) entre le système et le monde réel : Proposez un langage compréhensible par l'utilisateur. Parlez le langage de l'utilisateur.*
- *Contrôle et liberté de l'utilisateur : L'utilisateur doit toujours avoir le contrôle sur ce qu'il fait. Cela implique par exemple qu'il ne faut pas que le système évolue sans action explicite de la part de l'utilisateur. Cela signifie également que l'utilisateur peut à tout moment mettre fin à une action en cours.*
- *Consistance (cohérence) et respect de standards (normalisation) : Favorisez la consistance et l'homogénéité. À un objet doit être attachée une signification, et inversement, à une signification sera attaché un seul objet.*
- *Prévention contre les erreurs : Il est préférable de concevoir un produit qui évite à l'utilisateur de commettre des erreurs plutôt que de bons messages d'erreurs.*
- *Reconnaissance plutôt que rappel : Placez votre utilisateur dans une situation de reconnaissance plutôt que de rappel, plus gourmand en ressources cognitives. Par exemple, les objets, les actions et les options doivent être visibles. L'utilisateur ne doit pas avoir à se rappeler des informations lorsqu'il passe d'un état de l'interaction à un autre.*
- *Flexibilité et efficacité d'utilisation : Le système doit pouvoir s'adapter aussi bien à l'utilisateur expérimenté qu'à l'utilisateur débutant. Permettez également à l'utilisateur de personnaliser ou de standardiser les actions qu'il exécute le plus fréquemment.*
- *«Design» minimaliste et esthétique : L'interface ne doit pas contenir des informations qui ne sont pas pertinentes pour la tâche en cours. Chaque information supplémentaire peut entrer en compétition avec l'information pertinente et réduire sa visibilité.*
- *Fonctions de l'aide (reconnaissance, diagnostic et récupération d'erreurs) : Les erreurs doivent être clairement mises en avant. Les messages d'erreurs doivent être rédigés en langage naturel, expliquer les problèmes rencontrés et suggérer une solution constructive.*
- *Aide et documentation : Il est préférable que le système soit utilisable sans avoir besoin d'aucune aide. Si une aide est malgré tout nécessaire, cette dernière devrait être facile à trouver. »*

(Nielsen, 1994, cité dans Brangier & Barcenilla, 2003, p.90)

1.3.2 Le test de jouabilité et la notion de *Gameplay*

Une mauvaise interface peut ruiner un jeu de bonne construction, mais une interface parfaite ne sauve pas un jeu qui n'apporte pas la joie de jouer. Cela dit, pour évaluer un jeu, il n'est pas suffisant de tester l'interface d'utilisateur du jeu. La partie *gameplay* joue aussi un rôle non moins important dans le succès du jeu.

Le terme « *gameplay* » en anglais est traduit en français par « jouabilité ». L'Office québécois de la langue française définit le terme « jouabilité » comme suit :

« Qualité d'un jeu vidéo faisant référence à la facilité de contrôle du jeu, à l'originalité des actions à effectuer, à la cohérence des menus, à la fluidité des mouvements et à leur précision.

Note (s) : La jouabilité, c'est tout ce qui est de l'ordre du jeu, de la manipulation, du plaisir de cliquer, de déplacer des objets et de trouver des choses. En fait, c'est l'ensemble des possibilités interactives offertes par un jeu. La jouabilité, c'est ce qui différencie un jeu vidéo d'un film : ce ne sont ni les graphismes, ni le son, ni les personnages, ni le scénario, mais tout le reste. Le contrôle du personnage, les actions que le joueur peut

effectuer, la façon avec laquelle il peut interagir avec l'environnement et, d'une manière générale, tout ce qui est sous le contrôle du joueur, c'est la jouabilité. La jouabilité permet de mesurer la maniabilité et l'ergonomie d'un ludiciel. Dans un sens plus large, le terme gameplay signifie « fun » (plaisir en français); on peut alors le traduire par plaisir du jeu ou plaisir de jouer. »

(Office de la langue française, 2010,

<http://w3.olf.gouv.qc.ca/terminologie/fiches/8871656.htm>)

Wikipédia propose une autre définition de la *jouabilité* :

« Le terme de jouabilité désigne l'ensemble des règles et possibilités régissant le contrôle d'un personnage (ou machine ou entité) par un joueur, via les périphériques d'entrées (notamment une manette de jeu, un clavier ou une souris) dans les jeux vidéo.

Une jouabilité considérée comme “bonne” évoque une interface et des contrôles de jeu intuitifs, une certaine facilité de prise en main (ou au moins un apprentissage possible avec une marge de progression intéressante), une vitesse de réaction suffisante à l'écran des commandes entrées par le joueur. »¹

Ainsi, nous utilisons désormais le terme « jouabilité » dans son sens large qui n'indique pas seulement le potentiel de jeu contenu dans la structure du produit, mais englobe aussi la liberté d'action (*play*) et les règles strictes (*game*).

Le test de jouabilité vise à trouver et éliminer les défis qui n'étaient pas voulus par le concepteur (par exemple : les tâches ennuyeuses et répétées, l'objectif incompréhensible, les pénalités injustes) et à assurer une meilleure immersion possible pendant le jeu.

1.3.3 Les heuristiques d'évaluation de la jouabilité des jeux vidéo

Comme nous l'avons vu, les premières heuristiques d'évaluation des jeux vidéo sont proposées par Thomas W. Malone dans les années 1980. Ces heuristiques sont développées à partir de trois éléments de conception qui influencent l'engagement du joueur et son expérience de jeu : Défi, Fantaisie et Curiosité. (Voir 1.2)

Federoff (2002) a développé les heuristiques pour les jeux vidéo modernes. Elle s'est basée sur les 10 principes d'utilisabilité de Nielsen, les commentaires des concepteurs de jeux vidéo et l'entretien avec des experts en ce domaine. Les heuristiques

¹ Gameplay. (2012, août 17). *Wikipédia, l'encyclopédie libre*. Page consultée le août 20, 2012 à partir de <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Gameplay&oldid=82016836>.

de Federoff (2002) se composent de 40 critères, répartis en 3 catégories : l'interface du jeu, les mécanismes de jeu et la jouabilité. L'interface de jeu est le dispositif à travers lequel le joueur interagit avec le jeu. Les mécanismes de jeu sont la physique du jeu qui est développée grâce à une combinaison d'animation et de programmation. La jouabilité est le processus par lequel un joueur réalise l'objectif du jeu. Toutes ces trois catégories se lient intimement dans la conception du jeu vidéo.

Plus tard, Desurvire, et al. (2004) ont présenté les « *Heuristics for Evaluating Playability* », fondées sur les commentaires des concepteurs de jeux vidéo et les évaluateurs de jeu. Cette liste d'heuristiques se compose de 43 critères, organisés en 4 catégories : jouabilité, histoire du jeu, mécanique du jeu et utilisabilité. L'expérimentation a montré que ces heuristiques sont capables d'identifier plus d'erreurs de jouabilité par rapport aux autres heuristiques. Il existe d'autres heuristiques telles celle de Korhonen et Kovisto (2006) et celle de Pinelle et al. (2008), qui sont établies pour les jeux vidéo portables. Nous ne les explicitons pas ici, car ces heuristiques ne correspondent pas à notre objet d'étude que sont les jeux de *Kinect*, sur la console Xbox 360.

Les heuristiques susmentionnées sont capables d'évaluer les trois aspects importants des jeux vidéo : l'interface, les mécanismes et la jouabilité. Pourtant, elles ne s'intéressent qu'aux parties de programmation et d'interactions générales entre le joueur et le système, alors que nous aurions besoin des heuristiques capables d'évaluer la qualité d'immersion produites au sein des jeux vidéo.

Dans cette optique, le modèle d'heuristiques de Sweetser et Wyeth (2005), conçu spécifiquement pour évaluer l'immersion, s'avère adéquat à notre besoin. Nous explicitons ce modèle dans la partie qui suit.

1.3.4 Modèle «*Gameflow*» de Sweetser et Wyeth

Sweetser et Wyeth (2005) ont construit une liste d'heuristiques intitulée « *Gameflow* » en vue d'évaluer le sentiment de présence des joueurs et d'identifier les points à améliorer dans la conception d'un jeu vidéo. Cette liste se base sur deux piliers : le premier, la théorie du Flux de Csikszentmihalyi (1990) combinée avec les critères d'utilisabilité des jeux vidéo, et le deuxième, la théorie sur l'expérience d'utilisateur.

Sweetser et Wyeth (2005) ont identifié 8 éléments principaux : la Concentration, le Niveau de défi, la Compétence du joueur, le Contrôle, les Objectifs clairs, la Rétroaction, l'Immersion, et l'Interaction sociale. (Voir Tableau 1). Pour chaque élément, les auteurs ont proposé des critères d'évaluation. Par exemple, à propos de la rétroaction, ils ont proposé trois critères pour évaluer la qualité de la rétroaction du jeu : **1.** Le joueur devrait recevoir de la rétroaction sur les progrès réalisés pour atteindre ses objectifs; **2.** Le joueur devrait recevoir une rétroaction immédiate sur ses actions; **3.** Le joueur devrait toujours connaître son statut ou son score.

Ces critères spécifiques permettront aux évaluateurs de mieux comprendre les réactions des joueurs lors du test des jeux. En plus, comme leurs réponses sont subjectives, plus les questions sont détaillées, plus les réponses sont fiables.

Nous constatons que les heuristiques de Sweetser et Wyeth (2005) incluent les critères d'évaluation de l'immersion des jeux vidéo que nous avons présentés dans la partie 1.2. Au niveau de la Concentration, par exemple, l'idée selon laquelle le jeu devrait produire un grand nombre de stimuli correspond au caractère d'un environnement virtuel immersif de Witmer et Singer (1998). En outre, comme Sweetser et Wyeth (2005) se basent sur la notion de Flux de Csikszentmihalyi (1990), nous pouvons retrouver les éléments du Flux dans presque toutes les catégories de la liste, tels que la distorsion de la perception du temps (Immersion), l'équilibre entre le niveau de défi et la compétence (Niveau de défi), le maximum de concentration (Concentration). Ces critères d'évaluation basés sur la notion de Flux permettent aux évaluateurs de savoir si le joueur a atteint le sentiment de présence maximal.

Enfin, nous trouvons intéressant le fait que ces heuristiques ont tenu compte non seulement du côté du jeu (l'interface de contrôle, l'interface de jeu, les mécanismes de jeu), mais aussi du joueur (les émotions, la concentration, l'interaction sociale, l'identité), car, à notre avis, il est indispensable de confronter les réactions du joueur à chaque composante du jeu. Par exemple, il est important de savoir si le joueur comprend l'objectif et la manière de jouer, après avoir vu les tutoriels du jeu. (*page suivante*)

Tableau 1 — Critères d'évaluation du Flux dans le jeu vidéo (traduit de Sweetser et Wyeth, 2005)

Éléments	Critères
<p>Concentration Le jeu devrait capter la concentration du joueur et le joueur devrait être en mesure de se concentrer sur le jeu.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Le jeu devrait fournir un grand nombre de stimuli provenant de différentes sources - Le jeu devrait fournir des stimuli capables d'attirer l'attention du joueur - Le jeu devrait rapidement attirer l'attention du joueur et maintenir son attention tout au long du jeu - Le joueur ne devrait pas être surchargé par les tâches non importantes. - Le jeu devrait avoir une charge de travail élevée, tout en étant appropriée aux limites perceptives, cognitives et à la mémoire du joueur. - Le joueur ne devrait pas être dérangé pendant la réalisation des tâches sur lesquelles il veut ou a besoin de se concentrer.
<p>Défi Le jeu devrait être suffisamment stimulant et correspondre au niveau de compétence du joueur.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les défis dans le jeu devraient correspondre au niveau de compétence du joueur. - Le jeu devrait offrir différents niveaux de défi pour différents joueurs. - Le niveau de défi devrait augmenter à mesure que le joueur progresse dans le jeu et améliore son niveau de compétence. - Le jeu devrait fournir de nouveaux défis à un rythme approprié.
<p>Niveau de compétence du joueur Le jeu devrait permettre au joueur de développer ses habiletés et de les maîtriser.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Le joueur doit être en mesure de commencer à jouer sans lire le manuel - L'apprentissage du jeu ne devrait pas être ennuyeux, mais devrait faire partie du divertissement. - Le jeu devrait inclure l'aide au cours du jeu pour que le joueur n'ait pas besoin de quitter le jeu - Le joueur devrait pouvoir apprendre à jouer à travers des tutoriels ou des parties de jeu initiales, tout en se sentant jouer. - Le jeu devrait développer les compétences du joueur à un rythme approprié à son progrès dans le jeu. - Le joueur devrait être récompensé pour ses efforts et ses compétences de manière appropriée. - L'interface et le mécanisme de jeu devraient être faciles à apprendre et à utiliser.
<p>Contrôle Le joueur devrait avoir un sentiment de contrôle sur ses actions dans le jeu</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Le joueur devrait avoir un sentiment de contrôle sur ses personnages ou ses unités et leurs mouvements, leurs interactions dans le monde du jeu. - Le joueur devrait avoir un sentiment de contrôle sur l'interface de jeu et des périphériques d'entrée - Le joueur devrait avoir un sentiment de contrôle sur les fonctionnalités du jeu (démarrage, arrêt, enregistrement, etc.) - Le joueur ne devrait pas être en mesure de faire des erreurs qui nuisent au jeu et devrait être supporté dans la récupération d'erreurs. - Le joueur devrait se sentir un sentiment de contrôle et d'influence sur le monde du jeu (sa mission est importante et les choix du joueur changeront le monde du jeu) - Le joueur devrait avoir un sentiment de contrôle sur ses actions et ses stratégies. Il est libre de jouer à sa manière (non pas jouer suivant les actions et les stratégies envisagées par les développeurs du jeu)
<p>Des objectifs clairs Le jeu devrait fournir au joueur des objectifs clairs à des moments appropriés</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les objectifs principaux devraient être clairs et présentés au début du jeu. - Les objectifs intermédiaires devraient être clairs et présentés à des moments appropriés.

<p>Rétroactions Le joueur devrait recevoir des rétroactions appropriées au moment approprié</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Le joueur devrait recevoir de la rétroaction sur les progrès réalisés pour atteindre ses objectifs. - Le joueur devrait recevoir une rétroaction immédiate sur ses actions. - Le joueur devrait toujours connaître son statut ou son score.
<p>Immersion Le joueur devrait être excité sans faire trop d'efforts dans le jeu</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Le joueur devrait devenir moins conscient de leur environnement. - Le joueur devrait devenir moins conscient de soi et moins soucieux de la vie quotidienne ou de soi. - Le joueur devrait connaître une altération du sens du temps. - Le joueur devrait se sentir émotionnellement impliqué dans le jeu. - Le joueur devrait se sentir profondément impliqué dans le jeu.
<p>Interaction sociale Le jeu devrait supporter et créer des possibilités d'interaction sociale</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Le jeu devrait soutenir la compétition et la coopération entre les acteurs. - Le jeu devrait favoriser l'interaction sociale entre les joueurs (discussion, échange des objets, etc.). - Le jeu devrait supporter les communautés sociales à l'intérieur et en dehors du jeu.

1.4 Mesurer le sentiment de présence

L'évaluation du sentiment de présence de l'utilisateur est difficile : premièrement, parce que le sentiment de présence d'une personne est constitué de plusieurs dimensions à la fois distinctes et intimement liées; deuxièmement, parce que la confusion règne encore sur la définition des termes; et enfin, parce que les mécanismes permettant de provoquer la présence et l'immersion restent incertains.

Malgré ces difficultés, plusieurs approches ont été élaborées pour mesurer le sentiment de présence. Selon IJsselsteijn, de Ridder, Freeman et Avons (2000), il existe deux méthodes de mesure principales : les mesures subjectives et les mesures objectives.

1.4.1 Les mesures subjectives

Les mesures subjectives sont utilisées pour recueillir un rapport du participant sur son interaction avec le médium et sur la manière dont il se sent plus ou moins immergé dans l'environnement virtuel selon la grille de Sweetser et Wyeth (2005). Ces mesures peuvent être réalisées pendant ou après l'interaction. En général, on effectue l'évaluation après l'expérimentation pour ne pas interrompre le cours de l'interaction. Le questionnaire est le plus souvent utilisé. Ou encore, on demande au participant

d'expliquer des événements qui pourraient déclencher des degrés de présence plus élevés.

Pourtant, on reproche aux mesures subjectives de ne pas être suffisamment fiables. Selon IJsselsteijn, et al. (2000), la raison principale est que les participants doivent comprendre le terme « présence » de la même manière, pour ne pas avoir des conclusions ou des explications dispersées du phénomène. Or, ce n'est pas toujours le cas.

1.4.2 Des mesures objectives

À notre avis, deux avantages principaux de la mesure objective des réactions de l'utilisateur sont de pouvoir transposer ses émotions en chiffres statistiques et de pouvoir s'appliquer au cours de l'expérimentation sans déranger le sujet. Pendant l'expérimentation, nous pouvons mesurer les réactions physiologiques (posture, tension musculaire, etc.), physiométriques (réponses corticales, diamètre de la pupille) et les réactions faciales. Et après l'expérimentation, nous pouvons recueillir les indicateurs de performance comme la précision, la rapidité, le point obtenu, l'erreur commise, le niveau atteint, etc., ou le degré de désorientation (le temps mis par le participant pour revenir à la réalité) (Barfield & Weghorst, 1993) .

Parmi ces mesures objectives, les réactions physiologiques, physiométriques et faciales sont les plus étudiées et utilisées.

1.4.2.1 Le suivi oculaire

Selon Toet (2006), le regard d'un utilisateur d'un dispositif technologique révèle des informations sur son intention et son intérêt pendant l'interaction avec le dispositif. Ainsi, en faisant le suivi du regard de l'utilisateur, les chercheurs peuvent étudier le processus et l'état cognitif du sujet de l'expérimentation pendant son interaction avec un dispositif technologique :

« The human gaze reveals information about the user's intention and attention. It is a potential porthole into his current cognitive processes. The human fixation behaviour over time reveals information on the cognitive state of the user such as confusion or fatigue, or on his degree of expertise. » (Toet, 2006, p.615)

Grâce au progrès technologique, le suivi oculaire est de plus en plus appliqué dans l'évaluation de l'expérience d'utilisateur en différents domaines : cinéma (Duchowski, 2007), conception de site web (Silva et Cox, 2006), e-commerce (Dufresne, Courtemanche et Prom Tep, 2010) et jeu vidéo (Jennett, C. et al. 2008).

Dans l'analyse du suivi oculaire, on s'intéresse généralement aux saccades, aux fixations et aux variations du diamètre de la pupille, en fonction de l'objectif de l'analyse. Selon Land (2006), les saccades sont les mouvements rapides de l'œil qui dirigent le regard d'un champ visuel à un autre. Les fixations sont les moments entre les saccades où l'œil reste relativement immobile. Durant les fixations, la personne reçoit l'information de l'œil, alors que les saccades sont des moments où la personne est quasiment aveugle entre les fixations.

En général, les chercheurs utilisent le suivi oculaire pour analyser l'état émotionnel et cognitif de l'utilisateur. Cette méthode se base sur les données des réactions des pupilles, du temps de fixation et du taux de clignement des yeux pour obtenir des informations sur l'état cognitif et émotionnel de l'utilisateur. On observe des corrélations entre les réactions oculaires et les efforts cognitifs ou émotionnels. En effet, la corrélation entre l'effort cognitif et le diamètre des pupilles a été prouvée depuis longtemps. Beatty (1982) montre que plus les pupilles se dilatent, plus l'effort cognitif est élevé, et vice-versa. Partala et Surakka (2003) trouvent que les pupilles se dilatent en réponse aux stimuli émotionnels, négatifs ou positifs.

Concernant le niveau de l'attention de l'utilisateur, selon Stern et Ray (2001), plus l'utilisateur est attentif, plus les pupilles se dilatent, alors que plus il est en détente, plus les pupilles se contractent : *"Alertness suggestions decrease and relaxation suggestions increase pupil size"* (Stern & Ray, 2001, p.128). Fukuda (2001) constate que l'augmentation du taux de clignement des yeux est associée au traitement d'une information intéressante. Partala et Surakka (2003) montrent que la grandeur des pupilles augmente en réponse aux stimuli émotionnels, négatifs ou positifs.

Dans le domaine des jeux vidéo en particulier, Jennett et al. (2008) ont utilisé les réactions oculaires pour mesurer le sentiment de présence des joueurs. Leur hypothèse est que le degré d'engagement du joueur est associé à l'attention visuelle, et par

conséquent, à un changement dans les mouvements oculaires. Ils ont observé que plus le joueur s'immergeait, moins les yeux bougeaient et plus les fixations étaient longues :

« Fixation data revealed that participants' eye movements significantly increased over time in the non-immersive condition. In contrast, participants' eye movements in the immersive condition significantly decreased over time. » (Jennett et al., 2008, p.652)

Dans le champ d'études sur l'e-commerce, Dufresne et al. (2010) proposent d'utiliser le suivi oculaire en même temps que le suivi physiologique pour analyser les interactions entre l'utilisateur et le site d'Amazon. Selon les auteurs, l'association des données subjectives et les techniques de suivi oculaire et physiologique peut fournir des informations plus riches et plus précises sur les éléments émotionnels au niveau conscient et aussi préconscient pendant l'usage du site web, ce qui facilite l'interprétation des résultats du test.

1.4.2.2 Le suivi physiologique

Le suivi physiologique peut fournir davantage d'informations sur les émotions du sujet et aussi sur ses activités cognitives. Les mesures principales sont la réponse galvanique de la peau, l'activité cardiovasculaire et la respiration.

La réponse galvanique de la peau (désormais appelé le GSR), également connue sous le nom de l'activité électrodermale, est la mesure de la conductivité de la peau. Le GSR est lié aux émotions de la personne. Quand les émotions de la personne sont élevées, son système nerveux sympathique est activé, ce qui se traduit par l'augmentation des glandes sudoripores et la conductivité de la peau (Ravaja, Saari, Salminen, Laarni & Kallinen, 2006). Alors, les données obtenues du GSR peuvent être considérées comme « *un indicateur du niveau de stress en réponse à un stimulus* » (Ravaja et al., 2006, p.346). Par exemple, quand une personne est inquiète ou nerveuse, la conductivité de la peau augmente proportionnellement avec ses émotions.

L'analyse de l'activité cardiovasculaire se base sur différentes mesures comme la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV en anglais), la fréquence cardiaque (HR en anglais), ou le pouls du volume sanguin (désormais appelé le BVP), etc.

Parmi ces mesures, le BVP est plus populaire en raison de sa simplicité d'utilisation. Il suffit de mettre les capteurs sur l'artère sanguine du sujet, l'appareil reconnaît après quelques secondes les signaux et indique la pression ainsi que l'amplitude du débit sanguin mesuré sur l'artère. Comme la conductivité de la peau, les valeurs et signaux du BVP retranscrits reflètent l'état émotionnel du sujet. Plus la personne est inquiète, nerveuse ou en pleine réflexion (émotions positives), plus le BVP augmente. Plus la personne est en détente ou triste (émotions négatives), plus le BVP diminue.

La respiration est également un indicateur physiologique important des émotions humaines. Le rythme de respiration augmente quand l'émotion est intense (la joie, l'inquiétude, la colère, etc.), et diminue quand la personne est en repos. En outre, Masaoka et Homma (1997) ont montré que l'inquiétude ou la peur est corrélée positivement avec le rythme respiratoire. Le rythme cardiaque (*HR-heart rate*) est une autre dimension physiologique importante. Le rythme cardiaque accélère quand la personne réalise une tâche qui demande l'effort cognitif et l'attention. (Ravaja et al., 2006).

Dans la recherche sur les jeux vidéo, les chercheurs ont utilisé la méthode physiologique pour mesurer les émotions du joueur. Mandryk, Inkpen et Calvert (2006) ont utilisé le GSR et la respiration pour mesurer le niveau d'immersion du joueur dans les deux cas : jouer contre l'ordinateur et jouer contre une personne. Les joueurs ont affirmé que jouer contre une personne est plus immersif et présente plus de défis que jouer contre l'ordinateur. Mandryk et al. (2006) trouvent que le GSR est nettement plus élevé quand le joueur se bat contre l'autre personne, que lorsqu'il joue contre l'ordinateur.

“Since mean GSR was higher when playing against a friend, and participants also rated this condition as more fun and exciting, we hypothesised that a correlation between GSR and fun, excitement, or boredom might exist. By themselves, the subjective and physiological results reveal that a participant's GSR is higher in a condition that they also rate as more fun.” (Mandryk et al., 2006, p.155)

Mandryk et al. (2006) ont également identifié une corrélation entre la respiration et le niveau de défi de l'activité. La fréquence de respiration augmente quand le joueur se

mesure à une personne, et rencontre plus de défis ou de frustrations, et diminue quand le joueur s'ennuie en se battant contre l'ordinateur :

« *Normalised respiration rate was inversely correlated with frustration ($r = .64$, $p = .047$). Respiration rate tends to increase with emotional arousal, so we might expect that an aroused state of frustration would increase respiration rate; » (Mandryk et al., 2006, p.155)*

Selon Mandryk (2008), l'excitation émotionnelle (positive ou négative) peut correspondre à l'augmentation de la respiration, à l'augmentation de GSR, et à la diminution du BVP :

« *Arousal : Increases in psychological arousal are best measured by increases in galvanic skin response (GSR), but can also be seen in increased respiration, decreased blood volume pulse (BVP), and increased heart rate (HR).* » (Mandryk, 2008, p.211)

1.4.2.3 Mesurer des réactions faciales

D'après Ekman (1992), les émotions de base (ou primaires) sont universelles, en dépit de différences entre les peuples ou les cultures. Ces émotions sont : la joie, la tristesse, la colère, la peur, la surprise et le dégoût. Les émotions de base sont souvent liées aux expressions faciales. (Figure 3).



Figure 3 — 6 émotions de base selon Paul Ekman (photo extraite de Ekman, 1999)

En 1978, Ekman et Friesen ont mis au point le *Facial Action Coding System* (FACS)¹, un outil répertoriant les 46 composantes de base des expressions du visage humain (clignement de l'œil, froncement de sourcils, serrement des lèvres, mouvement des narines, etc.). Grâce à cet outil, ils ont identifié, chez l'adulte, des configurations d'expressions faciales associées aux six émotions de base. Ce système est aujourd'hui utilisé dans les logiciels de reconnaissance des expressions faciales. Par exemple : *FaceReader* de Noldus.

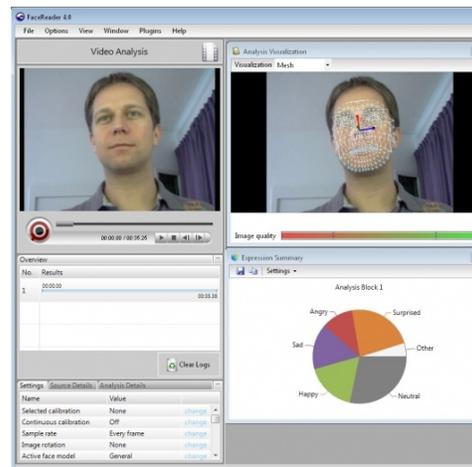


Figure 4 — Logiciel FaceReader de Noldus²

L'utilisation des expressions faciales est plus fréquente dans les études de publicité, de commerce, et de conception de sites web. Dans le domaine des jeux vidéo, l'usage des expressions faciales pour mesurer les émotions du joueur est encore nouveau. Ravaja et Kivikangas (2008) ont utilisé un électromyogramme (EMG) pour mesurer les réactions des muscles faciaux. Pourtant, comme l'emploi d'un électromyogramme permet de mesurer seulement les muscles *Zygomaticus* major (impliqué dans le sourire) et *Corrugator supercilli* (impliqué dans le froncement de sourcils), cette expérience se limite à identifier les émotions négatives et positives du joueur.

¹ Facial action coding system. *Wikipédia, l'encyclopédie libre*. Page consultée le août 20, 2012 à partir de http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Facial_action_coding_system&oldid=77632363.

² www.noldus.com/facereader/facereader-works-three-steps

1.4.3 Conclusion

Poser des questions aux sujets sur leurs états d'émotions est indispensable, mais quand les poser ? Si l'on les pose au cours de l'expérience, les interactions seront interrompues. Si l'on les pose après l'expérience, le souvenir du sujet sur ses émotions, ses réflexions sont-elles toujours précises? Dans ce cas, mesurer des réactions physiologiques, oculaires et faciales s'avère une méthode adéquate pour évaluer en temps réel l'expérience de l'utilisateur, ses émotions, ses états cognitifs, tout en préservant l'intégralité de l'expérimentation. En outre, par le biais des réactions inconscientes, nous obtiendrons des éléments de réponses aux questions sur lesquelles les sujets hésitent parfois à s'exprimer ou ne trouvent pas le mot précis.

Nous pensons que les méthodes physiologiques et oculométriques, ainsi que la mesure des expressions faciales conviennent très bien à l'évaluation des jeux vidéo. Ces données objectives facilitent l'analyse et l'interprétation des émotions du joueur et l'amélioration de la conception des jeux. De plus, grâce à ces méthodes, nous pourrions obtenir des réactions émotionnelles du joueur dans certains moments cruciaux, comme quand le joueur gagne le jeu, réussit une attaque, ou obtient des récompenses.

Pourtant, mesurer les réactions physiologiques, oculaires et faciales est encore coûteux et complexe. De plus, dans le cas de la méthode physiologique, les sujets doivent porter les câbles et les électrodes pendant l'expérience. Ils doivent également se déplacer dans une surface limitée pour que l'appareil d'oculométrie fixé sur la table puisse suivre le regard et que la caméra puisse capter son visage. Il existe aujourd'hui des nouveaux outils d'oculométrie, comme les lunettes de suivi oculaire, capables de capter le regard en situation de mobilité, mais le coût reste élevé. En outre, le résultat des méthodes physiologiques pourrait être modifié par l'influence des facteurs de température, de l'humidité, de la consommation des produits stimulants (café, boisson énergétique, médicaments, etc.) et en raison de la différence entre les individus, entre les sexes, etc.

Tenant compte des avantages et des inconvénients dans chaque méthode d'évaluation (subjective et objective), et dans la mesure physiologique, oculaire et faciale, ainsi que la particularité des jeux *Kinect* qui exige beaucoup de mouvements du

joueur pour bien s'amuser, nous allons utiliser les méthodes d'évaluation suivantes pour mesurer les émotions du joueur :

- L'évaluation subjective (après l'expérimentation) : le questionnaire d'immersion et les entrevues.
- L'évaluation objective (durant l'expérimentation) : la méthode physiologique pour mesurer le GSR, le BVP et la Respiration, la méthode oculométrique pour mesurer la grandeur des pupilles et le temps de fixation, la mesure des réactions faciales.

Nous allons présenter la procédure de test dans la partie méthodologie du mémoire.

1.5 Problématique

L'ergonomie, que ce soit des applications de productivité ou de celles de distraction, a une seule finalité : servir au mieux le besoin du consommateur. L'utilisateur d'un logiciel veut accomplir une tâche productive, pendant que le joueur tient à bien se divertir avec son jeu vidéo, s'immerger dans le monde virtuel, oubliant sa vie quotidienne. Cette particularité du jeu vidéo rend son évaluation beaucoup plus complexe par rapport à celle des logiciels de productivité. Parce qu'en dehors d'évaluer les critères concrets comme le succès et la facilité d'accomplir la tâche, les concepteurs de jeu vidéo doivent mesurer également les émotions du joueur qui sont fuyantes et subjectives.

Dans le Chapitre 1 - , nous avons étudié les différents aspects du sentiment de présence du joueur et les éléments constitutifs de l'immersion d'un jeu vidéo, de même que les conditions de succès de l'immersion d'un jeu vidéo. Suivant ces éléments théoriques, nous constatons que la *Kinect* pourrait contribuer à la qualité d'immersion du jeu vidéo.

Premièrement, grâce à la technologie de reconnaissance de mouvement, la *Kinect* permet de supprimer toute l'interface de contrôle : le joueur interagit avec le jeu par ses mains, ses pieds et sa tête. Autrement dit, le joueur entre dans le monde du jeu sans passer par des médias physiques soit la manette, la souris, le clavier, etc. Le médium est

rendu invisible, ce qui correspond à l'idée de créer l'illusion de non-médiation selon Lombard et Ditton (1997), afin de faciliter la présence.

En outre, au niveau de la jouabilité, en supprimant l'interface de contrôle, la Kinect résoudrait également d'autres problèmes liés au contrôleur (surtout la manette), rendant le jeu plus accessible. Pagulayan, Keeker, Wixon, Romero et Fuller (2002) affirment que l'interface de contrôle joue un rôle primordial dans la promotion de l'immersion. Plus l'interface de contrôle est facile à utiliser, plus le jeu devient immersif : « *the ease of use of a game's controls and interface is closely related to fun ratings for that game. Think of this factor as a gatekeeper on the fun of the game.* » (Pagulayan et al., 2002, p.225)

Pour simplifier l'interface de contrôle, en premier lieu, la *Kinect* remplace des boutons à la fois limités et compliqués (Figure 5), par des mouvements simples et authentiques du corps du joueur (Figure 6), ce qui permettrait de réduire la charge de mémoire du joueur afin d'apprendre par cœur toutes les compositions des boutons pour réaliser les multiples actions dans un jeu de combat comme *Super Street Fighters IV*.

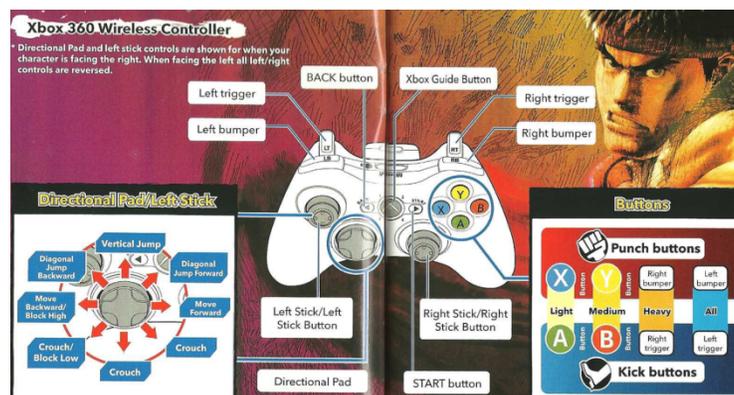


Figure 5 — Schéma de commandes du jeu Super Street Fighter IV¹

¹ Extrait du manuel du jeu Super Street Fighter IV – Capcom.

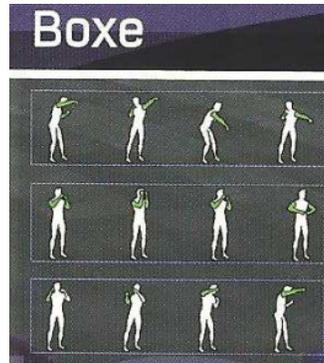


Figure 6 — Schéma des mouvements du jeu de Boxe — *Kinect Sport*¹

Il s'agit d'un des grands défis qui empêchent l'accès du joueur au jeu. Pagulayan et al. (2002) affirment que le plaisir du jeu est réduit si l'interface de contrôle n'est pas bien conçue : « *dissatisfaction with the controller design can also be a central factor that limits enjoyment of all games on a system.* » (Pagulayan et al., 2002, p.226).

Johnson et Wiles (2003) trouvent également qu'ayant moins de choses à apprendre, à mémoriser de l'interface de contrôle, le joueur s'immerge plus facilement dans le jeu : « *with less cognition required for remembering or finding input commands, the user is better able to achieve concentration and engagement, and thereby flow, when completing the task.* » (Johnson & Wiles, 2003, p.4).

De plus, il semble que les actions du joueur sont plus naturelles, plus intuitives en utilisant la *Kinect*. Par exemple, selon les commandes dans le jeu de Boxe (*Kinects Sport*) (voir Figure 6), le joueur attaque et se défend dans le jeu avec les techniques de boxe de la vie réelle. Alors que, avec les interfaces de contrôle traditionnelles, il n'est pas naturel pour le joueur d'appuyer sur un bouton pour sauter, deux boutons pour bloquer l'attaque, ou les flèches de direction (↑) pour se diriger vers l'avant ou en arrière.

Or, si le joueur n'arrive pas à transférer naturellement son intention dans le jeu, il devient frustré. Ce sentiment entraînera le joueur à penser que le jeu est erroné, inaccessible. Pagulayan et al. (2002) affirment que :

« *without learnable and intuitive controls, the user will make frequent mistakes translating their desires into onscreen actions. We have seen*

¹ Extrait du manuel du jeu *Kinect Sport* – Rare.

consistently that these kinds of mistakes are enormously frustrating to users, because learning to communicate one's desires through an eight-button input device is not very fun. » (Pagulayan et al., 2002, p.225).

Par conséquent, selon Witmer et Singer (1998), le jeu avec le contrôle non intuitif n'est pas immersif.

En raison de son côté révolutionnaire, la *Kinect* impose des changements dans l'interaction du joueur avec le jeu. Ceci entraînera des modifications de conception du jeu, à la fois au niveau de l'interface et du contenu du jeu pour être compatible avec les nouveaux fonctionnements. Au niveau de la visibilité, par exemple, si les avertissements ou les annonces sont complètement visibles dans le cas où la personne joue avec un contrôleur, seraient-ils toujours lisibles quand le joueur doit bouger la tête pour contrôler le jeu, comme dans le jeu *Body and Brain Connection*. D'ailleurs, si le joueur s'efforce de lire les messages, sera-t-il toujours dans le flux d'immersion? Au niveau de la rétroaction par exemple, comment est-ce que le jeu informe le joueur sur la force d'un coup de pied dans le jeu de football? Autrement dit, comment le joueur pourrait-il apprendre à mieux performer si son dernier tir échoue par manque ou par excès de force ? Cette rétroaction s'obtiendra, par contre, plus facilement avec le contrôleur sur lequel nous pouvons appuyer et garder le bouton pour ajuster la puissance du coup qui s'affiche à travers une barre d'énergie.

Questions et hypothèses de recherche

Nous nous rendons compte que l'interface de contrôle a un rôle très important pour faciliter ou non les sentiments de présence du joueur, mais elle n'est qu'un facteur parmi plusieurs autres composantes de la qualité d'immersion d'un jeu vidéo, à savoir l'interface du jeu (le son, l'image, les menus, etc.), la jouabilité, le mécanisme de jeu (la narrativité, la conception des personnages, des niveaux, des défis, etc.).

La Kinect, avec tous ses avantages, renforce-t-elle la qualité d'immersion des jeux?

Répondre à cette question constitue notre objectif de recherche. En vue d'y répondre, nous allons tester les jeux *Kinect*. Avant le test, nous avons passé en revue les commentaires sur les jeux *Kinect* sur l'Internet. Nous constatons que les jeux *Kinect* ne

sont pas tous appréciés et que la plupart des joueurs se plaignent des imprécisions de contrôle via la *Kinect*. De ce constat, nous avançons les hypothèses suivantes :

- *Parmi les jeux conçus pour la Kinect, les jeux se différencieront en fonction de la qualité du contrôle qu'ils permettent.*
- *Les joueurs intensifs apprécieront moins le contrôle des jeux avec la Kinect que les joueurs occasionnels.*

Nous pensons que la meilleure façon de vérifier ces hypothèses est de nous baser sur les émotions des joueurs de jeux *Kinect*. Nous avons choisi de tester les trois jeux : *Kinect Joy Ride*®¹, *Kinect Body and Brain Connection*®², et *Child of Eden*®³. Ces trois jeux représentent trois catégories différentes : jeu de sport, jeu de réflexion et jeu de tir. Afin de mesurer les émotions des joueurs, nous utiliserons les méthodes physiologiques et oculométriques, et la mesure des expressions faciales. Il s'agit d'une méthode d'évaluation des jeux encore nouvelle. Nous voudrions via notre recherche, expérimenter cette méthode d'évaluation pour les jeux à interface gestuelle. Nous nous posons la question suivante :

Est-ce que les réactions physiologiques et/ou oculaires, et les expressions faciales sont reliées aux attitudes des joueurs sur la qualité de l'immersion d'un jeu vidéo à interface gestuelle?

Concernant l'expérimentation avec les mesures physiologiques et oculométriques, nous nous interrogeons sur des corrélations possibles entre les réactions physiologiques et oculaires du joueur et les critères d'évaluation de l'immersion d'un jeu vidéo tels que mesurés par un questionnaire subjectif. Ces critères sont choisis à partir de 5 parmi 8 catégories de critères d'évaluation du Flux selon Sweetser et Wyeth (2005) : Concentration, Compétences, Contrôle, Immersion, Niveau de défi. À notre avis, ce sont les 5 catégories de critères les plus importants de la qualité d'immersion d'un jeu vidéo.

Nous nous intéressons davantage aux mesures physiologiques et oculaires qu'à la mesure des expressions faciales, car à notre avis le sentiment de présence est un état

¹ Le jeu est développé par BigPark Inc. et publié par Microsoft.

² Le jeu est publié par Namco Bandai.

³ Le jeu est développé par Q Entertainment et publié par Ubisoft.

complexe qu'il serait très difficile de mesurer à travers les émotions de base comme la joie, la colère, la tristesse, etc. En outre, l'expression du visage d'une personne en état de présence se différencie d'une personne à une autre. Nous observerons toutes les expressions du visage du joueur, en particulier la colère et la joie qui seront signe d'immersion. Ces mesures faciales contribueraient à l'interprétation des données physiologiques et oculaires.

Bref, l'hypothèse est que la perception du sentiment de présence du joueur sera corrélée avec :

- Une augmentation du GSR et de la Respiration, (Mandryk et al., 2006; Masaoka & Homma,1997)
- Une diminution du BVP, (Mandryk, 2008)
- Une augmentation du Temps de fixation et de la grandeur des pupilles. (Jennett et al., 2008; Partala & Surakka, 2003)
- Plus d'émotions de joie ou de colère, tel que mesuré par les expressions faciales.

Chapitre 2 - Méthodologie de recherche

En vue de répondre aux questions posées et de vérifier les hypothèses, nous avons réalisé un test d'immersion chez 18 joueurs intensifs et occasionnels avec les jeux de *Kinect*. Déroulement et durée de l'expérience de jeu, des entrevues et questionnaire. Nous avons combiné d'un côté le questionnaire et l'entretien semi-dirigé pour obtenir les données qualitatives et de l'autre côté le suivi oculaire, le suivi physiologique et la reconnaissance des expressions faciales pour obtenir les données quantitatives.

Avant le test, les participants ont été invités à signer le formulaire de consentement. Les participants ont joué chaque jeu trois fois. Le questionnaire est distribué au participant après chaque jeu. L'entrevue s'est passée à la fin de la séance de test.

2.1 Choix des jeux

Les trois jeux choisis sont *Kinect Joy Ride*, *Kinect Body and Brain Connection*, et *Child of Eden*. Les trois jeux représentent trois catégories différentes : jeu de sport, jeu de réflexion et jeu de tir. Selon les commentaires d'utilisateurs et d'experts, il s'agit des meilleurs jeux de *Kinect* au moment de notre recherche.

Kinect Joy Ride (Figure 7) est le premier jeu de course de voiture conçu pour la *Kinect*. Le joueur n'a besoin ni de volant, ni de manette, il lui suffit de mimer qu'il tourne un volant. Le jeu propose plusieurs activités qui font chacune gagner des « fans » qui sont en fait des points à récolter pour débloquer les nouveaux circuits et les nouveaux véhicules. Il existe différents modes de jeu, à savoir « *Course Pro* », « *Course Bataille* », « *Course Xbox Live* », etc. Nous avons choisi de faire jouer « *Course Pro* ». Ce mode met le joueur face à 7 autres pilotes gérés par la machine. L'objectif du jeu est d'arriver à la première place et gagner le maximum de points possible.



Figure 7 — Jeu *Kinect Joy Ride*.

Kinect Body and Brain Connection fonctionne sur le concept suivant lequel notre cerveau se développe mieux lorsque nous l'utilisons de concert avec notre corps. Ce jeu se compose de vingt mini-jeux répartis en cinq catégories : Mathématiques, Réflexes, Logique, Mémoire et Motricité. Chaque exercice a trois niveaux de difficulté : débutant, intermédiaire et confirmé. Nous avons choisi deux mini jeux dans deux catégories Motricité et Mathématiques : Prévention routière (Figure 8), Objectif 10 (Figure 9). Dans le premier jeu, le joueur utilise les deux bras pour choisir dans un temps donné, les deux chiffres dont la somme égale à 10. Le deuxième jeu consiste à utiliser les deux bras comme un pont pour diriger les voitures de différentes couleurs du côté gauche au côté droit ayant la couleur correspondante à la voiture. L'objectif est d'obtenir un score le plus élevé possible.



Figure 8 — *Body and Brain Connection* — Jeu « Prévention routière ».



Figure 9 — *Body and Brain Connection* — Jeu « Objectif 10 »

Child of Eden (Figure 10) est un jeu de tir à la première personne (*FPS- First player shooter*) combinant la musique, les graphismes hallucinants et le mouvement du joueur pour créer l'expérience d'immersion. Le joueur se sert des deux mains pour tirer sur les virus infectant la mémoire d'un réseau informatique Eden. À la fin de chaque niveau, il survient une cible importante. La tâche du joueur est d'aller le plus loin possible dans le jeu, sans limite de temps.



Figure 10 — Jeu *Child of Eden*.

2.2 Les sujets d'expérience

Nous avons recruté 3 candidats pour le pré-test et 18 candidats pour le test officiel (7 hommes et 11 femmes. Les candidats sont sélectionnés suivant les critères suivants :

- Aucun joueur n'a joué à la *Kinect*
- La moitié des joueurs sont non-joueurs (joueur occasionnel). Ils n'ont pas de console de jeu à la maison.
- La moitié des joueurs jouent très souvent à la console. (Joueur intensif).

2.3 Ordre d'expérimentation des différents jeux.

Pour éviter l'effet d'ordre entre les jeux dans l'évaluation, nous avons défini l'expérience de façon à ce que l'ordre des jeux varie systématiquement, et ce, en tenant compte des caractéristiques des sujets.

Tableau 2 — Profil des participants et ordre de l'expérimentation

Participants	Ordre du test *	Sexe	Profil de joueur
K1	CBJ	F	JOUEUR
K2	CBJ	F	JOUEUR
K3	JCB	H	JOUEUR
K4	BCJ	F	JOUEUR OCCASIONNEL
K5	CBJ	F	JOUEUR OCCASIONNEL
K6	CJB	F	JOUEUR OCCASIONNEL

K7	JCB	H	JOUEUR OCCASIONNEL
K8	BJC	H	JOUEUR
K9	BCJ	H	JOUEUR
K10	BJC	F	JOUEUR OCCASIONNEL
K11	CBJ	F	JOUEUR OCCASIONNEL
K12	JBC	F	JOUEUR OCCASIONNEL
K13	BCJ	F	JOUEUR OCCASIONNEL
K14	CJB	F	JOUEUR
K15	BCJ	H	JOUEUR
K16	JCB	F	JOUEUR
K17	JBC	H	JOUEUR OCCASIONNEL
K18	BJC	H	JOUEUR OCCASIONNEL

(*) : C : *Child of Eden*, B : *Body and Brain*, J : *Joy Ride*

2.4 Les outils du suivi oculaire, du suivi physiologique et de la reconnaissance des expressions faciales

Les mesures oculaires auxquelles nous nous intéressons sont le diamètre des pupilles et le temps de fixation. Afin d'obtenir ces données, nous avons utilisé l'oculomètre *Tobii X120*. À l'usage normal, le *Tobii* est placé sur la table, en face du sujet qui est assis et ne bouge pas souvent. Dans notre cas, en raison de la particularité de la *Kinect*, le joueur est debout et est presque toujours en mouvement, nous avons dû suspendre le *Tobii* à l'envers pour permettre la liberté d'action du joueur. La position du *Tobii* est ajustée en fonction de la hauteur du joueur et est calibré à chaque sujet, pour capter le maximum possible les mouvements des yeux.

Concernant les réactions physiologiques (le GSR, le BVP et la Respiration), nous utilisons l'appareil *ProComp Infiniti* et le logiciel *Biograph* de *Thought Technology*. Le système se compose d'un encodeur des données physiologiques, des capteurs pour chaque type de réactions physiologiques. Les senseurs du système sont accrochés sur une veste qu'on installe aux sujets au début de l'expérience et que les participants doivent porter pendant l'expérience. L'encodeur communique via le Bluetooth avec l'ordinateur, ce qui permet au sujet de se bouger aisément.

Pour mesurer les réactions faciales, nous utilisons le système *FaceReader* de *Noldus*. Il suffit d'installer et calibrer une webcam liée avec l'ordinateur pour capter le visage du sujet. Les données obtenues seront traitées par le logiciel *FaceReader*.

Les figures Figure 11, Figure 12 et Figure 13 présentent la disposition des appareils utilisés dans le test et de la veste du système *ProComp Infiniti*.



Figure 11 — Les capteurs de suivi physiologique accrochés sur la main du sujet.

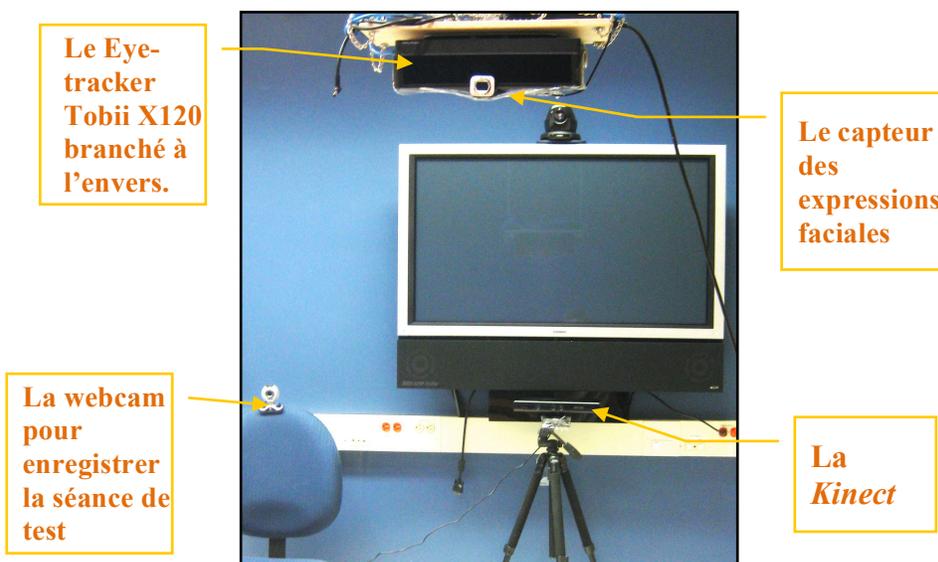


Figure 12— La disposition des appareils utilisés dans le test

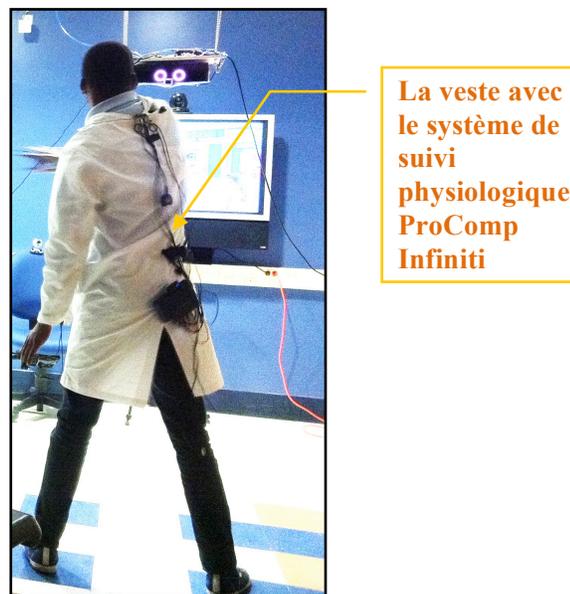


Figure 13 — Un participant pendant le test

Dans les jeux, il existe certains évènements très importants qu'il est impossible d'identifier avec le suivi oculaire en raison de leur durée d'apparition trop courte. Par exemple le moment où le joueur obtient un bonus, collectionne des récompenses, etc. Dans ces cas, nous utiliserons le logiciel ObserverXT pour coder manuellement ces évènements et les synchroniser avec les réactions physiologiques et faciales. De cette manière, nous obtiendrons les informations sur les réactions dans des situations cruciales et émotionnelles dans les jeux. Nous allons présenter ces évènements dans la partie 3.1.2.3.

2.5 Le questionnaire

Nous avons élaboré le questionnaire en nous basant sur les critères d'évaluation de l'immersion de Sweetser et Wyeth (2005) (voir Tableau 3). Nous avons utilisé une échelle variant de « Pas du tout d'accord » à « Tout à fait d'accord ». Au lieu des libellés, nous laissons aux participants la liberté de graduer leur niveau d'immersion et d'émotions en utilisant les chiffres de 1 à 7.

Nous avons divisé les questions en 4 paramètres en fonction des composantes de l'immersion selon Sweetser et Wyeth (2005) :

- **Compétences** : les questions de ce paramètre permettent de connaître d'une part les compétences de joueur du participant et d'autre part son niveau d'effort pendant le jeu. (Questions 12, 16, 17 et 20)
- **Immersion** : les questions de ce paramètre sont basées sur les notions de Flow et de l'immersion dans les jeux vidéos présentés ultérieurement. Elles permettent de connaître le niveau d'immersion estimé par le participant. (Questions 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 18 et 21)
- **Concentration** : les questions de ce paramètre permettent de mesurer le niveau de concentration du participant pendant les jeux. (Questions 1 et 2)
- **Niveau de défi** : les questions de ce paramètre permettent de connaître le rapport entre les niveaux de difficulté du jeu et la compétence du joueur.

Tableau 3 — Questionnaire d'Immersion

		PAS DU TOUT D'ACCORD	2	3	4	5	6	TOUT À FAIT D'ACCORD
1	Pendant le jeu, j'étais distrait par l'environnement autour de moi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Parfois je voulais arrêter le jeu pour voir ce qui se passe autour de moi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	J'ai perdu la notion du temps en jouant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Je me suis senti plus intégré dans le monde du jeu que dans la vie réelle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	J'étais parfois tellement impliqué que j'oubliais que j'étais en train d'interagir avec un jeu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	J'ai aimé les graphiques et les effets spéciaux dans le jeu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	J'ai voulu rejouer la partie malgré les échecs.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Je me sens satisfait quand je vois que le jeu progresse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Gagner ou perdre la partie du jeu ne m'intéressait pas. J'étais peu intéressé par l'issue de la partie (gagner ou perdre).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	À la fin de la séance, j'ai regretté de ne pas pouvoir continuer le jeu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Le niveau du défi du jeu correspondait à mes compétences de joueur.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Je tente de jouer le mieux possible pour gagner le jeu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Parfois, j'ai voulu abandonner le jeu à cause du niveau de difficulté trop élevé.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Les actions à accomplir étaient de plus en plus difficiles au fur et à mesure que je progressais dans le jeu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Le jeu était facile à réussir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Je pense avoir fait des progrès à la fin de la séance par rapport au commencement.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Plus j'ai progressé dans le jeu, plus j'ai obtenu des récompenses intéressantes (EX : nombre de fans, bonus, nouvelles armes, nouvelles capacités, des médailles, etc.).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Parfois, j'étais tellement impliqué que j'ai oublié que je contrôlais un avatar dans un jeu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Parfois, j'aurais voulu remplacer la <i>Kinect</i> par la manette pour mieux contrôler le jeu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	J'ai bien réussi dans le jeu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	J'aimerais rejouer à ce jeu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nous utilisons également trois questions dans le questionnaire de l'utilisabilité pour les jeux *Kinect*. Ce questionnaire est conçu par Louis-Marin Guay et Danny Godin, les professeurs du DESS en Design de Jeux de l'Université de Montréal, qui travaillent avec nous dans le cadre d'un projet intitulé « *Amélioration de la méthodologie utilisée pour les tests utilisateurs dans le contexte d'utilisation des nouveaux contrôleurs cinétiques en jeux vidéo.* »

Ces trois questions sont classées dans le paramètre Contrôle. Ce paramètre permet de connaître le niveau d'appréciation du participant vis-à-vis la nouvelle interface de contrôle qu'est la *Kinect*. Ces trois questions sont :

Q4U	J'ai de la facilité à déplacer le « curseur » où je le souhaite
Q9U	La <i>Kinect</i> semble reconnaître facilement mes mouvements lors de la partie
Q10U	L'utilisation des mouvements pour ce jeu le rend plus intéressant à mes yeux

2.6 L'entrevue

L'entrevue semi-dirigée est passée après la période de jeux. Nous avons posé trois questions aux participants :

- Qu'est-ce que vous appréciez le plus dans la manière de jouer avec la *Kinect*?
- Parmi ces trois jeux, lequel préférez-vous jouer avec la *Kinect*?
- Est-ce que vous avez eu des problèmes de contrôle avec la *Kinect*? Si oui, dans quelle situation?

Par les questions de l'entrevue, nous voulions écouter des participants sur leur expérience avec la *Kinect*, sur leur jeu préféré, leurs impressions, et en particulier sur le problème de contrôle qu'ils pourraient avoir rencontré dans les jeux.

Chapitre 3 - Analyse des données

3.1 Statistiques descriptives

Dans cette partie, nous présentons les données des réactions physiologiques et oculaires obtenues pendant l'expérimentation. Les réactions physiologiques et oculaires sont mesurées en fonction des pages et des groupes de zones d'intérêt. Les pages sont les scènes d'images importantes capturées pendant les jeux. Ces pages contiennent des zones jugées intéressantes (désormais appelées AOI - *Areas of Interest*) des groupes d'AOIs ont été créés en fonction du contenu, par exemple les groupes : l'avatar du joueur, la cible, les rétroactions, etc. Les pages ont été choisies selon l'importance des moments de chaque jeu. En général, nous nous intéressons aux cinq moments principaux : le début du jeu, la session de jeu, la partie de tutoriel ou l'affichage des messages tutoriels, des rétroactions pendant le jeu, et la fin du jeu.

Les groupes d'AOIs se composent des éléments qui sont supposés être regardés par les participants durant le jeu. Ces éléments sont des composantes essentielles du jeu, tels que les messages de rétroaction, les instructions, etc. Les sigles BB, JR, CE représentent respectivement les jeux *Body and Brain Connection*, *Joy Ride* et *Child of Eden*.

Les pages et les groupes d'AOIs sont présentés dans le Tableau 4 et le Tableau 5. (*page suivante*).

Tableau 4 — Liste des groupes d'AOIs et signification

Groupe d'AOIs	Signification	Groupe d'AOIs	Signification
AVATAR	Image du joueur	ILLUSTRATION	Images d'illustration dans les tutoriels, les didacticiels du jeu
BOUTON	Boutons dans les menus du jeu	INSTRUCTION	Messages d'instruction pendant le jeu
CIBLE	Cibles, ennemies dans les jeux	PHOTOS	Photos du joueur capturées pendant le jeu
COMPTE DEPART	Compte à rebours avant la session de jeu	RESSOURCES	Jauge de vie, de temps, d'énergie etc.
CONSIGNE	Consigne annonçant l'objectif du jeu au début de la partie.	TITRE	Titre du didacticiel
CURSEUR	Curseur de navigation dans le jeu	RÉTROACTION	Messages, signes de rétroaction dans le jeu

Tableau 5 — Liste de pages et signification

Nom de page	Signification	Nom de page	Signification
BB-10-TUTORIEL	tutoriel du mini-jeu Objectif 10	JR-ATTRAPER VOLANT	instruction d'attraper le volant pour commencer la session de jeu
BB-ROUTE-JEU	session de jeu du mini-jeu Prévention routière	JR-JEU	session de jeu
BB-ROUTE-RESULTAT	l'affichage du résultat du mini-jeu Prévention routière	JR-RESULTAT-GENERAL	l'affichage du résultat final avec les scores généraux
BB-10-JEU-3	session de jeu du mini-jeu Objectif 10, avec 3 cibles	JR-RESULTAT-PLACE	la scène de célébration à la fin de la course, avec l'affichage de la place du joueur
BB-10-JEU-5	session de jeu du mini-jeu Objectif 10, avec 5 cibles	CE-DIDAC-TIRENNEMIE	didacticiel sur les tirs des ennemies
BB-10-JEU-DEPART	le compte à rebours avant la session de jeu Objectif 10	CE-DIDAC-TRACEUSE	didacticiel sur l'utilisation de l'arme « Traceuse »
BB-10-RESULTAT-1	l'affichage du résultat du mini-jeu Objectif 10	CE-DIDAC-VIE	didacticiel sur les ressources du joueur. Par exemple : l'énergie, la jauge de vie, etc.
BB-ROUTE-DEPART	le compte à rebours avant la session de jeu Prévention routière	CE-JEU	session de jeu
BB-ROUTE-TUTORIEL	tutoriel du mini-jeu Prévention routière	CE-PARFAIT	message de félicitations
JR-BRAVO	message de félicitations	CE-RESULTAT-GAGNER	l'affichage du résultat final en cas de réussite
JR-COMPTE DEPART	le compte à rebours avant la session de jeu	CE-RESULTAT-PERDRE	l'affichage du résultat final en cas d'échec
JR-DERAPER	instruction de déraper la voiture	CE-VIE-ENNEMIE	l'affichage de la jauge de vie d'un ennemi dangereux
JR-TETE	message de félicitations quand le joueur prend la tête	CE-DIDAC-EUPHORIA	didacticiel sur l'utilisation de l'arme « Euphoria »
JR-TURBO	instruction d'utiliser le turbo pour accélérer la voiture	CE-DIDAC-PUR	didacticiel sur l'attaque dans le jeu
JR-TUTORIEL-AVJEU	tutoriel du jeu <i>Joy Ride</i>	CE-DIDAC-RECUVIE	didacticiel sur l'obtention du bonus de vie

3.1.1 Les mesures oculaires

Comme indiqué dans la partie 2.4, nous avons retenu la durée de fixation et la taille des pupilles comme réactions oculaires. Nous examinons les mesures oculaires en fonction des pages et des groupes d'AOIs.

3.1.1.1 Les mesures oculaires dans les pages

La durée de fixation dans les pages est présentée dans l'histogramme suivant :

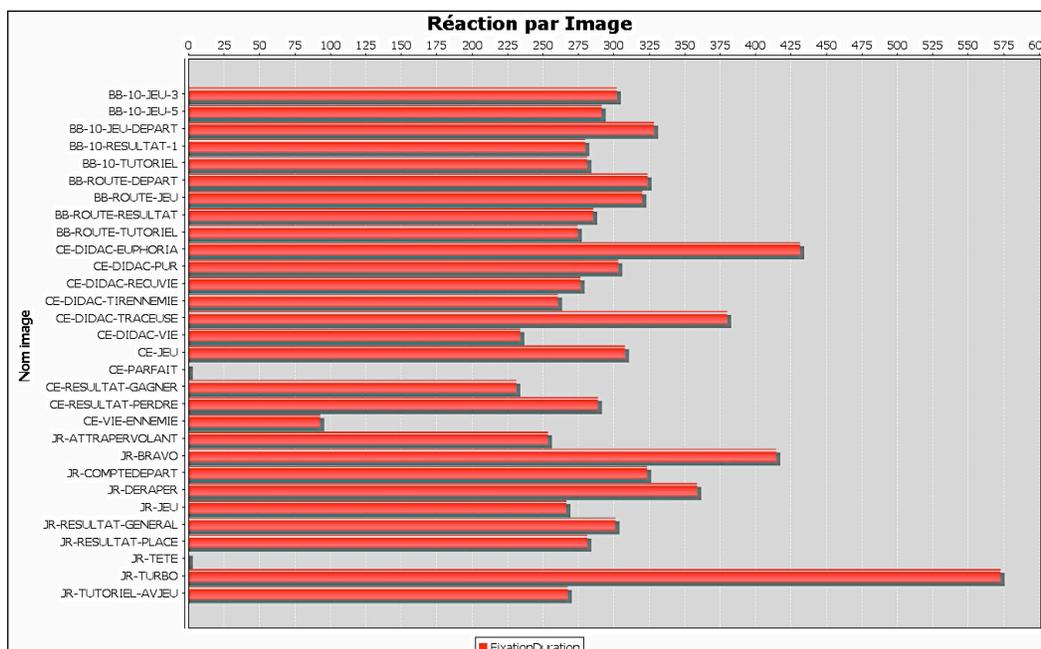


Figure 14 — Durée de fixation dans les pages

Selon le résultat, les pages ayant la durée de fixation particulièrement longue sont les pages JR-TURBO (572s), CE-DIDAC-EUPHORIA (431s), JR-BRAVO (414s). À part ces pages, les pages qui ont la durée de fixation plus élevée que la moyenne (304s) sont : BB-ROUTE-JEU, JR-COMPTEDEPART, BB-ROUTE-DEPART, BB-10-JEU-DEPART, JR-DERAPER, CE-DIDAC-TRACEUSE.

Le résultat nous montre que les participants ont consacré du temps aux éléments qu'ils jugeaient avantageux pour leur performance dans le jeu. Par exemple, le turbo (page JR-TURBO) servant à accélérer momentanément la voiture dans le jeu *Joy Ride*, l'Euphoria (page CE-DIDAC-EUPHORIA) permettant de détruire d'un seul coup la totalité des ennemis sur l'écran. De plus, les longues fixations sur les pages du Compte à rebours avant la session de jeu semblent montrer que les participants veulent à leur maximum à la fois gagner le jeu au meilleur score et être prêts et attentifs avant le début.

Nous examinons ensuite les données du diamètre des pupilles des participants par pages présentées dans l'histogramme Figure 15:

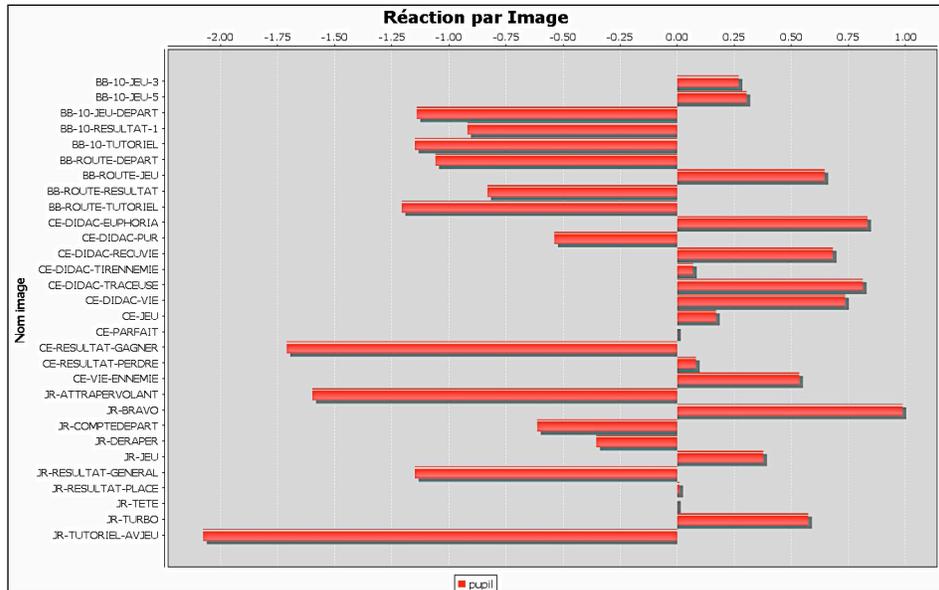


Figure 15 — Diamètre des pupilles dans les pages

Les diamètres des pupilles les plus grands sont dans les pages JR-BRAVO, CE-DIDAC-EUPHORIA, CE-DIDAC-VIE. En général, les pages où les pupilles des participants sont les plus grandes sont les messages indispensables à la réussite du jeu, les messages de félicitations et les tutoriels du jeu *Child of Eden*. Prenons par exemple la page JR-TURBO renseignant sur l'accélération de la voiture dans le *Joy Ride*, la page CE-DIDAC-EUPHORIA informant le joueur sur l'arme la plus puissante dans le jeu *Child of Eden*, ou la félicitation JR-Bravo.

Le fait que les pupilles se sont dilatées quand les participants regardaient ces pages suggère que leur effort cognitif y était élevé (Beatty, 1982) et qu'ils y étaient impliqués émotionnellement (Partala & Surakka, 2003). Pourtant, à propos des pages de tutoriels du jeu *Child of Eden*, il est à signaler que la taille des caractères du message trop petite par rapport à la position du joueur (à 2m de l'écran) pourrait aussi causer la dilatation des pupilles. Il s'agit d'ailleurs d'un point faible de ce jeu.

Les diamètres des pupilles les plus petits sont dans les pages JR-TUTORIEL-AVJEU, CE-RESULTAT-GAGNER, JR-ATTRAPERVOLANT, et les pages portant sur le compte à rebours avant le jeu (JR-COMPTEDPART, BB-ROUTE-DEPART, BB-10-JEU-DEPART). Si l'on se réfère aux durées de fixation dans les pages, on constate que dans certaines pages comme dans les pages du compte à rebours ci-dessus

ou les pages de tutoriels JR-TUTORIEL-AVJEU, BB-10-TUTORIEL, BB-ROUTE-TUTORIEL, les participants ont une longue durée de fixation, mais leurs pupilles ne se sont pas beaucoup dilatées. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les zones de fixation déterminées sont larges (temps de fixation élevé) et que les participants ont regardé longtemps la zone en entier, mais ne se sont pas concentrés sur un endroit précis assez longtemps pour que les pupilles se dilatent. D'ailleurs, ces pages contiennent peu de contenu, sinon des chiffres. Il suffisait de survoler la page pour comprendre le contenu global.

Nous n'avons pas de données de fixation de deux pages « JR-TÊTE » et « CE-PARFAIT » parce que l'apparition de ces deux pages ne dure pas suffisamment longtemps pour que le logiciel puisse capter le mouvement des pupilles du joueur. Dans ce cas, nous utiliserons le logiciel ObserverXT pour coder manuellement l'apparition des messages correspondants aux pages « JR-TÊTE » et « CE-PARFAIT ». À partir du codage, nous pourrions obtenir les réactions physiologiques du joueur au moment de ces deux événements. Nous présenterons le résultat concernant ces 2 pages dans la partie d'analyse des événements spéciaux.

3.1.1.2 Mesures oculaires en fonction des groupes d'AOIs

Mesurer les réactions oculaires par les zones d'intérêt nous permet d'obtenir les données du diamètre des pupilles et du temps de fixation dans les endroits importants sur l'écran de jeu. Ces zones d'intérêt sont définies dans le Tableau 4.

Les mesures oculaires par groupes d'AOIs sont représentées dans la Figure 16 et la Figure 17 : *(page suivante)*

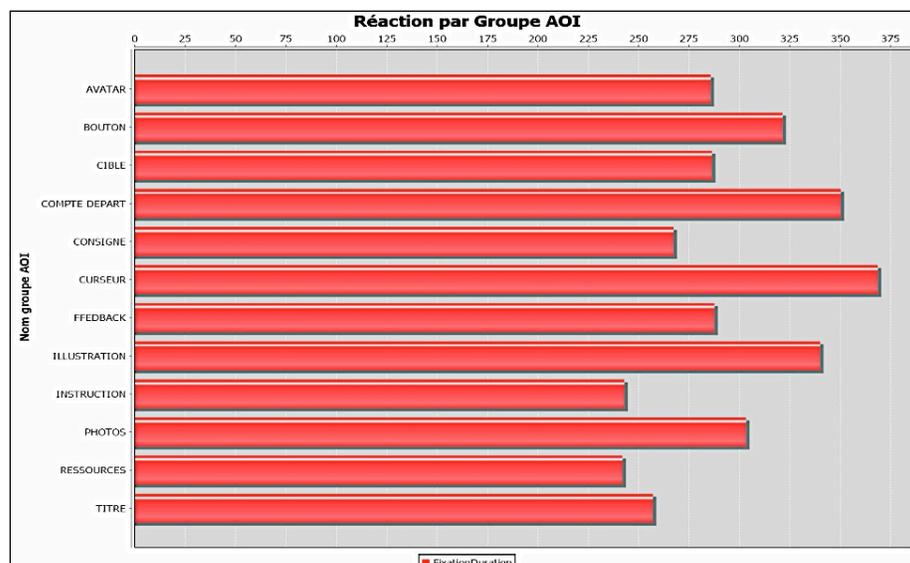


Figure 16 — Durée de fixation dans les groupes d'AOIs

Les durées de fixation les plus longues se répartissent dans les groupes Curseur, Compte départ, Illustration, Bouton et Photos. En général, l'écart de durée entre les groupes n'est pas considérable. Les durées de fixations des groupes d'AOIs tournent autour de la moyenne de 296s.

Vu la Figure 17, nous constatons que le diamètre des pupilles dans ces mêmes groupes est également très petit. Ce résultat suggère que les participants ont regardé longtemps les chiffres du compte à rebours, les illustrations, les boutons, mais ils n'ont pas réfléchi beaucoup et éprouvaient peu d'émotions. Il semble que cela est dû à la faible quantité de contenu dans ces zones d'intérêt. Nous remarquons que le diamètre des pupilles et la durée de fixation sont élevés dans le groupe Curseur et le groupe Avatar. Il est à signaler que le curseur et l'avatar représentent le joueur dans le jeu. Le fait que ces groupes attirent à la fois l'attention des participants et leur effort cognitif semble montrer que les participants s'identifient beaucoup à leur personnage dans le jeu.

Dans la Figure 17, il est intéressant de voir que les pupilles sont très petites dans les groupes Consigne, Instruction, Rétroaction. Cela suggère que les participants n'ont pas mis beaucoup d'effort pour comprendre les messages d'instruction ou les consignes. Quant aux rétroactions, comme il s'agit souvent d'images, de courtes félicitations, ces messages exigent sans doute peu d'effort cognitif.

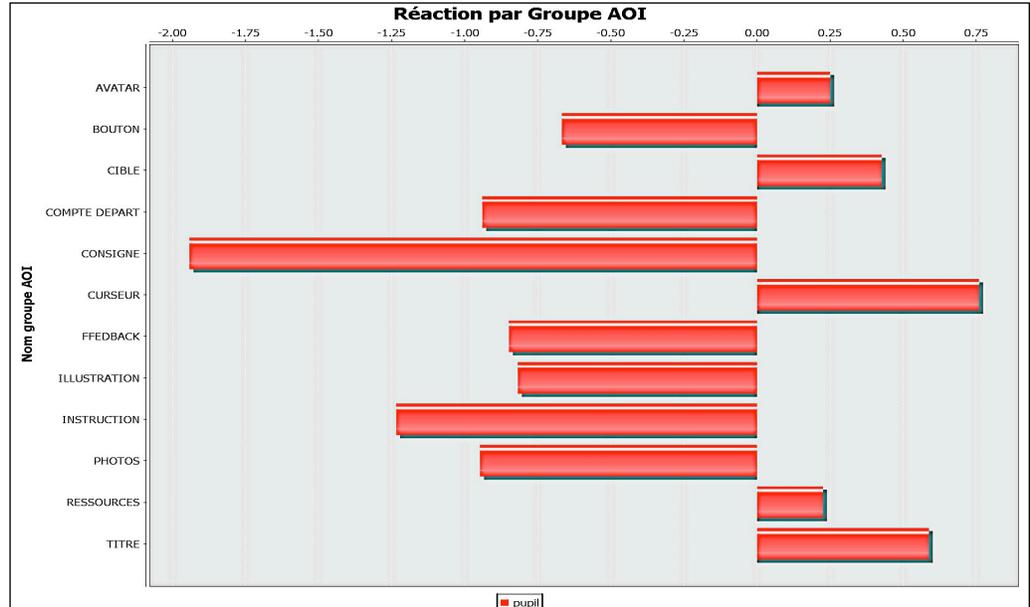


Figure 17 — Taille des pupilles dans les groupes d'AOIs

3.1.1.3 Conclusion

Les réactions oculaires des participants dans les pages et dans les groupes d'AOIs suggèrent que les joueurs ont adopté une stratégie de lecture des messages du jeu. Ils se sont concentrés davantage sur les éléments qu'ils jugeaient bénéfiques à leur réussite, par exemple les messages d'instruction de l'accélération de la voiture, de l'acquisition de l'Euphoria, de l'utilisation des armes, le compte à rebours avant le jeu, les illustrations, etc. En particulier, les mesures de la durée de fixation et de la taille des pupilles étaient très élevées quand les joueurs regardaient les zones Curseur et Cible. Ceci suggère qu'ils étaient très impliqués, cognitivement et émotionnellement, dans le jeu.

L'interprétation des résultats dans cette partie est encore limitée. Nous allons approfondir notre analyse en associant les réactions oculaires aux réactions physiologiques et faciales dans les parties qui suivent.

3.1.2 Réactions physiologiques

Les réactions physiologiques mesurées sont le GSR, le BVP, et la Respiration. Nous examinerons les réactions physiologiques en fonction des pages, des groupes d'AOIs et des événements particuliers dans les jeux. Il faut noter que les mesures

physiologiques étaient normalisées de façon à diminuer les différences individuelles entre les sujets.

3.1.2.1 Réactions physiologiques dans les pages

Dans cette partie, nous allons présenter les réactions physiologiques dans les pages des catégories Jeu et Résultat.

a. Catégorie Jeu

La Figure 18 présente les réactions physiologiques dans les pages de la catégorie Jeu. Les pages de cette catégorie concernent la partie principale des jeux. Il s'agit alors des données importantes de notre recherche.

Cette catégorie se compose de 5 pages :

- BB-10-JEU-3 : la première et la plus facile session du mini-jeu Objectif 10 où le joueur doit calculer 3 chiffres en même temps.
- BB-10-JEU-5 : la dernière et la plus difficile session du mini-jeu Objectif 10 où le joueur doit calculer 5 chiffres en même temps.
- BB-ROUTE-JEU : la session de jeu du mini-jeu Prévention routière
- CE-JEU : la session de jeu de *Child of Eden*
- JR-JEU : la session de jeu de *Joy Ride*

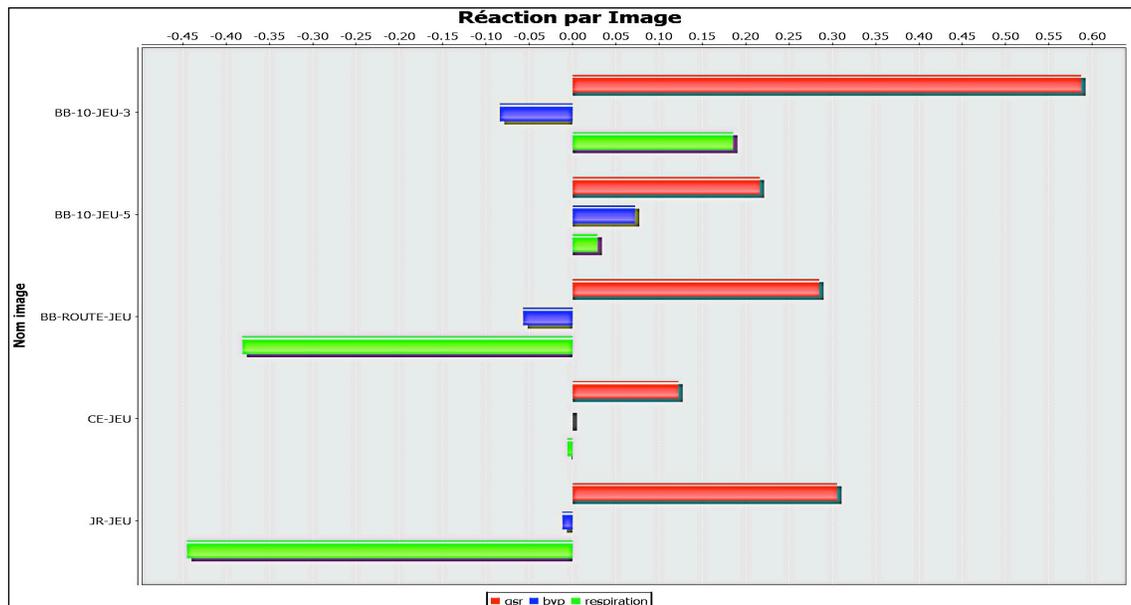


Figure 18 — Réactions physiologiques dans les pages GSR-Rouge, BVP-bleu, Respiration-vert) — Catégorie JEU

Vu la Figure 18, il est intéressant de constater que dans le même jeu Objectif 10 de *Body and Brain*, la page BB-10-JEU-3 (le niveau de défi débutant), les joueurs ont le GSR et la Respiration élevés et le BVP très bas (valeur négative), alors que la page BB-10-JEU-5 (le niveau de défi avancé) est associée au GSR et à une Respiration plus faibles, et à un BVP plus élevé (valeur positive). Comme indiqué dans la partie 1.4.2.2, le GSR augmente avec l'excitation des émotions, tandis que le BVP augmente quand la personne est nerveuse. On pourrait donc conclure que les participants avaient plus de plaisir en jouant, mais étaient moins nerveux en jouant la session avec trois cibles, qu'en jouant la session avec cinq cibles. La raison est due sans doute au fait que le niveau de défi de la session avec 3 cibles correspond mieux à la compétence des participants, débutant dans les jeux Kinect. Les réponses des participants à l'entrevue valident ce résultat, par exemple :

« Ce qui est intéressant pour moi, c'est que l'utilisation des mouvements dans le jeu aussi simple que le jeu Body and Brain, te force à développer de nouvelles aptitudes. Pour le jeu Brain, plus t'es bon, plus la difficulté monte. C'est bien. La difficulté s'adapte. On voit pas souvent ça dans les jeux. » — Participant K3.

Les participants semblent s'amuser aussi avec le jeu Prévention routière et *Joy Ride* (le GSR augmente), sans être nerveux (la Respiration baisse). À la session du jeu *Child of Eden*, il semble que les participants éprouvaient très peu d'émotions, étant donné le GSR très bas et le BVP et la Respiration très faibles.

b. **Catégorie Résultat**

La Figure 19 présente les réactions physiologiques dans les pages de la catégorie Résultat. Cette catégorie se compose des pages suivantes :

- BB-10-RÉSULTAT-1 : le résultat du mini-jeu Objectif 10
- BB-ROUTE-RESULTAT : le résultat du mini-jeu Prévention routière
- CE-RESULTAT-GAGNER : le type de résultat du jeu *Child of Eden* quand le joueur gagne la partie.
- CE-RESULTAT-PERDRE : le type de résultat du jeu *Child of Eden* quand le joueur échoue la partie.

- JR-RESULTAT-PLACE : l'annonce de la place arrivée du joueur, apparue juste avant le résultat général.
- JR-RESULTAT-GENERAL : le résultat final avec les scores détaillés du jeu *Joy Ride*

Il est intéressant de constater que les joueurs du jeu *Child of Eden* avaient des valeurs de BVP très différentes selon le résultat « Gagner » (0.84372) et celui « Perdu » (0.45606). La page CE-RESULTAT-GAGNER a aussi la mesure de GSR plus élevée que celle à la page CE-RESULTAT-PERDRE. Par contre, la Respiration dans la page « Gagner » est plus faible que celle dans la page « Perdre ». Ce résultat suggère que les participants étaient plus excités (le BVP et le GSR plus élevés) et qu'ils étaient plus détendus (la faible respiration) en gagnant ce jeu, que lorsqu'ils échouaient. Ceci nous permet de voir l'engagement des participants pour ce jeu. D'ailleurs, ces émotions semblent assez naturelles, car ce jeu est difficile, il y a eu seulement 2-3/18 participants qui ont réussi à ce jeu.

Entre les pages JR-RESULTAT-PLACE et JR-RESULTAT-GENERAL, la Respiration et le BVP sont plus élevés dans la deuxième que dans la première. Le GSR, par contre, est moins élevé dans la deuxième. Nous rappelons que la première page est apparue immédiatement après l'arrivée de la voiture, indiquant le rang du joueur à l'arrivée. Alors que la deuxième page affiche le résultat final avec les scores de tous les pilotes de la course. De fait, les réactions physiologiques obtenues suggèrent que les participants étaient plus excités (le GSR et le BVP plus élevés) en regardant le résultat final avec leur score. Ils étaient par contre plus détendus, contents (la respiration faible) en voyant leur place à l'arrivée.

Concernant les mini-jeux du *Body and Brain*, les participants étaient plus excités (le GSR et le BVP plus élevés) de voir leur résultat dans le jeu Prévention routière que dans le jeu Objectif 10.

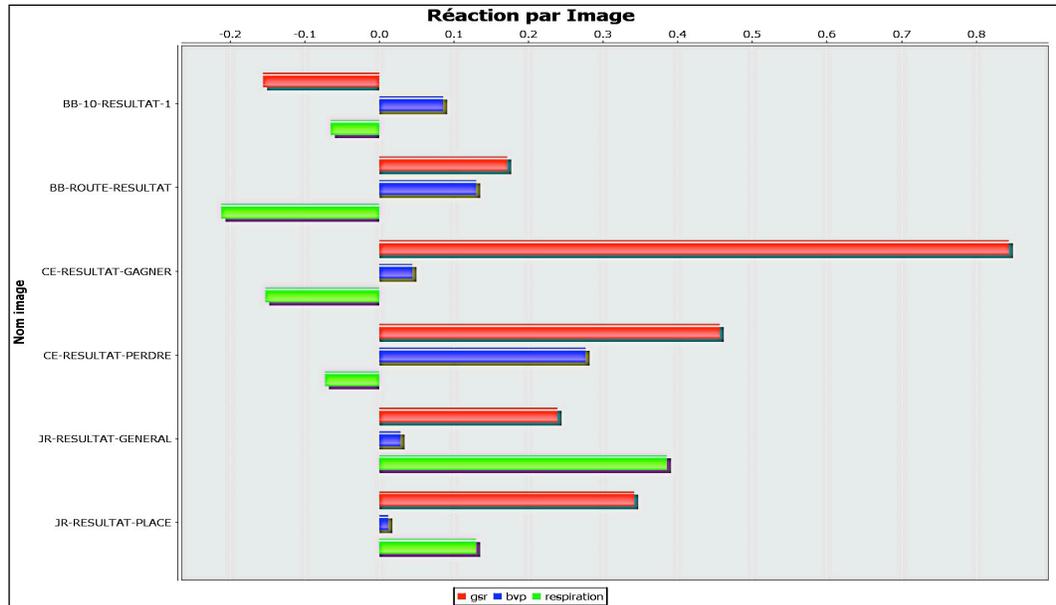


Figure 19 — Réactions physiologiques dans les pages. GSR-Rouge, BVP-bleu, Respiration-vert — Catégorie RÉSULTAT

3.1.2.2 Réactions physiologiques dans les groupes d'AOIs

Les données de réactions physiologiques dans les groupes d'AOIs sont présentées dans l'histogramme suivant :

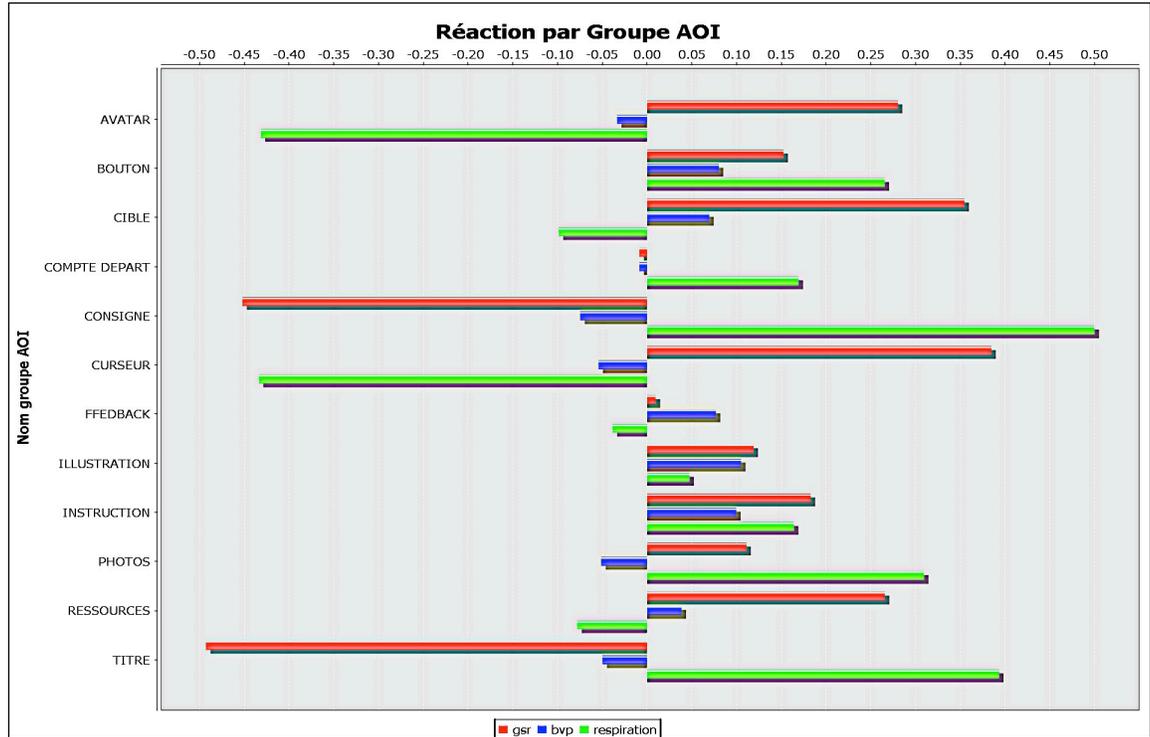


Figure 20 — Réactions physiologiques par groupes d'AOIs (GSR-Rouge, BVP-bleu, Respiration-vert)

Dans cette section, nous nous intéressons davantage aux données GSR que celles de la Respiration et du BVP, car le GSR varie presque momentanément avec l'état émotionnel de la personne, tandis que les changements du BVP et de la Respiration se réalisent sur une plus longue période. Par conséquent, les données du GSR seront beaucoup plus précises quand on veut mesurer les émotions du joueur dans les zones d'intérêt.

Nous constatons que dans les groupes Curseur, Cible, Avatar, et Ressources, les joueurs ont un niveau de GSR très élevé. Il s'agit des zones importantes dans les jeux : le curseur et l'avatar représentent le personnage du joueur, alors que les cibles sont les virus à détruire ou les chiffres à choisir, et les ressources sont la jauge de vie, le temps restant avant la fin du jeu. Selon Mandryk (2008), le niveau de GSR élevé dans ces groupes d'AOIs semble indiquer que les participants sont agités quand ils regardent ces zones d'intérêt.

En particulier dans les groupes Avatar et Curseur, les rythmes de respiration sont presque égaux et sont les plus faibles (valeur négative) par rapport à d'autres groupes. Il semble que les participants n'éprouvaient pas d'émotion en regardant leur personnage dans le jeu.

À propos du groupe Consigne, le GSR et le BVP sont très bas, la Respiration est par contre la plus élevée par rapport à d'autres groupes. Si l'on se réfère à la mesure oculaire de ce groupe, on voit que la taille des pupilles y est aussi très petite, alors que la durée de fixation liée au groupe est assez élevée. Cela suggère que les participants étaient attentifs en lisant les consignes du jeu, mais il n'y a pas beaucoup d'effort cognitif. Ils étaient très nerveux (le GSR et le BVP sont très bas) (Mandryk, 2008). Et comme la Respiration est très élevée, on pourrait dire qu'ils sont inquiets ou nerveux en lisant la consigne. Il s'agit de la même chose pour le groupe Titre, ayant le GSR et le BVP très faible et la Respiration très élevée.

Ces résultats correspondent à nos hypothèses selon lesquelles l'implication émotionnelle du joueur dans le jeu sera traduite par une augmentation du GSR, de la Respiration et une diminution du BVP, et aussi par une diminution du temps de fixation et une augmentation du diamètre des pupilles.

3.1.2.3 Réactions physiologiques dans les événements spéciaux

Dans cette section, nous présentons les réactions physiologiques dans les événements des 3 jeux *Joy Ride*, *Body and Brain* et *Child of Eden*, tels que codés avec *Observer XT* (voir Tableau 6). Nous nous intéressons davantage aux données de GSR que celles de la Respiration et du BVP, comme il s'agit d'événements qui se sont passés très rapidement dans le jeu. Les données de GSR seront plus précises dans ce cas.

Tableau 6 — Liste des événements spéciaux

<i>Child of Eden</i>	<i>Joy Ride</i>	<i>Body and Brain</i>
Frappe Être attaqué Tout détruire avec Euphoria (Obtenir) Bonus Euphoria Parfait – bien (félicitations) Obtenir bonus de vie	Accident-Erreur (mauvais sens) Gagner des sous Prendre la tête Réaliser un turbo Charger turbo	Voiture tombe (Prévention routière) Bon calcul, mais gestes faussés (Objectif 10) Temps écoulé (Objectif 10)

a. Joy Ride

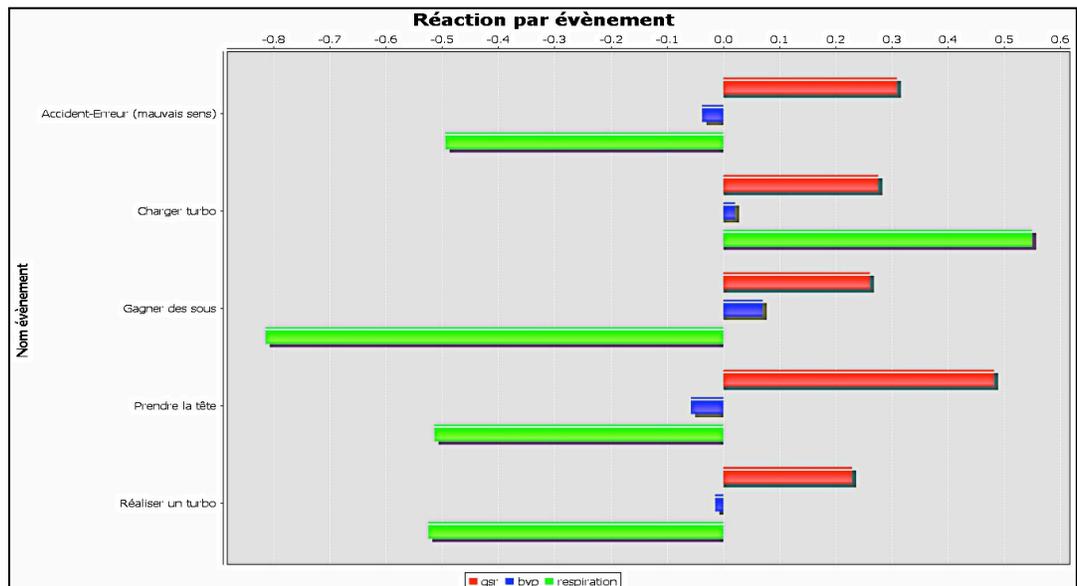


Figure 21— Réactions physiologiques dans les événements (GSR-Rouge, BVP-bleu, Respiration-vert) — *Joy Ride*

Dans ce jeu, nous nous intéressons aux actions de charger le turbo et de l'utiliser pour accélérer la voiture au bon moment. Il s'agit d'une action importante, car elle fait partie de la stratégie du joueur, reflétant sa volonté de gagner. De plus, le fait d'accélérer la voiture à un moment choisi montre également l'interaction (compétition) entre le joueur et ses adversaires virtuels dans la course. Dans la Figure 21, nous voyons qu'au moment de charger le turbo, le GSR et surtout la Respiration des participants étaient élevés. Cela montre que les participants étaient très excités et nerveux en chargeant le turbo pour préparer l'accélération. Ensuite, quand ils utilisaient le turbo, le rythme de respiration était cette fois très faible, le BVP aussi. Les participants semblaient donc contents en voyant la voiture accélérer.

À propos de « Prendre la tête », il s’agit à la fois de la rétroaction du jeu sur la place du joueur, et du message de félicitations. Nous constatons qu’à ce moment-là, le GSR des participants était le plus élevé par rapport à d’autres évènements, ce qui semble montrer qu’ils étaient très excités et satisfaits.

Concernant l’évènement « Accident-Erreur (mauvais sens) », il s’agit des moments où la voiture du joueur heurte les obstacles ou le mur de deux côtés de la course. Dans ces moments-là, souvent si le joueur contrôle bien la voiture, il reprend rapidement la route, mais parfois, par manque de contrôle, le joueur conduit la voiture dans le sens interdit. Dans les deux cas, nous voyons que le GSR était élevé, alors que le BVP était en baisse. Il est difficile d’identifier les émotions concrètes des participants dans ce cas. À ce moment là, ils éprouvaient sans doute une excitation en raison du niveau élevé du GSR et de la baisse du BVP. Comme l’évènement « Accident-Erreur » est lié au problème de contrôle, nous allons étudier davantage ce problème avec les réponses du questionnaire.

b. Body and Brain

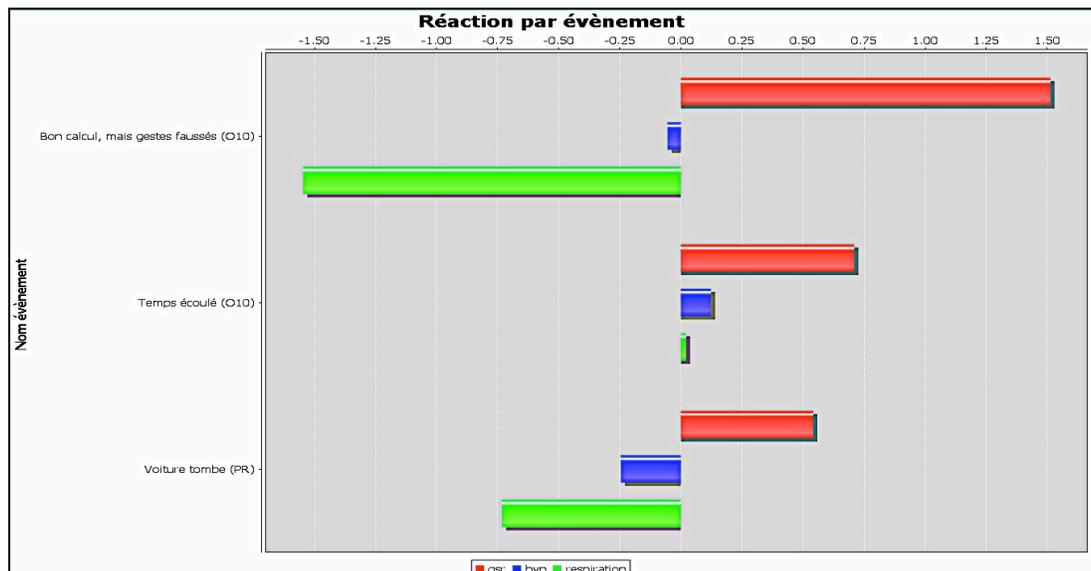


Figure 22 — Réactions physiologiques dans les évènements (GSR-Rouge, BVP-bleu, Respiration-vert) — *Body and Brain*

Les trois événements spéciaux dans le jeu Body and Brain (Figure 22) concernent les moments d’embarras où les participants font des erreurs ou courent contre la montre. Dans le premier cas, quand les participants ont fait un geste faussé qui a entraîné la mauvaise réponse au calcul (jeu Objectif 10) ou a fait tomber la voiture (jeu Prévention routière), leur rythme respiratoire était très faible, le BVP aussi. Par contre, le GSR était très élevé. Cela suggère que les participants étaient nerveux et déçus. Ensuite, quand le temps s’est écoulé, les participants étaient pressés, le GSR, la Respiration et le BVP ont augmenté en même temps. Cela suggère que les participants étaient très nerveux.

c. Child of Eden

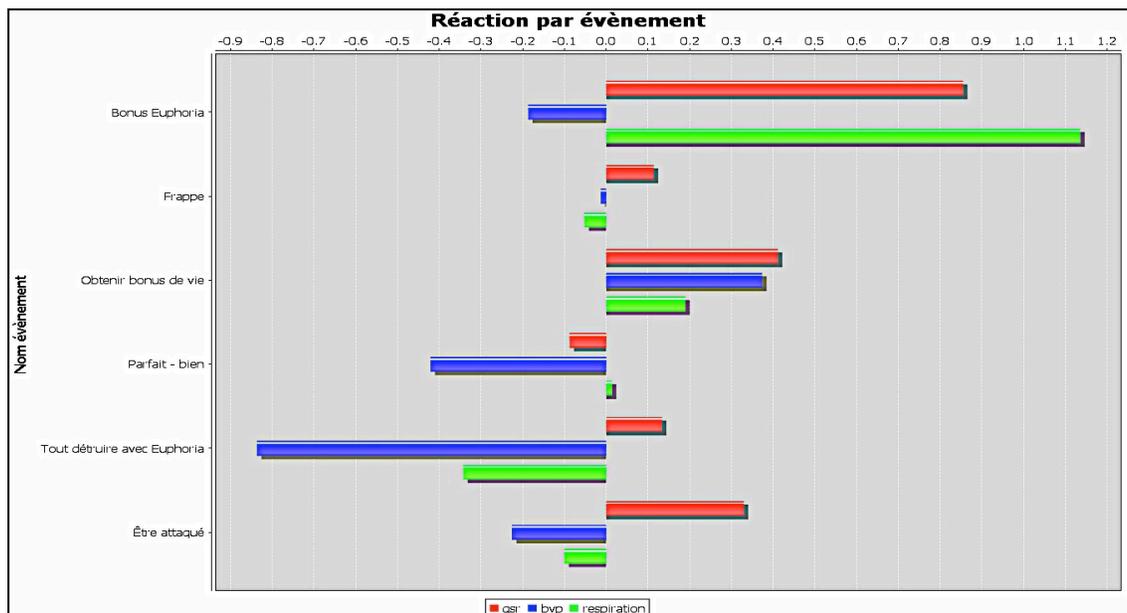


Figure 23 — Réactions physiologiques dans les événements (GSR-Rouge, BVP-bleu, Respiration-vert) — *Child of Eden*

Dans le jeu Child of Eden (Figure 23), nous nous intéressons aux moments où les participants reçoivent un bonus de vie ou d’Euphoria (une arme puissante), où ils attaquent les ennemis et sont attaqués, et où ils regardent un message de félicitation du jeu pour leur performance. Nous constatons que quand les participants obtenaient l’Euphoria et l’utilisaient pour détruire d’un coup toutes les cibles sur l’écran, le GSR était très élevé et le BVP très faible. Par rapport au moment de gagner l’Euphoria, les

participants, en gagnant un bonus de vie, étaient moins excités (le GSR et la Respiration moins élevés), mais ils étaient plus nerveux (le BVP plus élevé). Peut-être parce que pour les participants, l'Euphoria vaut mieux qu'une vie de plus?

En outre, nous constatons que les participants étaient moins nerveux (le GSR est plus élevé, le BVP est plus faible) quand ils ont attaqué les cibles que quand ils ont été attaqués. Enfin, les participants étaient sans doute contents en regardant le message de félicitations (Parfait-Bien) du jeu, comme le BVP y était assez faible.

3.1.2.4 Conclusion

À travers les analyses des réactions physiologiques des participants dans les pages, les groupes d'AOIs et dans les événements spéciaux, nous constatons que les participants semblent impliqués dans les jeux, en particulier dans la session Objectif 10 du jeu Body and Brain. Dans ce jeu, le GSR et la Respiration sont élevés (valeur positive), alors que le BVP est faible (valeur négative). Dans le jeu Child of Eden, les participants éprouvaient très peu d'émotions. En outre, vu le niveau du GSR très élevé et le BVP très faible dans les groupes d'AOIs (Curseur, Cible, Avatar et Ressources), et les événements spéciaux (Prendre la tête, Accident-Erreur, Euphoria, Parfait-Bien) il semble que les joueurs se sont identifiés à leur personnage et se sont situés par rapport aux éléments du jeu (les obstacles, les ennemis, les récompenses, les instructions, etc.). Enfin, nous constatons que les réactions du joueur au niveau du GSR et du BVP correspondent à notre hypothèse suivant laquelle le GSR et la Respiration augmentent et le BVP diminue en réponse à une excitation émotionnelle du joueur pendant le jeu.

Pourtant, il est difficile à ce stade de savoir si les joueurs étaient complètement présents dans le jeu. Il existe des facteurs qui influencent la Respiration et le BVP dans notre expérimentation. Comme il s'agit de jeux kinétiques, le joueur est toujours en mouvement, son rythme de respiration peut augmenter en fonction de l'intensité des mouvements. Le BVP pourrait être influencé aussi. Donc, il nous faut compléter les résultats physiologiques avec les réactions faciales et les données subjectives du questionnaire et de l'entrevue.

3.1.3 Réactions faciales

Dans cette partie, nous présentons les données des réactions faciales obtenues par l'expérimentation. Les émotions retenues sont : Neutre, Joie, Triste, Colère, Surprise, Peur et Dégoût. Comme notre logiciel d'analyse des émotions faciales utilise ces termes en anglais, les histogrammes produits par ce logiciel contiennent les termes Neutral, Happy, Sad, Angry, Surprised, Scared, Disgusted, qui correspondent respectivement aux émotions ci-dessus.

Nous examinerons les données des émotions faciales selon les pages et les groupes d'AOIs. Les pages et les groupes d'AOIs sont les mêmes que nous avons présentés dans la partie précédente. (Voir Tableau 4, Tableau 5).

3.1.3.1 Dans les pages

Nous allons présenter les réactions faciales dans les pages des catégories Jeu et Résultat.

a. Catégorie Jeu

Cette catégorie constitue des pages couvrant la session de jeu. Les données de la mesure des émotions faciales sont présentées dans la Figure 24.

Nous constatons que dans tous les jeux, c'est l'émotion Colère (Angry) qui prime. Ce qui semble signifier que les participants étaient excités en jouant, en particulier, le jeu Prévention routière de *Body and Brain*, et le jeu *Child of Eden*. La Joie est aussi élevée dans la session avec 3 cibles (BB-10-JEU-3) de *Body and Brain*. Cette réaction faciale correspond aussi aux réactions physiologiques dans cette page. (Voir 3.1.2.1 - a). Cette correspondance entre deux réactions indique sans doute que les participants avaient davantage de plaisir en jouant à un niveau de défi n'étant pas encore trop élevé. La joie diminue relativement dans le jeu avec 5 cibles (BB-10-JEU-5).

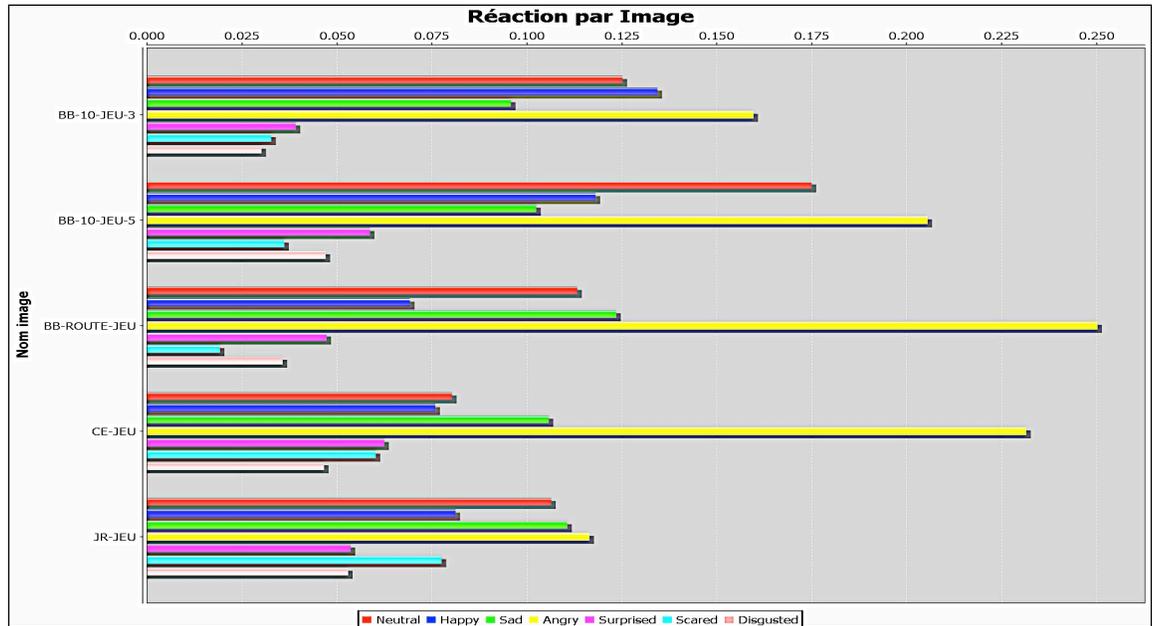


Figure 24 — Réactions faciales dans les pages de la catégorie JEU

b. Catégorie Résultat

La Figure 25 représente les réactions faciales dans les pages de la catégorie Résultat. Nous voyons que dans tous les jeux, c'est la Joie qui l'emporte sur les autres émotions. Cela semble montrer que les participants étaient très contents de voir leur score et leur performance dans le jeu.

Dans la page CE-RESULTAT-GAGNER, les émotions Surprise et Peur sont les plus élevées par rapport à d'autres émotions. À notre avis, il est normal que les participants soient surpris en gagnant ce jeu. Car, ce jeu est un nouveau concept d'un jeu de tir, il est tellement difficile qu'il n'y a eu que 2, 3 participants sortant vainqueurs.

Dans la page BB-10-RESULTAT-1, l'émotion « Colère » l'emporte sur les autres émotions. Il est à signaler que ce mini-jeu est noté A, B, C en fonction du score obtenu. Malgré un mécanisme de jeu très simple, très peu de participants ont pu obtenir un A. Ce résultat serait dû à la durée de jeu très courte et au temps limité de la séance de test.

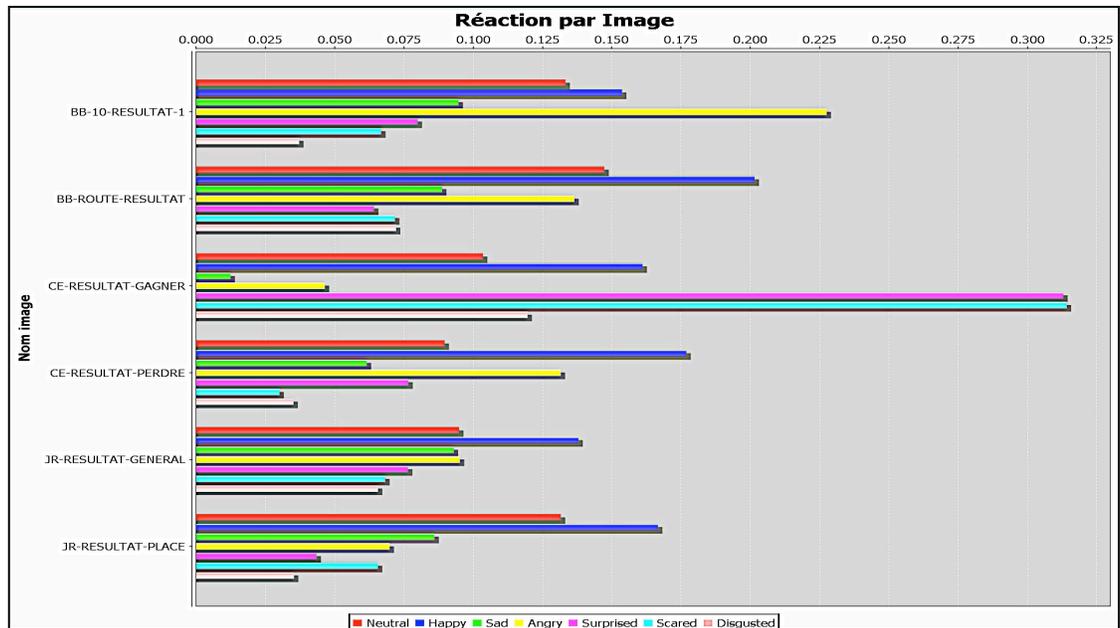


Figure 25 — Réactions faciales dans les pages de la catégorie RÉSULTAT

3.1.3.2 Dans les groupes d’AOIs

Les données des réactions faciales dans les groupes d’AOIs sont affichées dans la Figure 26.

L’émotion principale dans les groupes d’AOIs est la Colère. Les groupes d’AOIs qui ont l’émotion « Colère » la plus élevée sont : Curseur, Instruction, Illustration, Ressources et Cible. Cela suggère que les participants étaient attentifs dans tous les jeux, en particulier quand ils regardaient les éléments cruciaux comme les instructions du jeu et leur illustration, les cibles, les ressources

La deuxième émotion importante est la Joie. Nous constatons que dans les groupes Bouton, Cible, Rétroaction, Compte Départ, et Photos, la Joie prend la deuxième position après la Colère. En particulier, dans le groupe Rétroaction, la Joie est l’émotion la plus élevée. Ce résultat suggère que les rétroactions du jeu qui étaient souvent les messages de félicitations ont attiré l’attention des joueurs et étaient très appréciées.

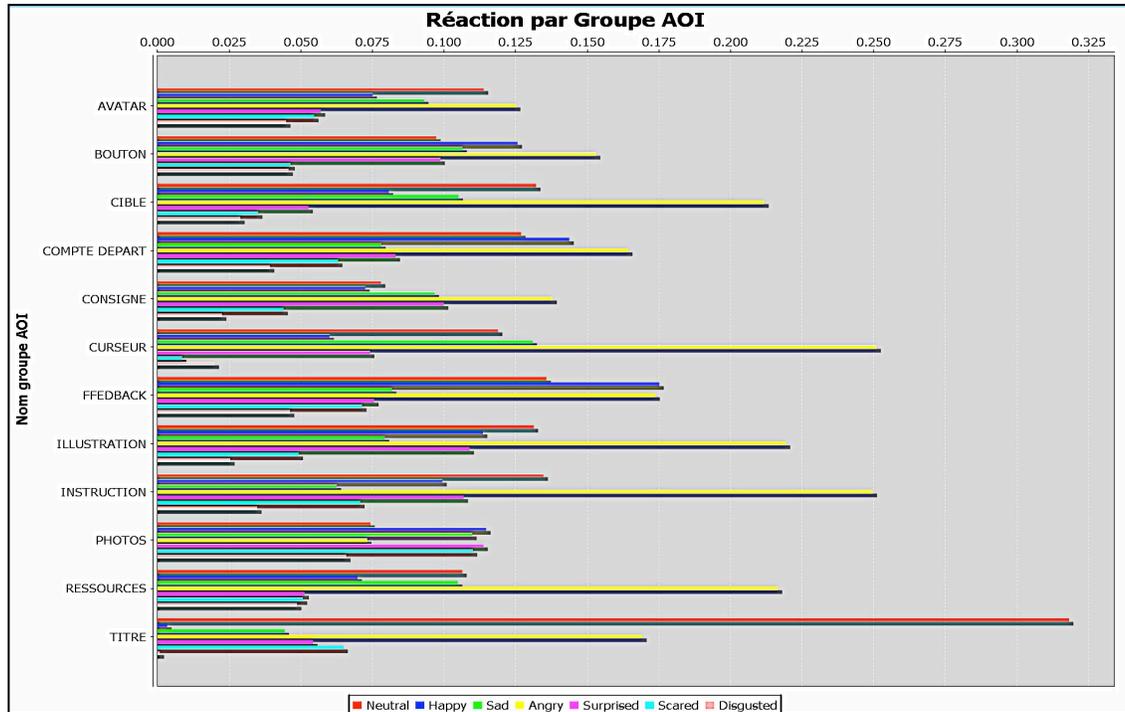


Figure 26 — Réactions faciales dans les groupes d’AOIs

3.1.3.3 Réactions faciales dans les événements spéciaux

Nous allons étudier dans cette section les émotions des participants dans les événements spéciaux (voir Tableau 6) à travers leurs expressions du visage. Ces événements qui étaient notés avec le logiciel ObserverXT seront examinés dans chaque jeu.

a. Joy Ride

Il est intéressant de voir dans les événements que nous supposons très amusants et relaxants, comme « Gagner des sous » et « Prendre la tête », que les émotions éprouvées sont la Colère et la Tristesse. (Voir Figure 27). Cela s’expliquerait par le fait qu’au moment où les joueurs ont aperçu les sous d’or qui apparaissaient souvent au tournant de la route, ils ont dû se concentrer pour bien conduire la voiture. L’état de concentration a affecté sans doute leur expression faciale. Ce serait pareil pour le cas « prendre la tête », car ce message apparaît seulement et très rapidement quand le joueur doit conduire de son mieux pour doubler son plus fort adversaire.

Dans les autres évènements, les émotions qui priment sont toujours la Tristesse et la Colère, car il s’agit des moments où les participants doivent se concentrer au maximum, par exemple, le chargement du turbo, l’accélération de la voiture, ou l’accident.

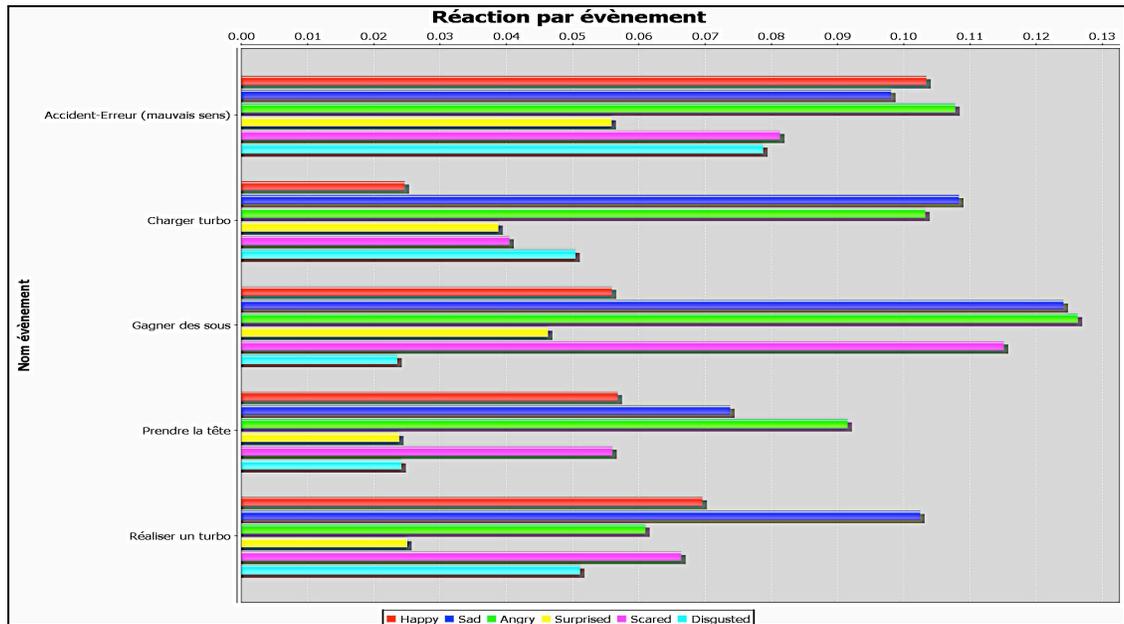


Figure 27 — Réactions faciales dans les évènements - *Joy Ride*

b. Body and Brain

Dans la Figure 28, concernant le mini-jeu Objectif 10, dans les évènements supposés stressants comme faire un geste faussé ou « temps écoulé », l’émotion faciale qui prime est la Joie. Nous pensons que cette émotion est due au fait que la rétroaction aux erreurs du joueur (un geste faussé ou le temps écoulé) dans ce jeu est très amusante. Si le joueur ne fait pas un bon choix, il est frappé par un gant de boxe.

Dans le mini-jeu Prévention routière, il est normal que les participants soient fâchés en voyant la voiture tomber.

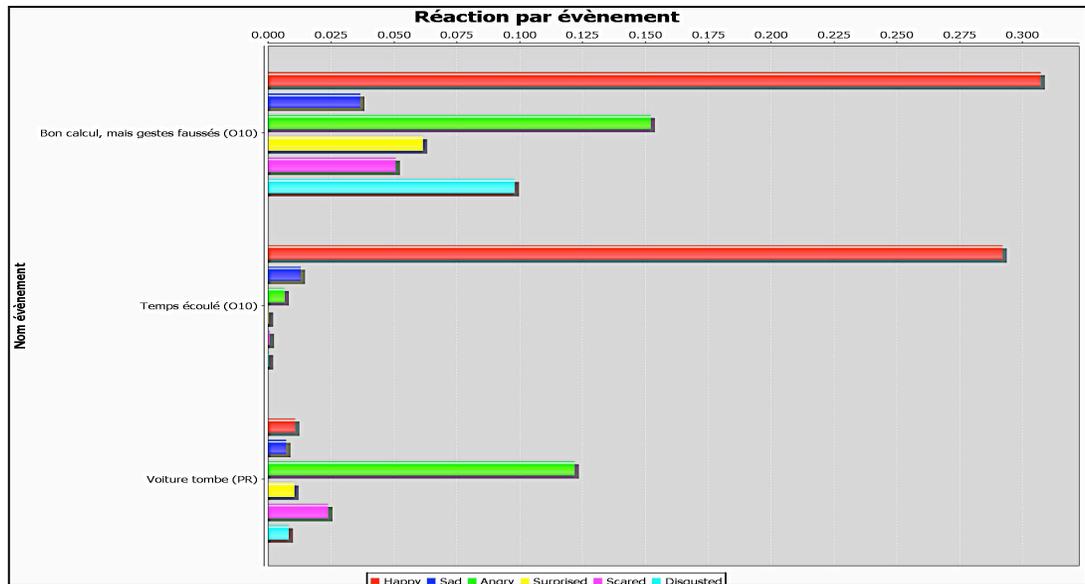


Figure 28 — Réactions faciales dans les événements — *Body and Brain*

c. Child of Eden

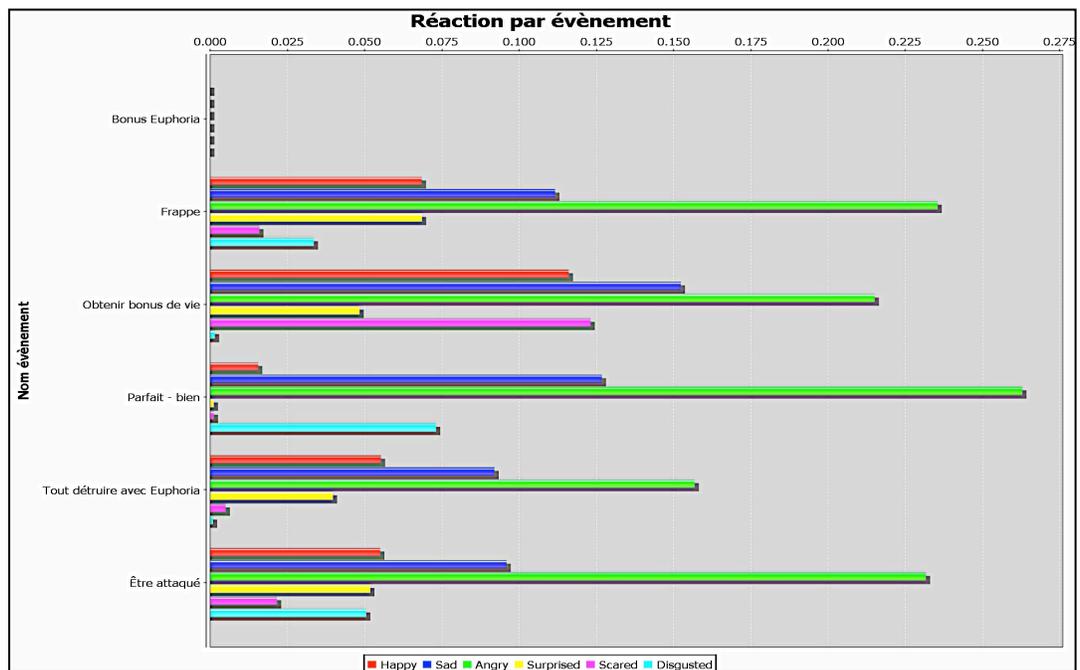


Figure 29 — Réactions faciales dans les événements — *Child of Eden*

Dans ces événements du jeu *Child of Eden*, il est normal que les émotions importantes soient la Tristesse et la Colère, car il s'agit des événements où les

participants sont en pleine action (attaquer, être attaqué, détruire avec l'Euphoria, etc.). De plus, la plupart des participants trouvent que ce jeu présente trop d'informations, visuelles et sonores, en même temps :

« Le premier (Child of Eden), visuellement, je trouve ça vraiment agressant. Il y a beaucoup beaucoup d'informations visuelles, tout le temps à traiter. C'est super beau en terme de visuel, sauf que quand tu essaies de te concentrer sur les cibles, cette espèce de décors qui sont perpétuellement en train de changer t'empêche d'avancer. » — Participant K2.

« Dans le jeu Eden, il y a un super vidéo au début. Donc, on s'attend à une superbe qualité de jeu. Et on se retrouve dans un jeu qui est de qualité graphique très mauvaise, avec une interaction avec le jeu qui est sans intérêt. Il y a des couleurs partout, des formes partout, on ne comprend pas vraiment qu'est-ce qui se passe, qu'est-ce qu'on doit faire réellement. » — Participant K7.

Par contre, quand ils obtiennent un bonus de vie, la Joie est aussi assez élevée. Malheureusement, comme nous avons perdu les données quand les participants obtiennent l'Euphoria, par des raisons techniques, nous ne pouvons pas comparer l'émotion des participants entre cet évènement et celui du bonus de vie.

3.1.4 Conclusion

Nous venons de présenter les données physiologiques et oculaires et les réactions faciales dans les pages, dans les groupes d'AOIs et dans les évènements spéciaux. Le résultat obtenu de la durée de fixation et de la grandeur des pupilles montre que les participants ont regardé longtemps les éléments importants dans le jeu, comme les didacticiels, les guides d'accélérer la voiture, de battre les ennemis, etc. Il semble qu'ils y ont mis beaucoup d'efforts pour interpréter les messages. Les données physiologiques et les réactions faciales semblent montrer que les participants éprouvent des émotions intenses pendant les sessions de jeu et au moment où le résultat du jeu s'affiche.

En nous basant sur les niveaux du sentiment de présence selon Brown et Cairns (2004), les résultats obtenus suggèrent que les participants ont atteint le premier niveau de la présence : « être engagé » dans le jeu.

De plus, le fait que les participants aient adopté des stratégies pour gagner le jeu (utiliser le turbo, l'euphoria, freiner, etc.) (voir 3.1.2.3 Réactions physiologiques dans les événements spéciaux) et qu'ils soient excités en voyant les messages de félicitations, ou en faisant des erreurs dans le jeu permettrait de dire que les participants se sont identifiés à leur personnage et à l'environnement du jeu. Selon Witmer et Singer (1998), quand la personne a établi une identité dans l'environnement virtuel, on peut en conclure que le sentiment de présence existe. En outre, nous pouvons constater que les joueurs exprimaient une préférence pour le jeu Body and Brain. Cela se traduit d'un côté par l'augmentation du GSR et de la Respiration, et la diminution du BVP dans la session de jeu Objectif 10. (Voir 3.1.2.1— a. Catégorie Jeu), et de l'autre côté, par le niveau très élevé de la Joie parmi les réactions faciales dans ce jeu.

Pourtant, ces constats restent à confronter aux réponses subjectives des participants.

3.2 Corrélations entre les réactions physiologiques et oculaires avec le questionnaire d'évaluation des jeux.

Cette partie est consacrée à l'analyse de la liaison entre les réactions physiologiques et oculaires avec les réponses subjectives des participants recueillies par le questionnaire d'immersion. L'analyse de la corrélation nous permet de répondre à la question de recherche et aux hypothèses concernant l'utilisation des mesures physiologiques et oculaires dans l'évaluation d'un jeu Kinect. Notre question de recherche est :

Est-ce que les réactions physiologiques et/ou oculaires permettent de mesurer la qualité de l'immersion d'un jeu vidéo à interface gestuelle?

L'hypothèse de recherche est que le résultat positif au test d'immersion vont être corrélé à :

- Une augmentation du GSR et de la Respiration (Mandryk et al., 2006; Masaoka & Homma, 1997)
- Une diminution du BVP (Mandryk, 2008)

- Une diminution du Temps de fixation et une augmentation de la grandeur des pupilles. (Jennett, C. et al., 2008; Partala & Surakka, 2003)

L'analyse est faite selon les 5 paramètres du questionnaire (Immersion, Compétences, Concentration, Contrôle et Niveau de défi) et se déroule en deux étapes :

- Vérifier le choix de regroupement des questions. Nous examinons la corrélation entre les réponses aux questions choisies et le paramètre global dont ces questions font partie. Une question est éliminée dans les analyses postérieures s'il n'existe pas de signification entre celle-ci et le paramètre global.
- Examiner la corrélation entre le paramètre global et les réactions physiologiques et oculaires et éliminer les questions qui ne sont pas suffisamment corrélées.
- Examiner la corrélation entre chacune des questions du paramètre global et les réactions physiologiques et oculaires.

Les données du questionnaire ne sont pas présentées et discutées question par question, mais sont regroupées et analysées selon deux volets correspondants à nos questions de recherche :

- Les jeux.
- Les types de participants (joueur intensif et joueur occasionnel)

Dans le cas des questions 1, 2, 9, 13, 15, 19, comme la question est posée dans le sens opposé aux autres questions, nous avons inversé la valeur numérique des réponses afin de faciliter l'analyse et la visualisation des résultats. Nous appelons ces questions inversées Q1Positif, Q2 Positif, Q9Positif, Q13 Positif, Q15 Positif, Q19 Positif.

3.2.1 Immersion

3.2.1.1 Corrélation des questions avec le thème Immersion et questions éliminées.

Le Tableau 7 présente les questions du paramètre Immersion et leur valeur moyenne.

Tableau 7 — Liste des questions du paramètre Immersion

Q3	J'ai perdu la notion du temps en jouant.
Q4	Je me suis senti plus intégré dans le monde du jeu que dans la vie réelle.
Q5	J'étais parfois tellement impliqué que j'oubliais que j'étais en train d'interagir avec un jeu.
Q6	J'ai aimé les graphiques et les effets spéciaux dans le jeu.
Q7	J'ai voulu rejouer la partie malgré les échecs.
Q8	Je me sens satisfait quand je vois que le jeu progresse.
Q9	Gagner ou perdre la partie du jeu ne m'intéressait pas. J'étais peu intéressé par l'issue de la partie (gagner ou perdre).
Q10	À la fin de la séance, j'ai regretté de ne pas pouvoir continuer le jeu.
Q18	Parfois, j'étais tellement impliqué que j'ai oublié que je contrôlais un avatar dans un jeu.
Q21	J'aimerais rejouer à ce jeu.

Vu le Tableau 8, toutes les questions sélectionnées sont corrélées ($p < 0.05$) avec le paramètre Immersion. Ainsi, notre choix des questions pour le paramètre Immersion est validé.

Tableau 8 — Corrélation des questions avec le paramètre Immersion

		Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9 Positif	Q10	Q18	Q21
IMMERSION	Corrélation de Pearson	.733**	.699**	.706**	.596**	.819**	.766**	.333*	.799**	.710**	.722**
	Sig. (bilatérale)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.017	.000	.000	.000
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

3.2.1.2 Comparaison du paramètre Immersion avec mesures des réactions

Une fois que le paramètre Immersion est validé, nous commençons à comparer ce paramètre avec les réactions physiologiques et oculaires. L'analyse est présentée dans le Tableau 9:

Tableau 9 — Corrélation du paramètre Immersion avec les réactions physiologiques et oculaires

		FIXATION DURATION mean	GSR _mean	BVP _mean	PUPIL _mean	RESP _mean
IMMERSION	Corrélation de Pearson	-.132	.068	.101	-.209	.239
	Sig. (bilatérale)	.357	.637	.480	.140	.091
	N	51	51	51	51	51

Le Tableau 9 ne montre aucune corrélation entre les variables ($p > 0.05$) et le paramètre Immersion global. Il semble que les questions du paramètre Immersion ne sont pas toutes corrélées avec les réactions physiologiques et oculaires. Nous comparons ensuite les réactions physiologiques et oculaires avec chaque question composante du paramètre Immersion.

3.2.1.3 Comparaison par questions

Le Tableau 10 présente le résultat du test de corrélation entre les différentes questions du paramètre Immersion et les réactions physiologiques et oculaires.

Tableau 10 — Corrélation des questions du paramètre Immersion avec les réactions physiologiques et oculaires

		Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9Positif	Q10	Q18	Q21
FIXATION DURATION _mean	Corrélation de Pearson	-.035	-.160	-.138	-.218	.043	-.086	.017	-.187	-.120	-.050
	Sig. (bilatérale)	.810	.263	.333	.124	.767	.548	.908	.189	.402	.726
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
GSR _mean	Corrélation de Pearson	.038	.001	.153	-.004	-.032	-.045	.043	.214	.053	.030
	Sig. (bilatérale)	.792	.997	.284	.977	.826	.756	.763	.132	.710	.836
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
BVP _mean	Corrélation de Pearson	.099	-.005	.054	.008	.179	.152	-.177	.129	.182	.082
	Sig. (bilatérale)	.490	.972	.704	.955	.209	.287	.215	.366	.202	.565
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
PUPIL _mean	Corrélation de Pearson	-.007	-.217	-.254	-.125	-.114	-.072	-.287*	-.182	-.147	-.034
	Sig. (bilatérale)	.962	.126	.072	.383	.426	.614	.041	.201	.305	.815
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
RESP _mean	Corrélation de Pearson	.082	.123	.149	.380**	.210	.133	.181	.076	.137	.177
	Sig. (bilatérale)	.568	.389	.297	.006	.139	.353	.205	.597	.338	.214
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).											
* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).											

Nous constatons des corrélations entre :

- La question 6 et la respiration ($r = 0.380$, $n = 51$, $p = 0.006$)
- La question 9 (Positif) et le diamètre des pupilles ($r = -0.287$, $n = 51$, $p = 0.041$)

Le résultat nous montre qu'une corrélation positive existe entre la question 6 et la Respiration. Plus la valeur de la réponse à la question 6 est élevée, plus la Respiration augmente. Ceci suggère que plus le joueur aime les graphiques et les effets spéciaux dans le jeu, plus sa respiration augmente. Comme nous l'avons montré dans la partie Cadre théorique, les graphiques et les effets spéciaux jouent un rôle important dans la création de la présence physique du joueur. Cette forte corrélation nous permettrait de mesurer la qualité des stimuli visuels et sonores du jeu à partir des données objectives.

Le lien entre la question 9 et le diamètre des pupilles est négatif. Il semble que plus le jeu est important pour le joueur, plus ses pupilles se contractent. La question 9 reflète en quelque sorte d'une part la qualité immersive du jeu parce que le joueur ne tient qu'à gagner un jeu qui lui plaît, qui a pour lui un sens et d'autre part le sentiment de présence du joueur parce que pour gagner le jeu, le joueur doit y porter toute son attention, mobiliser au maximum ses compétences, bien maîtriser l'interface de contrôle, etc. Cette corrélation sera sans doute un indice important pour l'évaluation du jeu vidéo.

3.2.2 Compétences

3.2.2.1 Corrélation des questions avec le thème et questions éliminées.

Les questions du paramètre Compétences sont affichées dans le Tableau 11:

Tableau 11 — Liste des questions du paramètre Compétences

Q12	Je tente de jouer le mieux possible pour gagner le jeu.
Q16	Je pense avoir fait des progrès à la fin de la séance par rapport au commencement.
Q17	Plus j'ai progressé dans le jeu, plus j'ai obtenu des récompenses intéressantes (EX : nombre de fans, bonus, nouvelles armes, nouvelles capacités, des médailles, etc.).
Q20	J'ai bien réussi dans le jeu.

Au Tableau 12, la corrélation avec le paramètre Compétences est significative ($p = .000$) pour toutes les questions sélectionnées. Ainsi, notre choix des questions pour le paramètre Compétences est validé.

Tableau 12 — Corrélation des questions avec le paramètre Compétences

		Q12	Q16	Q17	Q20
COMPÉTENCES	Corrélation de Pearson	.759**	.794**	.603**	.717**
	Sig. (bilatérale)	.000	.000	.000	.000
	N	51	51	51	51

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

3.2.2.2 Comparaison du paramètre global avec mesures des réactions

Le résultat du test de corrélation du paramètre Compétences avec les réactions physiologiques et oculaires ne montre aucune corrélation entre les variables ($p > 0.05$). Nous comparons ensuite les réactions physiologiques et oculaires avec les questions composantes du paramètre Compétences.

3.2.2.3 Comparaison par questions

Au niveau des questions composantes, nous remarquons dans le Tableau 13 des liaisons entre :

- La question 16 et le BVP ($r=0.327$, $n=51$, $p=0.019$)
- La question 17 et la Respiration ($r=0.326$, $n=51$, $p=0.02$)
- La question 20 et le GSR ($r=-0.396$, $n=51$, $p=0.004$)

Tableau 13 — Corrélation des questions Compétences avec des réactions physiologiques et oculaires

		Q12	Q16	Q17	Q20
FIXATION DURATION_mean	Corrélation de Pearson	-.088	.033	-.218	-.064
	Sig. (bilatérale)	.540	.819	.125	.657
	N	51	51	51	51
GSR_mean	Corrélation de Pearson	-.064	-.068	-.080	-.396**
	Sig. (bilatérale)	.655	.634	.577	.004
	N	51	51	51	51
BVP_mean	Corrélation de Pearson	-.011	.327*	.163	.051
	Sig. (bilatérale)	.940	.019	.254	.720
	N	51	51	51	51
PUPIL_mean	Corrélation de Pearson	-.060	.151	.194	-.048
	Sig. (bilatérale)	.675	.290	.173	.740
	N	51	51	51	51
RESP_mean	Corrélation de Pearson	.001	.012	.326*	.092
	Sig. (bilatérale)	.993	.934	.020	.522
	N	51	51	51	51
** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).					
* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).					

Par le biais des questions 16 et 17, nous essayons de vérifier d'une part le sentiment qu'a le participant d'avoir acquis des compétences après avoir joué trois fois et le sentiment qu'a le joueur que ses compétences sont valorisées dans le jeu par des récompenses. Les questions 16 et 17 sont corrélées positivement avec le BVP et la Respiration. À la question 17, la valeur des réponses devrait augmenter avec le niveau de compétences du joueur, car le joueur qui ne s'avance pas dans le jeu ne peut pas recevoir de récompenses, lors que celui qui va loin dans le jeu obtiendra des récompenses de plus en plus intéressantes. Bref, compte tenu de la corrélation positive des questions 16, 17 avec le BVP et la Respiration, il semble que le BVP et le rythme respiratoire augmentent proportionnellement avec le sentiment qu'a le joueur quand il obtient des récompenses.

La question 20 permet de savoir si le participant, après avoir joué trois fois, a pu gagner le jeu. La corrélation négative de cette question avec le GSR nous suggère que le joueur qui dit avoir l'impression de ne pas avoir réussi avait un GSR élevé, ce qui suggère également qu'il a fait beaucoup d'efforts pour réussir.

Le fait que le rythme de respiration semble augmenter en lien avec la question sur la rétroaction (question 17) est sans doute lié au fait que les graphiques et les effets spéciaux dans le jeu sont liés aux rétroactions, ce qui correspond à notre hypothèse.

3.2.3 Concentration

3.2.3.1 Corrélation des questions avec le thème et questions éliminées.

Les questions du paramètre Concentration sont affichées dans le tableau suivant :

Tableau 14 — Liste des questions du paramètre Concentration

Q1	Pendant le jeu, j'étais distrait par l'environnement autour de moi.
Q2	Parfois je voulais arrêter le jeu pour voir ce qui se passe autour de moi.

Le Tableau 15 ci-dessous montre que les questions sur la Concentration sont corrélées avec le paramètre principal ($p=.000$). Ainsi, notre choix des questions pour le paramètre Concentration est validé.

Tableau 15— Corrélation des questions avec le paramètre Concentration

		Q1Positif	Q2Positif
CONCENTRATION	Corrélation de Pearson	.921**	.873**
	Sig. (bilatérale)	.000	.000
	N	51	51

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

3.2.3.2 Comparaison du paramètre Concentration avec les mesures des réactions

Le Tableau 16 présente le résultat du test de corrélation du paramètre Concentration avec les réactions physiologiques et oculaires. On constate une corrélation entre la concentration et le BVP ($r = -0.313$, $n = 51$, $p = 0.025$). Cette corrélation est négative. Ainsi, il semble que plus le joueur se concentre au jeu, plus son BVP se diminue, ce qui correspond à notre hypothèse.

Il n'y a pas de corrélation entre la concentration et d'autres indicateurs physiologiques.

Tableau 16 — Corrélation du paramètre Concentration avec les réactions physiologiques et oculaires

		FIXATION DURATION mean	GSR mean	BVP mean	PUPIL mean	RESP mean
CONCENTRATION	Corrélation de Pearson	-.100	-.119	-.313*	-.232	.029
	Sig. (bilatérale)	.484	.405	.025	.101	.839
	N	51	51	51	51	51

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).
* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

Si l'on compare les réactions physiologiques et oculaires avec les questions du paramètre Concentration, on pourra noter que la corrélation "Concentration-BVP" est due surtout à la valeur de la question 1 « *Pendant le jeu, j'étais distrait par l'environnement autour de moi.* » (Voir Tableau 17).

En fait, nous nous intéressons plutôt aux réactions physiologiques et oculaires issues des réponses à la question 1 qu'à la question 2. En effet, la question 1 reflète le niveau général de concentration du joueur, alors que la question 2 « *Parfois je voulais arrêter le jeu pour voir ce qui se passe autour de moi.* » nous sert plutôt à vérifier s'il y a des moments de distraction extrême où le joueur sort complètement du jeu.

Tableau 17 — Corrélation des questions Concentration avec les réactions physiologiques et oculaires

		Q1Positif	Q2Positif
FIXATION DURATION_mean	Corrélation de Pearson	-.120	-.052
	Sig. (bilatérale)	.400	.714
	N	51	51
GSR_mean	Corrélation de Pearson	-.130	-.078
	Sig. (bilatérale)	.362	.585
	N	51	51
BVP_mean	Corrélation de Pearson	-.351*	-.196
	Sig. (bilatérale)	.012	.169
	N	51	51
PUPIL_mean	Corrélation de Pearson	-.172	-.254
	Sig. (bilatérale)	.226	.072
	N	51	51
RESP_mean	Corrélation de Pearson	.067	-.024
	Sig. (bilatérale)	.642	.865
	N	51	51
*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).			

Le fait que plus le BVP diminue plus le joueur se concentre sur le jeu valide notre hypothèse.

3.2.4 Niveau de Défi

3.2.4.1 Corrélation des questions avec le thème et questions éliminées.

Les questions du paramètre Niveau de défi sont affichées dans le tableau suivant :

Tableau 18 — Liste des questions du paramètre Niveau de défi

Q11	Le niveau du défi du jeu correspondait à mes compétences de joueur.
Q13	Parfois, j'ai voulu abandonner le jeu à cause du niveau de difficulté trop élevé.
Q14	Les actions à accomplir étaient de plus en plus difficiles au fur et à mesure que je progressais dans le jeu.
Q15	Le jeu était facile à réussir.

Le résultat de l'analyse est présenté dans le Tableau 19. Nous remarquons que les questions 11, et 14 sont corrélées positivement ($p=.000$), de même que la question 13Positif ($p=0.003$) avec le paramètre global Niveau de Défi.

Cependant, pour la question Q15Positif, la corrélation avec le paramètre global n'est pas significative ($p=0.152$). Nous enlèverons donc la question Q15Positif du paramètre Niveau de défi.

Tableau 19 — Corrélation des questions avec le paramètre « Niveau de défi »

		Q11	Q13Positif	Q14	Q15Positif
DÉFI	Corrélation de Pearson	.579**	.410**	.609**	.203
	Sig. (bilatérale)	.000	.003	.000	.152
	N	51	51	51	51
**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).					

3.2.4.2 Comparaison du paramètre global avec mesures des réactions

Le Tableau 20 présente le résultat du test de corrélation du paramètre Niveau de défi avec les réactions physiologiques et oculaires. Le résultat semble montrer que le paramètre Niveau de défi est lié au variable Respiration ($r = 0.292$, $n = 51$, $p = 0.037$). La corrélation est positive, ce qui signifie que plus le jeu offre un niveau de difficulté adapté aux compétences du joueur, plus son rythme de respiration est élevé.

Tableau 20 — Corrélation du paramètre « Niveau de défi » avec les réactions physiologiques et oculaires

		DÉFI sans Q15
FIXATION DURATION_mean	Corrélation de Pearson	0.002
	Sig. (bilatérale)	0.991
	N	51
GSR_mean	Corrélation de Pearson	-0.072
	Sig. (bilatérale)	0.614
	N	51
BVP_mean	Corrélation de Pearson	0.026
	Sig. (bilatérale)	0.859
	N	51
PUPIL_mean	Corrélation de Pearson	-0.188
	Sig. (bilatérale)	0.187
	N	51
RESP_mean	Corrélation de Pearson	.292*
	Sig. (bilatérale)	0.037
	N	51
**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).		
*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).		

3.2.4.3 Comparaison par questions

Au niveau des questions du paramètre Niveau de défi, vu le Tableau 21, nous constatons qu'une corrélation positive existe entre la question 14 et la respiration ($r = 0.300$, $n = 51$, $p = 0.032$). Nous rappelons la question 14 : « *Les actions à accomplir*

étaient de plus en plus difficiles au fur et à mesure que je progressais dans le jeu. ». Cette question aborde l'élément le plus important du Flux selon Csikszentmihalyi (1990) : l'activité n'est ni trop facile ni trop difficile, elle constitue un défi motivant.

La corrélation positive entre la question 14 et la Respiration nous permettrait de conclure que plus le niveau de difficulté du jeu est adapté et motivant, plus le rythme respiratoire du joueur augmente.

Tableau 21 — Corrélation des questions « Niveau de défi » avec les réactions physiologiques et oculaires

		Q11	Q13Positif	Q14	Q15Positif
FIXATIONDURATION_mean	Corrélation de Pearson	-.058	.091	-.018	-.078
	Sig. (bilatérale)	.688	.524	.902	.587
	N	51	51	51	51
GSR_mean	Corrélation de Pearson	-.102	-.110	.045	.003
	Sig. (bilatérale)	.478	.443	.754	.981
	N	51	51	51	51
BVP_mean	Corrélation de Pearson	-.093	-.082	.175	-.067
	Sig. (bilatérale)	.515	.567	.220	.642
	N	51	51	51	51
PUPIL_mean	Corrélation de Pearson	-.184	-.241	.021	.170
	Sig. (bilatérale)	.197	.089	.881	.232
	N	51	51	51	51
RESP_mean	Corrélation de Pearson	.105	.114	.300*	.134
	Sig. (bilatérale)	.463	.424	.032	.349
	N	51	51	51	51

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

3.2.5 Contrôle

3.2.5.1 Corrélation des questions avec le thème et questions éliminées.

Le paramètre Contrôle se constitue des questions suivantes :

Tableau 22 — Liste des questions du paramètre Contrôle

Q4U	J'ai de la facilité à déplacer le « curseur » où je le souhaite
Q9U	La <i>Kinect</i> semble reconnaître facilement mes mouvements lors de la partie
Q10U	L'utilisation des mouvements pour ce jeu le rend plus intéressant à mes yeux

Le Tableau 23 présente le résultat de l'analyse. La corrélation de toutes les questions sélectionnées avec le paramètre global Contrôle est significative (p=.000). Ainsi, notre choix des questions pour le paramètre Contrôle est validé.

Tableau 23 — Corrélation des questions avec le paramètre Contrôle

		Q9U	Q10U	Q4U
CONTRÔLE	Corrélation de Pearson	,768**	,795**	,741**
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	,000
	N	51	51	51
** La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).				
* La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).				

3.2.5.2 Comparaison du paramètre global avec mesures des réactions

Le Tableau 24 présente le résultat de corrélation entre le paramètre Contrôle et les réactions physiologiques et oculaires. Nous constatons qu’il existe entre ce paramètre et la durée de fixation une corrélation positive ($r = 0.290$, $n = 51$, $p = 0.039$) et avec le diamètre des pupilles une corrélation négative ($r = -0.362$, $n = 51$, $p = 0.009$), ce qui signifie qu’une durée de fixation plus longue et une grandeur de la pupille plus faible seraient corrélées avec le sentiment de contrôle.

Tableau 24 — Corrélation du paramètre Contrôle avec les réactions physiologiques et oculaires

CONTRÔLE	FIXATION DURATION_mean	GSR_mean	BVP_mean	PUPIL_mean n	RESP_mean
Corrélation de Pearson	,290*	-,022	,251	-,362**	,001
Sig. (bilatérale)	,039	,878	,076	,009	,993
N	51	51	51	51	51
* La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).					
** La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).					

3.2.5.3 Comparaison par questions

Vu le Tableau 25, le résultat nous montre de fortes corrélations entre les trois questions sur la durée de fixation et le diamètre des pupilles :

- Q9U avec la durée de fixation (positive) ($r = 0.359$, $n = 51$, $p = 0.01$) et le diamètre des pupilles (négative) ($r = -0.341$, $n = 51$, $p = 0.014$).
- Q10U avec le diamètre des pupilles (négative) ($r = -0.333$, $n = 51$, $p = 0.017$)
- Q4U avec la durée de fixation (positive) ($r = 0.342$, $n = 51$, $p = 0.014$)

Tableau 25 — Corrélation des questions « Contrôle » avec les réactions physiologiques et oculaires

		Q9U	Q10U	Q4U
FIXATION DURATION_mean	Corrélation de Pearson	,359**	,019	,342*
	Sig. (bilatérale)	,010	,895	,014
	N	51	51	51
GSR_mean	Corrélation de Pearson	,045	,034	-,135
	Sig. (bilatérale)	,756	,815	,347
	N	51	51	51
BVP_mean	Corrélation de Pearson	,178	,267	,119
	Sig. (bilatérale)	,211	,059	,404
	N	51	51	51
PUPIL_mean	Corrélation de Pearson	-,341*	-,333*	-,156
	Sig. (bilatérale)	,014	,017	,273
	N	51	51	51
RESP_mean	Corrélation de Pearson	-,118	,150	-,068
	Sig. (bilatérale)	,411	,292	,634
	N	51	51	51
** La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).				
* La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).				

La corrélation positive entre les questions Q9U et Q4U et la durée de fixation suggère que plus le joueur est satisfait de la qualité de contrôle de la Kinect, plus le temps de fixation augmente. Cela s'explique sans doute par le fait que plus le contrôle du curseur est facile, moins le joueur a besoin de suivre le curseur sur l'écran, et par conséquent, plus le temps de fixation est long. La corrélation négative entre les questions Q9U et Q10U semble dire que plus le contrôle des jeux est facile, plus le diamètre des pupilles diminue. À notre avis, cela est dû peut-être au fait que comme le joueur n'a pas besoin de regarder longtemps le curseur, ses pupilles se dilatent très peu.

3.2.6 Conclusion sur les corrélations entre les paramètres et les réactions physiologiques et oculaires

Nous rappelons qu'un des objectifs de notre recherche est d'intégrer les mesures physiologiques et oculaires dans l'évaluation des jeux Kinect.

Après avoir présenté les données obtenues du test de corrélation, nous allons synthétiser les résultats et les discuter afin de répondre à nos questions de recherche.

Nous avons trouvé les corrélations suivantes :

Tableau 26 — Corrélations entre les Paramètres et les Réactions physiologiques et oculaires.

Paramètre	Questions corrélées	Réactions physiologiques et oculaires
Compétences	Question 20 : J'ai bien réussi dans le jeu. ($r = -0.396$, $n = 51$, $p = 0.004$)	GSR**
	Question 16 : Je pense avoir fait des progrès à la fin de la séance par rapport au commencement. ($r = 0.327$, $n = 51$, $p = 0.019$)	BVP**
	Question 17 : Plus j'ai progressé dans le jeu, plus j'ai obtenu des récompenses intéressantes (EX : nombre de fans, bonus, nouvelles armes, nouvelles capacités, des médailles, etc.). ($r = 0.326$, $n = 51$, $p = 0.20$)	Respiration n.s.
Concentration	Question 1(Positif) : Pendant le jeu, j'étais distrait par l'environnement autour de moi. ($r = -0.313$, $n = 51$, $p = 0.025$)	BVP*
Contrôle	Question 9U : La <i>Kinect</i> semble reconnaître facilement mes mouvements lors de la partie ($r = -0.341$, $n = 51$, $p = 0.014$)	Diamètre des pupilles**
	Question 10U : L'utilisation des mouvements pour ce jeu le rend plus intéressant à mes yeux ($r = -0.333$, $n = 51$, $p = 0.017$)	Diamètre des pupilles**
	Question 4U : J'ai de la facilité à déplacer le « curseur » où je le souhaite ($r = 0.342$, $n = 51$, $p = 0.014$)	Durée de fixation**
	Question 9U : La <i>Kinect</i> semble reconnaître facilement mes mouvements lors de la partie ($r = 0.359$, $n = 51$, $p = 0.010$)	Durée de fixation**
Immersion	Question 6 : J'ai aimé les graphiques et les effets spéciaux dans le jeu. ($r = 0.380$, $n = 51$, $p = 0.006$)	Respiration**
	Question 9(Positif) : Gagner ou perdre la partie du jeu ne m'intéressait pas. J'étais peu intéressé par l'issue de la partie (gagner ou perdre). ($r = -0.287$, $n = 51$, $p = 0.041$)	Diamètre des pupilles**
Niveau de défi	Question 14 : Les actions à accomplir étaient de plus en plus difficiles au fur et à mesure que je progressais dans le jeu. ($r = 0.300$, $n = 51$, $p = 0.032$)	Respiration*

En général, des questions des 5 paramètres sont corrélées avec les réactions physiologiques et/ou oculaires. En plus, 4 sur 5 paramètres ont plusieurs questions corrélées. Cela suggère que nous pourrions utiliser différentes mesures physiologiques et/ou oculaires pour évaluer un paramètre.

Premièrement, concernant le paramètre Compétences, nous avons les questions 16, 17 et 20 corrélées respectivement avec le BVP (positif), la Respiration (positif) et le GSR (négatif). Cela suggère que plus le joueur est compétent, plus son rythme de respiration et son BVP sont élevés, et plus son GSR est faible. Vu les corrélations trouvées au niveau du paramètre Concentration, il semble que le BVP diminue quand le joueur se concentre sur le jeu.

Quant au paramètre Immersion, le fait que la question 6 soit corrélée positivement avec la respiration et que la question 9 Positif soit corrélée négativement avec le diamètre des pupilles nous permettrait de dire que plus le joueur s'immerge dans le jeu, plus sa respiration augmente et plus ses pupilles se contractent. La qualité immersive des jeux Kinect semble liée entre autres, aux exigences physiques créées chez le joueur. Ce serait la raison pour laquelle plus le joueur progresse dans le jeu (question 17 — Compétences), plus le jeu devient difficile (question 14 — Niveau de défi), plus le rythme respiratoire du joueur augmente.

À propos du paramètre Contrôle, nous constatons que la corrélation existe seulement avec les réactions oculaires. Ce résultat intéressant suggère que plus le contrôle du jeu est facile, plus la fixation des yeux est longue et plus les pupilles se contractent.

Parmi ces 5 paramètres Immersion, Concentration, Contrôle, Niveau de Défi, les quatre premiers sont les aspects qui reflètent le plus le sentiment de présence. L'immersion et la concentration reflètent le niveau d'implication du joueur dans le jeu, pendant que le contrôle et le niveau de défi favorisent l'engagement du joueur. Vu les corrélations entre les réactions physiologiques et oculaires et ces 4 aspects, nous constatons que le résultat obtenu a validé nos deux hypothèses de recherche suivant lesquelles la perception de la présence est corrélée avec une augmentation du GSR et de la Respiration, une diminution du BVP, une diminution du temps de fixation et une augmentation de la grandeur des pupilles.

La diminution du temps de fixation poserait des doutes, car normalement, plus on se concentre sur une cible (lire un livre, voir un film, etc.), plus le temps de fixation augmente. Pourtant, le jeu vidéo est sans doute un cas particulier où plus le joueur se sent dans le jeu, plus il a tendance à observer l'écran en entier pour suivre les

changements de l'environnement du jeu. Il en résulte une diminution du temps de fixation et une dilatation des pupilles. Donc, le résultat susmentionné concernant le temps de fixation et la grandeur des pupilles nous semble fiable.

Pourtant, il serait difficile à ce stade, d'utiliser uniquement les mesures physiologiques et oculaires pour conclure qu'un jeu est plus immersif qu'un autre, car à notre avis, les émotions du joueur durant la partie de jeu de 30mn-45mn sont variables et il est difficile de les traduire complètement en chiffres statistiques pour inférer un certain état émotionnel. En plus, les appareils de suivi physiologique et oculaire ne sont pas encore conçus spécialement pour les jeux à interface gestuelle, ce qui affecterait parfois la précision des données obtenues et l'estimation de la qualité d'immersion du jeu.

3.3 Différence entre les jeux

Cette partie est consacrée à l'analyse du questionnaire en vue de répondre à notre première question de recherche : ***Parmi les trois jeux Kinect sélectionnés, qu'est-ce qui rend un jeu meilleur qu'un autre ?***

Afin de répondre à cette question, nous procédons en deux étapes :

- comparer les jeux entre eux en fonction des données du questionnaire pour trouver le jeu plus immersif selon les participants.
- Comparer les jeux sur le plan des paramètres pour trouver le (s) facteur (s) qui rend un jeu meilleur qu'un autre, du point de vue des participants.
- Comparer les jeux entre eux en fonction des réactions physiologiques et oculaires pour les confronter aux résultats obtenus par l'analyse du questionnaire.

3.3.1 Comparaison des jeux selon les données du questionnaire

Le Tableau 27 présente la moyenne des réponses du questionnaire en fonction des jeux.

Tableau 27 — Moyenne des réponses du questionnaire par jeu

JEU	Moyenne	N	Ecart-type
<i>Child of Eden</i>	4,0294	17	,89046
<i>Body and Brain</i>	4,5810	18	,98730
<i>Joy Ride</i>	3,9349	16	,96908
Total	4,1944	51	,97545

Le résultat indique que le jeu *Body and Brain* obtient la moyenne des réponses la plus élevée. Comme il s'agit d'un questionnaire portant sur la qualité immersive du jeu, nous pouvons conclure que les deux minis-jeux du jeu *Body and Brain* sont plus immersifs par rapport aux autres jeux testés.

Nous traçons ensuite un graphe pour visualiser le rapport entre les jeux. (Figure 30). Le graphe permet de voir le grand écart entre *Body and Brain* qui occupe la première place avec la moyenne de 4,58, par rapport à la deuxième place de *Child of Eden* (4,02) et la troisième place *Joy Ride* (3,93) .

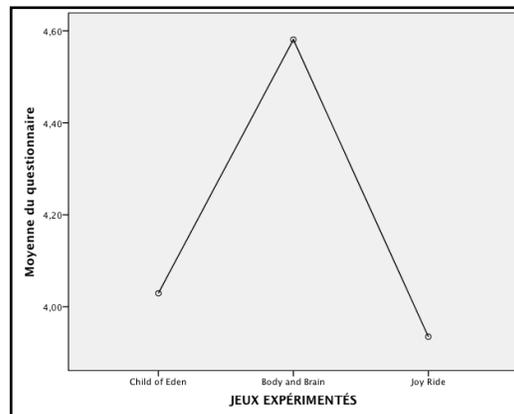


Figure 30 — Comparaison des jeux par les données du questionnaire.

3.3.2 Comparaison des jeux par paramètres (Immersion, Concentration, Compétences, Défi, Contrôles)

Dans cette partie, nous allons chercher le (s) élément (s) permettant au jeu *Body and Brain* de se distinguer des deux autres jeux. Nous avons fait l'analyse de variance entre les jeux et l'ensemble du questionnaire de l'immersion, mais le résultat n'a montré aucune signification. (Voir Tableau 28).

ANOVA à 1 facteur

Questionnaire général

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Inter-groupes	3,539	2	1,770	1,808	,175
Intra-groupes	46,991	48	,979		
Total	50,530	50			

Tableau 28 - Comparaison des jeux sur l'ensemble du questionnaire de l'immersion.

Nous comparons ensuite les jeux avec les paramètres (Immersion, Concentration, Compétences, Contrôle, Niveau de Défi). Si le résultat de l'analyse ne donne aucune signification, les trois jeux n'ont pas de différence sur le plan des paramètres définis. Au contraire, si le résultat est significatif, certains groupes pris deux à deux (Ex. : *Child of Eden* et Contrôle ou *Joy Ride* et Immersion, etc.) sont significativement différents en fonction des paramètres.

Pour vérifier ces hypothèses concernant la relation des deux variables Jeux et Paramètres, nous faisons l'analyse de variance (ANOVA). Le Tableau 29 présente le résultat de l'analyse :

Tableau 29 — Comparaisons entre les jeux sur le plan des paramètres

		N	Moyenne	F	Signification (p)
CONTRÔLE	<i>Child of Eden</i>	17	3,1961	3,503	,038*
	<i>Body and Brain</i>	18	4,2037		
	<i>Joy Ride</i>	16	3,2500		
NIVEAU DE DÉFI	<i>Child of Eden</i>	17	4,82353	7,339	,002*
	<i>Body and Brain</i>	18	5,81481		
	<i>Joy Ride</i>	16	4,47917		
COMPÉTENCES	<i>Child of Eden</i>	17	4,19118	,695	,504
	<i>Body and Brain</i>	18	4,48611		
	<i>Joy Ride</i>	16	3,92188		
CONCENTRATION	<i>Child of Eden</i>	17	6,44118	,695	,667
	<i>Body and Brain</i>	18	6,52778		
	<i>Joy Ride</i>	16	6,68750		
IMMERSION	<i>Child of Eden</i>	17	3,49412	,792	,459
	<i>Body and Brain</i>	18	4,02222		
	<i>Joy Ride</i>	16	3,50000		

L'analyse nous montre qu'il existe une différence significative entre les jeux et les paramètres Niveau de défi ($F = 7,339$, $ddl = 51$, $p = 0,002$) et Contrôle ($F = 3,506$, $ddl = 51$, $p = 0,038$). Il semble que l'équilibre du niveau de difficulté par rapport à la compétence du joueur et la qualité de l'interface de contrôle soient les deux facteurs qui rendent ce jeu plus immersif que les autres. D'autre part, il n'y pas de différence significative entre les trois jeux au niveau des paramètres Immersion, Concentration et Compétences.

Nous traçons ensuite deux graphes pour visualiser la différence entre les jeux sur le plan de l'équilibre du niveau de défi et de la qualité de l'interface de contrôle.

3.3.2.1 Comparaison des jeux pour le paramètre Contrôle

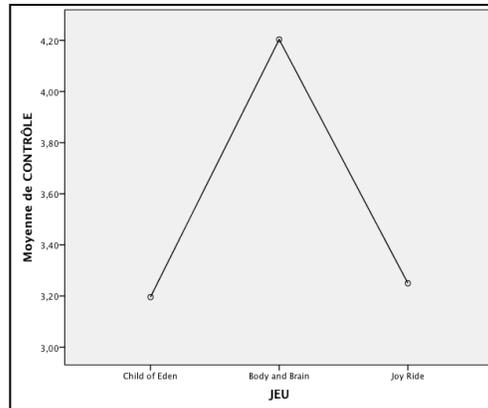


Figure 31 — Comparaison des Jeux par paramètre Contrôle

Nous rappelons que par la qualité de Contrôle (voir Figure 31), nous entendons la facilité du joueur à réaliser les mouvements voulus, la précision de la Kinect de reconnaître les mouvements du joueur, et la contribution de la Kinect à l'engagement du joueur dans le jeu. En fonction de ces critères, nous constatons que le jeu *Body and Brain* l'emporte sur les deux autres jeux. Le jeu *Joy Ride* prend la deuxième place avec la moyenne de 3,25 qui n'est pas très différent de la troisième place du jeu *Child of Eden* (3,19).

3.3.2.2 Comparaison des jeux par le paramètre Niveau de défi

La Figure 32 présente la comparaison des jeux en fonction de l'équilibre du niveau de défi avec les compétences du joueur. Leur place respective est la même que dans l'analyse précédente. Le jeu *Body and Brain* continue à occuper la première place. Pourtant, la différence entre la deuxième place du jeu *Child of Eden* (4,82) et la troisième place du jeu *Joy Ride* (4,47) est plus considérable.

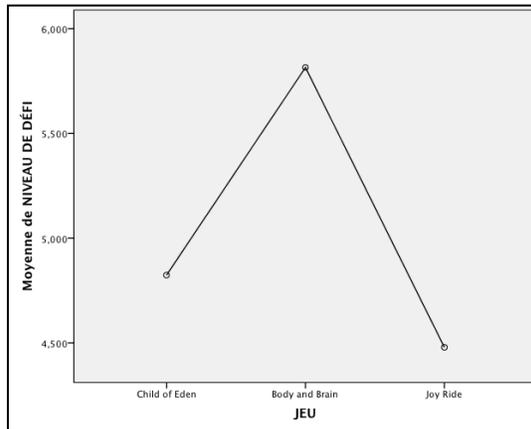


Figure 32 - Comparaison des Jeux par paramètre Niveau de Défi

3.3.3 Comparaison des jeux en fonction des réactions oculaires et physiologiques

Dans la partie 3.2.6, nous avons identifié des liens entre les réactions oculaires et physiologiques et les composantes de la qualité d'immersion d'un jeu Kinect. Nous allons nous baser sur ces liens afin d'étudier la qualité d'immersion de trois jeux : *Body and Brain*, *Child of Eden* et *Joy Ride*. Le résultat de ce test sera comparé avec celui obtenu par l'analyse du questionnaire. Nous allons tout d'abord identifier par quelle mesure, physiologique et/ou oculaire, les jeux se différencient.

Le Tableau 30 présente le résultat de la comparaison des jeux sur le plan des mesures oculaires et physiologiques. Le résultat indique qu'entre les jeux, il existe des différences significatives au niveau du diamètre des pupilles ($F = 11,388$, $ddl = 50$, $p = 0,000$), du BVP ($F = 3.579$, $ddl = 50$, $p = 0,36$) et de la Respiration ($F = 7.144$, $ddl = 50$, $p = 0,002$).

Tableau 30 — Comparaison des jeux par les réactions oculaires et physiologiques

		N	Moyenne	F	Signification
FIXATION DURATION_ mean	<i>Child of Eden</i>	17	265.06851605	.688	.507
	<i>Body and Brain</i>	18	288.24451417		
	<i>Joy Ride</i>	16	253.59745799		
PUPIL_ mean	<i>Child of Eden</i>	17	.18249731	11.388	.000*
	<i>Body and Brain</i>	18	-.10634939		
	<i>Joy Ride</i>	16	.08253765		
GSR_ mean	<i>Child of Eden</i>	17	.12762095	.807	.452
	<i>Body and Brain</i>	18	.19361694		
	<i>Joy Ride</i>	16	.24660801		
BVP_ mean	<i>Child of Eden</i>	17	.01331612	3.579	.036*
	<i>Body and Brain</i>	18	.01995492		
	<i>Joy Ride</i>	16	-.01382370		
RESP_ mean	<i>Child of Eden</i>	17	-.00371552	7.144	.002*
	<i>Body and Brain</i>	18	-.06394459		
	<i>Joy Ride</i>	16	-.28232685		

3.3.3.1 Comparaison des jeux par la grandeur des pupilles

La Figure 33 représente la comparaison des jeux par la grandeur des pupilles. Nous voyons que le jeu *Body and Brain* a la moyenne de grandeur des pupilles la plus basse (-.106). Viennent ensuite le jeu *Joy Ride* (0.082) et le jeu *Child of Eden* (.182). Le lien entre la taille des pupilles et la qualité du contrôle du jeu et l'importance du jeu à l'égard du joueur (voir Tableau 26), suggère que sur le plan de l'interface de contrôle et de l'affection réservée au jeu, le jeu *Body and Brain* l'emporte sur les deux autres jeux.

D'ailleurs, la comparaison par la moyenne des réponses du questionnaire au niveau du paramètre de Contrôle confirme ce résultat. (Voir 3.3.2.1).

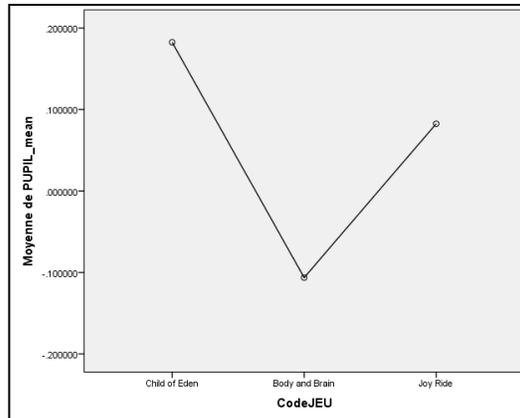


Figure 33 — Comparaison des jeux par le diamètre des pupilles.

Les réponses des participants pendant l'entrevue sont également cohérentes avec ce résultat. La plupart trouvent que le jeu *Body and Brain* est amusant :

" Mais comme dans le deuxième, avec les camions, vraiment, j'étais partie... . Des petits jeux au milieu, avec des choses simples, qui font travailler le cerveau. Je trouve ça très amusant. » — Participante K12.

*« Ce qui est intéressant pour moi, c'est que l'utilisation des mouvements dans le jeu..., aussi simple que le jeu *Body and Brain*, te force à développer de nouvelles aptitudes. Même pour le jeu aussi simple, un peu stupide, comme le jeu des autobus, mon neveu pourrait être meilleur que moi, c'est intéressant. Ça rend plus accessible le jeu. »* — Participant K3.

*« Je préfère le jeu le cerveau (*Body and brain*). La première partie, c'est mathématique, c'est plutôt cool, parce qu'il donne des encouragements aussi. C'est comme un prof, qui te donne des notes, dans le résultat.... C'est vivant, avec les expressions faciales, tout ça, ça a l'air humain, intelligent. »* — Participant K5.

3.3.3.2 Comparaison des jeux par le BVP

Vu la Figure 34, nous constatons que le BVP est le plus élevé dans le jeu *Body and Brain*. Le jeu *Child of Eden* se place en deuxième place, et le jeu *Joy Ride* en troisième place. Étant donné la corrélation négative entre le BVP et la concentration du joueur (voir Tableau 26 : plus le BVP diminue, plus le joueur se concentre au jeu), le résultat suggère que les participants se concentrent davantage dans le jeu *Joy Ride* plus que dans les deux autres jeux.

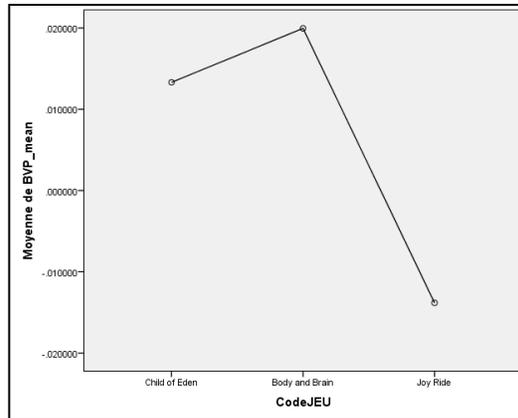


Figure 34 — Comparaison des Jeux par le BVP

Il est à signaler que malgré l'importance de la concentration vis-à-vis le sentiment de présence du joueur, elle n'est qu'une condition nécessaire, mais non suffisante de la présence. Si l'on se réfère aux conditions d'apparition de la présence (voir 1.2), on voit que la personne doit non seulement avoir la concentration, mais aussi la maîtrise du contrôle et de l'interaction avec l'environnement virtuel, et la construction de l'identité dans cet environnement-là.

Malheureusement, comme notre entrevue n'a pas abordé le sujet de concentration pendant les jeux, nous n'avons pas eu l'avis verbal des participants là-dessus. Pourtant, la plupart des participants trouvent la manière de contrôler la voiture en imitant le volant amusante. Mais faute de précision, ce mouvement supposé naturel n'a pas réussi à rendre le jeu plus immersif. En plus, le manque de précision a peut-être rendu le jeu plus difficile par rapport à la compétence du joueur, ce qui n'a pas permis aux joueurs d'arriver au Flux.

« C'est sûr que c'est imprécis en plus, avec une manette, tu peux contrôler la direction tout en activant un boost ou en freinant, quand même facilement. ... C'est quand même décevant dès que c'est pas pile comme ce devrait être dans la réalité. C'est comme on nous dit que ceci est un contrôleur avec un langage que vous connaissez déjà. Finalement, ce n'est pas ça. Ça ne fait pas de sens de virer le volant autant comme ça pour tourner juste un peu. » — Participant K1

3.3.3.3 Comparaison des jeux par la Respiration

La Figure 35 porte sur la comparaison des jeux par la respiration. Dans la partie précédente, nous avons trouvé que plus le rythme respiratoire augmente, plus le joueur apprécie la qualité visuelle et sonore du jeu, et plus le niveau de difficulté du jeu est équilibré et motivant. (Voir Tableau 26). Par conséquent, sur le plan de la qualité visuelle, sonore et l'équilibre du niveau de difficulté, le jeu *Child of Eden* semble l'emporter sur les deux autres jeux. Le jeu *Body and Brain* se place au deuxième rang.

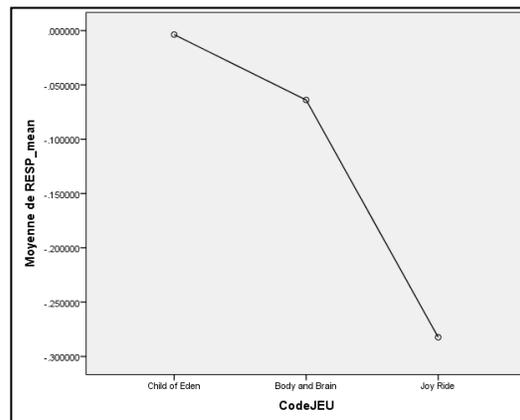


Figure 35 — Comparaison des jeux par la Respiration

Troisièmement, nous avons trouvé qu'en termes de qualité visuelle, sonore et de l'équilibre du niveau de difficulté, le jeu *Child of Eden* était le plus apprécié par les participants. Cependant, les réponses des participants lors de l'entrevue contredisent cette interprétation. En effet, la majorité des participants trouvent l'utilisation des effets spéciaux dans ce jeu est abusive et que trop d'effets spéciaux empêchent leur progrès dans le jeu.

« J'ai passé plusieurs reprises dans les autres jeux, et j'étais contente de ne pas avoir eu à refaire Child of Eden. Je ne savais pas qu'est-ce que se passait toute l'expérience. Dans le fond, c'était frustrant. Il y avait des effets spéciaux, je ne sais pas qu'est-ce qui est bien, qu'est-ce qui est bon, bonnes choses et qu'est-ce qui est mauvaise chose. » — Participant K1.

« Le deuxième (Child of Eden), graphiquement, j'ai adoré, mais c'est complexe. C'est mélangeant entre les graphiques, les couleurs, c'est sympa à regarder. Mais pour jouer, c'était mélangeant, je ne savais pas c'est quoi les bons, c'est quoi n'est pas bon, c'est qui les méchants, qui n'est pas les méchants. » — Participant K13.

« Comme dans le premier jeu (*Child of Eden*), je trouve que le fait de pousser vers l'avant, c'est pas très agréable de le faire en répétition. Je trouve ça moins fun de le faire, au niveau des mouvements, ça me captive pas. » — Participant K2.

« Ça me dérangeait moins la troisième fois, mais la première fois, je trouve que ça a beaucoup d'informations en même temps. C'est des images... très agressantes, puis la musique est très forte, très ..., des couleurs ... enfin, beaucoup d'informations pour le cerveau, pour le visuel. » — Participant K12

« Il y a des couleurs partout, des formes partout, on ne comprend pas vraiment qu'est-ce qui se passe, qu'est-ce qu'on doit faire réellement. On tire sur des cubes qui sont lumineux, mais pour quoi, comment, il n'y a pas d'intérêt, il n'y a pas de règles d'interface. » — Participant K7

Du fait, l'écart entre les réactions physiologiques et les réponses verbales des participants invalide la corrélation entre la Respiration et la préférence vis-à-vis des effets spéciaux (visuels et sonores) que nous avons identifiée et présentée au Tableau 26.

3.3.4 Conclusion sur la comparaison des jeux

Nous venons d'analyser les données du questionnaire afin de trouver le meilleur jeu parmi les trois jeux *Child of Eden*, *Body and Brain* et *Joy Ride*. Le résultat a montré que le jeu *Body and Brain* avec la moyenne des réponses de 4,5/7, était le plus prisé par les participants. Le jeu *Child of Eden* se plaçait au deuxième rang (4,02/7) et le jeu *Joy Ride* au troisième (3,93). Pourtant, l'écart entre ces deux derniers n'était pas grand.

En vue de trouver lequel (ou lesquels) parmi les 5 paramètres (Immersion, Concentration, Compétences, Contrôle et Niveau de défi) contribue (nt) à la qualité immersive du jeu *Body and Brain*, nous avons fait un rapprochement entre les jeux et ces paramètres. Le résultat cette analyse a montré que le niveau de difficulté bien équilibré, motivant, et la facilité de contrôle sont les deux facteurs principaux de la réussite du jeu *Body and Brain*. Ce résultat rejoint ce que Pagulayan et al. (2002) ont trouvé concernant le rôle primordial de l'interface de contrôle dans la promotion de l'immersion. Plus l'interface de contrôle est facile à utiliser, plus le jeu devient immersif : « *the ease of use of a game's controls and interface is closely related to fun ratings for that game. Think of this factor as a gatekeeper on the fun of the*

game. » (Pagulayan et al., 2002, p.225). Johnson et Wiles (2003) partagent cet avis et constatent qu'avec moins de choses à apprendre, et à mémoriser sur l'interface de contrôle, le joueur s'immerge davantage dans le jeu : « *with less cognition required for remembering or finding input commands, the user is better able to achieve concentration and engagement, and thereby flow, when completing the task.* » (Johnson & Wiles, 2003, p.4)

Quant à l'équilibre du niveau de difficulté par rapport à la compétence du joueur, il s'agit d'un élément clé du Flux. Selon Csikszentmihalyi (1990), la correspondance entre la capacité de la personne et sa tâche est essentielle pour maintenir le Flux. Une tâche trop facile par rapport aux compétences de la personne entraînera l'ennui. Au contraire, une tâche trop difficile causera l'inquiétude ou la frustration. « *Enjoyment appears at the boundary between boredom and anxiety, when the challenges are just balanced with the person's capacity to act.* » (Csikszentmihalyi, 1990, p.52)

Le contrôle dans le jeu *Child of Eden* est trop complexe, ce qui demande une charge de mémoire importante du joueur pour retenir les mouvements définis par le jeu. Or, selon les heuristiques de Nielsen 1994 , « *l'utilisateur ne doit pas avoir à se rappeler des informations lorsqu'il passe d'un état de l'interaction à un autre.* » (Nielsen, cité dans Brangier & Barcenilla, 2003, p.90)

Quant au jeu *Joy Ride*, les participants se concentrent dans ce jeu plus que dans les deux autres. Cependant, ils n'apprécient pas ce jeu en raison de son niveau de difficulté non calibré aux compétences du joueur et aussi de la facilité de contrôle. Nous constatons que le niveau de difficulté du jeu ne change pas en regard des progrès du joueur. Certes, le joueur a le droit de choisir le niveau de difficulté (débutant, intermédiaire, avancé) au début du jeu, mais au cours de la partie, le défi reste le même en dépit des progrès du joueur. Il aurait été préférable que le jeu permette d'augmenter le nombre d'adversaires ou d'obstacles sur la route au départ, ou lorsque le joueur fait des progrès. Ensuite, les participants apprécient moins le fait que le jeu se charge d'accélérer et de freiner, le joueur ne peut rien changer à la vitesse de la voiture et ne peut interagir avec le monde du jeu :

« *L'ordinateur décide quand on freine, quand on accélère, parce que vu qu'on a pas de bouton, on ne peut décider nous-mêmes.* » — Participant K1.

« *Le jeu de voiture, il est difficile à contrôler. Je pense qu'il ne marchera pas du tout. Ça, c'est sur. À part s'il vend avec un volant. Sinon, les personnages artificiels dans le jeu, ils ne font rien de spécial. Ils n'interagissent pas avec toi, ils se moquent pas de toi, ils disent pas que c'est bien. Il n'y a pas d'influence, en fait. Comme si je jouais tout seul.* » — Participant K7

Nous avons ensuite comparé les jeux par les réactions physiologiques et oculaires, et avons interprété les résultats en nous basant sur les corrélations que nous avons identifiées dans le *Tableau 26 — Corrélations entre les Paramètres et les Réactions physiologiques et oculaires*. Nous avons trouvé que premièrement sur le plan de l'interface de contrôle et de l'affection réservée au jeu, le jeu *Body and Brain* l'emportait sur les deux autres jeux. Deuxièmement, au niveau de la concentration, le jeu *Joy Ride* attire le plus d'attention des participants.

À l'issue de l'analyse, concernant la qualité du contrôle du jeu *Body and Brain*, nous constatons que la comparaison des jeux par les réactions physiologiques et oculaires correspond à la comparaison des jeux par les réponses au questionnaire. Plus précisément, à partir des réponses subjectives des participants, nous avons trouvé que le jeu *Body and Brain* est le préféré des trois jeux expérimentés. Ce jeu se démarque des autres par l'équilibre du niveau de défi et de la qualité du contrôle. La comparaison des jeux par le BVP a validé ce résultat.

Nous nous rendons compte aussi que notre analyse des réactions physiologiques et oculaires n'a pas pu à elle seule, nous permettre de conclure que tel jeu est meilleur que les autres. D'une part, ces réactions ne sont pas corrélées avec toutes les composantes d'immersion. Les corrélations identifiées dans notre recherche se limitent à apporter les éléments explicatifs à l'analyse des données subjectives. D'autre part, chaque jeu a ses points forts et faibles et cela dépend aussi du point de vue des joueurs. Par exemple, certains apprécient le jeu *Child of Eden* par sa qualité graphique et sonore (voir Figure 36), mais d'autres non. Quant au jeu *Body and Brain*, il prend le dessus en raison de la simplicité et l'efficacité de l'interface de contrôle (voir Figure 37). Le jeu *Joy Ride*, comme il s'agit d'un jeu de course nécessitant le niveau d'attention maximal chez le joueur, l'emporte sur les deux autres jeux au niveau de la concentration (voir Figure 38).

En outre, il faudrait tenir compte également de la préférence de chaque participant. Certains disent qu'ils aiment le jeu Joy Ride car c'est leur type de jeu préféré. D'autres trouvent que le jeu Body and Brain s'adresse plutôt aux enfants. Par conséquent, il nous a fallu associer les données physiologiques, oculaires et les réactions faciales aux données subjectives recueillies du questionnaire et de l'entrevue pour savoir lequel parmi les trois jeux est le plus immersif.



Figure 36 — La qualité visuelle du jeu *Child of Eden*



Figure 37 — La simplicité du contrôle du jeu *Body and Brain*



Figure 38 — La compétitivité permanente du jeu *Joy Ride*

3.4 Différences entre les joueurs intensifs et les joueurs occasionnels.

Cette partie d'analyse sert à vérifier notre hypothèse concernant le point de vue des joueurs intensifs et occasionnels sur les jeux Kinect. L'hypothèse est que : *les joueurs intensifs apprécieront moins le contrôle des jeux avec la Kinect que les joueurs occasionnels.*

Nous constatons que les jeux Kinect et l'interface gestuelle sont jusqu'aujourd'hui des jeux occasionnels (*casual game*), destinés au large public des joueurs occasionnels. Ce type de jeu n'est pas forcément moins immersif, mais se caractérise généralement par un niveau de défi convenant à différents publics de joueurs, et des règles de jeu simples. Ensuite, concernant la manière de jouer avec la Kinect, nous pensons que les joueurs intensifs apprécieraient moins l'interface gestuelle des jeux que les joueurs occasionnels. En effet, les joueurs intensifs sont très habitués aux autres interfaces de contrôle comme la manette, la souris ou le clavier, jouer sans rien tenir dans la main ne fait pas partie de leurs habitudes.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons comparé les types de joueurs en fonction des 5 paramètres : Immersion, Concentration, Compétences, Niveau de Défi et de Contrôle, et par les mesures physiologiques et oculaires.

3.4.1 Comparaison par 5 paramètres

Le Tableau 31 présente la comparaison des joueurs par 5 paramètres d'Immersion. Nous constatons qu'il n'existe aucune différence significative entre les variables.

Tableau 31 — Comparaison des types de joueurs en fonction des résultats du questionnaire d'Immersion

		N	Moyenne	F	Signification (p)
CONTRÔLE	Joueurs intensifs	23	3.1884	3.609	.063
	Joueurs occasionnels	28	3.8810		
NIVEAU DE DÉFI	Joueurs intensifs	23	5.20290	.554	.460
	Joueurs occasionnels	28	4.95238		
COMPÉTENCES	Joueurs intensifs	23	4.20652	.000	.984
	Joueurs occasionnels	28	4.21429		
CONCENTRATION	Joueurs intensifs	23	6.63043	.448	.506
	Joueurs occasionnels	28	6.48214		
IMMERSION	Joueurs intensifs	23	3.33043	2.665	.109
	Joueurs occasionnels	28	3.97143		

Pourtant, sur le plan du Contrôle, la différence est presque significative entre deux types de joueurs ($F=3.609$, $ddl=51$, $p=0.063$). Il semble que les joueurs occasionnels soient plus satisfaits du contrôle des jeux avec la Kinect que les joueurs intensifs. Comme la différence n'est pas significative, nous continuons à tester avec les mesures physiologiques et oculaires.

3.4.2 Comparaison par les mesures physiologiques et oculaires

Nous examinons une relation possible entre les deux variables : le profil du joueur et les réactions physiologiques et oculaires.

Nous trouvons que deux types de joueurs se différencient significativement par la durée de fixation. ($F = 4,063$, $ddl = 51$, $p = 0,049$), les joueurs occasionnels fixant plus longtemps que les joueurs intensifs (voir Figure 39). La différence entre les types de joueurs pour la Respiration est presque significative ($F = 4,063$, $ddl = 51$, $p = 0,051$), les joueurs occasionnels ayant une moyenne de respiration plus élevée et ressentant donc sans doute plus d'immersion (voir Figure 40).

Tableau 32 — Comparaison des types de joueurs par les mesures physiologiques et oculaires

		N	Moyenne	F	Signification (p)
FIXATION DURATION-mean	Joueurs intensifs	23	243.16	4.063	.049*
	Joueurs occasionnels	28	291.40		
GSR_mean	Joueurs intensifs	23	.134	1.666	.203
	Joueurs occasionnels	28	.231		
BVP_mean	Joueurs intensifs	23	.003	.362	.550
	Joueurs occasionnels	28	.010		
PUPIL_mean	Joueurs intensifs	23	.075	.631	.431
	Joueurs occasionnels	28	.027		
RESP_mean	Joueurs intensifs	23	-.037	4.008	.051
	Joueurs occasionnels	28	-.173		

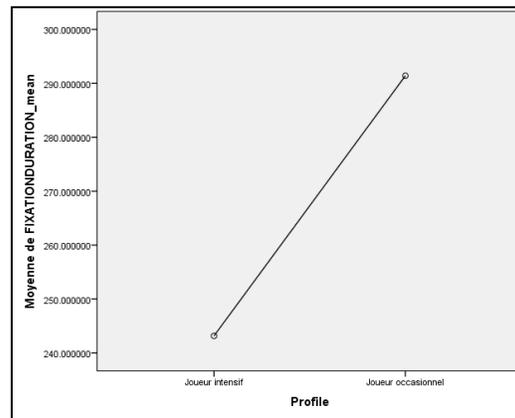


Figure 39 — Comparaison des joueurs par la durée de fixation

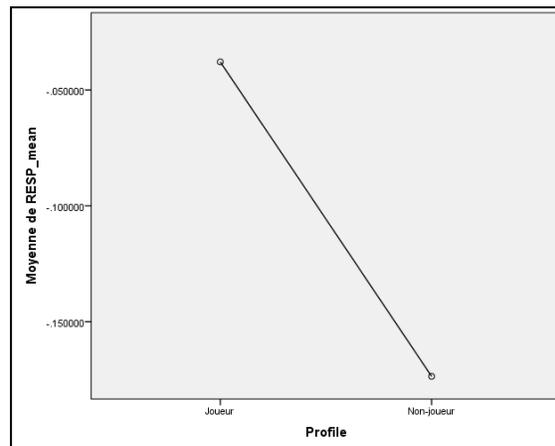


Figure 40 - Comparaison des joueurs par la respiration

Pour ce qui est de la durée de fixation, selon Jennett, C. et al. (2008), plus le joueur est immergé, moins les yeux bougent et plus les fixations sont longues. Par conséquent, les joueurs occasionnels ayant la fixation plus longue se sentent sans doute plus présents

dans le jeu que les joueurs intensifs. De plus, comme nous l'avons indiqué dans la partie 3.2, la durée de fixation semble liée à la qualité du contrôle du jeu : plus la durée de fixation est longue, plus les participants apprécient la facilité de contrôle et la précision de la Kinect. (Voir Tableau 26). Ceci suggère que les joueurs occasionnels apprécient mieux l'interface de contrôle gestuelle des jeux Kinect que les joueurs intensifs.

Les réponses des participants lors de l'entrevue confirment ce résultat :

« Mais, je pense que c'est plus stimulant que la manette, même si c'est pas toujours facile, mais c'est bien, j'aime ça. On peut dire que c'est juste le fait qu'il n'y rien d'intermédiaire entre l'avatar et puis moi. C'est comme j'étais l'avatar, j'étais dans le jeu. » Participant K5 (joueur occasionnel).

« Je trouve que c'est intéressant de bouger, versus d'être assis. C'est intéressant de se servir de son corps. ... En tout cas, certainement je me sens plus dans le jeu, versus avec une manette. J'avoue que parfois, j'oublie tout ce qu'il y a autour. » — Participant K12. (Joueur occasionnel).

« Mais en général, je trouve ça frustrant d'avoir autant de contraintes pour le bon fonctionnement de la capture de mouvements. » — Participant K1. (Joueur intensif)

« Ça dépend du jeu, c'est sûr que dans certains jeux, le contrôle est moins bien que d'autres. Ça rend l'expérience un peu frustrante, justement. Des fois, quand on veut faire un mouvement, puis ça marche pas. On ne comprend pas pourquoi. » — Participant K2. (Joueur intensif)

Pourtant, nous constatons que le manque de précision de la Kinect est réel et signalé par tous les participants. Cela a rendu les participants frustrés et les a empêchés d'entrer complètement dans le jeu.

« Ce que j'apprécie le moins, c'est l'imprécision dans le contrôle. » — Participant K3. (Joueur intensif)

« Chaque fois qu'on a besoin de précision, je penserais à la manette. Parce que c'est trop flou, c'est trop sensible aussi. » — Participant K4. (Joueur occasionnel).

« Ce que j'apprécie le moins, c'est que des fois, ça ne suit pas exactement ton mouvement. Des fois, c'est frustrant de chercher, pour faire les options, de chercher dans le vide pour trouver. » — Participant K12. (Joueur occasionnel).

Conclusion et perspectives

Conclusion

Notre recherche portait sur l'évaluation de la qualité d'immersion des jeux Kinect. La qualité d'immersion d'un jeu vidéo est définie par différents facteurs. Dans notre recherche nous nous sommes basé sur 5 facteurs proposés par Sweetser et Wyeth (2005) : Immersion, Concentration, Contrôle, Niveau de défi, Compétences. Nous considérons que la qualité d'immersion d'un jeu vidéo devrait se traduire par le sentiment d'exister dans le monde virtuel du jeu chez le joueur. Ainsi, à notre avis, l'évaluation de la qualité d'immersion du jeu vidéo consiste à mesurer le sentiment de présence du joueur au niveau des 5 facteurs susmentionnés.

Notre hypothèse au début de la recherche est que la Kinect, en supprimant tout médium entre le joueur et le jeu vidéo, contribue significativement à la qualité d'immersion des jeux et par conséquent à la création du sentiment de présence chez le joueur. En vue de répondre à cette question, nous avons utilisé la méthode d'évaluation des émotions du joueur par les mesures physiologiques, oculométriques et les expressions faciales. Il s'agit d'une méthode d'évaluation des jeux encore récente, mais permettant d'avoir des données objectives sur les sentiments du joueur, sans interrompre le flux d'émotions et de jeu. Certains chercheurs l'ont appliquée aux jeux vidéo traditionnels. Quant aux jeux à interface gestuelle, à notre connaissance, notre expérimentation est la première à utiliser cette méthode d'évaluation.

Notre méthode d'évaluation a essayé de prendre en compte les différentes composantes de l'émotion en recueillant différentes mesures objectives et subjectives. Mesurer plusieurs composantes de l'émotion permet d'avoir accès à des réactions conscientes et non conscientes, d'identifier les émotions masquées par les interviewés voulant répondre à des normes sociales. Nous avons également pris en compte l'évolution des émotions des joueurs dans le temps grâce à l'enregistrement continu des réactions émotionnelles. Les données issues de ces enregistrements permettent

d'identifier sur quel moment du jeu portent les émotions rapportées par les joueurs lors de l'entretien ou dans le questionnaire.

Le premier objectif de la recherche était d'expérimenter l'évaluation de l'immersion des jeux par le suivi physiologique, le suivi oculaire et la reconnaissance des émotions faciales dans le cas des jeux à interface gestuelle. Nous avons trouvé des corrélations entre les réactions physiologiques, les réactions oculaires et les facteurs d'immersion d'un jeu vidéo. (Voir Tableau 26). Ces corrélations ont confirmé notre hypothèse selon laquelle la perception de la présence chez le joueur est en lien avec une augmentation du GSR, de la durée de fixation, et une diminution du BVP et du diamètre des pupilles. Cependant, en confrontant ces corrélations avec les réponses des participants de l'entrevue, nous avons trouvé que la corrélation entre la Respiration et la préférence des participants pour les effets spéciaux dans le jeu était invalide. (Voir 3.3.3.3 Comparaison des jeux par la Respiration).

Le deuxième objectif de notre recherche était de savoir si la Kinect augmente la qualité d'immersion des jeux vidéo. L'expérimentation a montré que certes, la Kinect rend la session des jeux plus amusante, grâce aux mouvements drôles, mais la Kinect, en tant que l'interface de contrôle, ne joue pas le rôle décisif dans la création du sentiment de l'immersion chez les joueurs. Ces derniers se sentent plus présents dans les jeux où le niveau de défi est bien équilibré, motivant. Dans le cas de cette recherche, parmi les trois jeux, les joueurs ont préféré le jeu *Body and Brain* qui se démarque des deux autres jeux par son niveau de défi bien adapté aux compétences des joueurs.

D'ailleurs, nous avons constaté que le manque de précision dans le contrôle avec la Kinect était réel et a affecté toutes les sessions de jeu. Nous suggérons d'ajouter, un volant en plastique transparent, par exemple, dans le jeu Kinect Joy Ride. Ce volant transparent sert au joueur d'abord d'un support physique de référence ayant trait au contrôle d'une voiture réelle, et ensuite d'un outil pour garder une distance fixe entre ses deux mains, facilitant la reconnaissance des gestes du Kinect.

Quant au jeu *Child of Eden*, nous proposons de concevoir un nouveau système d'arme moins compliqués, redondant, et des gestes moins fatigants. Plusieurs joueurs ont réussi à ce jeu en utilisant seulement le tir normal (avec la main droite), au lieu de

changer vers le tir de lasers (avec la main gauche) supposé plus puissant. En outre, nous suggérons de réduire les effets visuels excessifs et d'ajouter à la place un appareil tenant à la main, qui vibre chaque fois qu'un élément visé ou éliminé. Enfin, le viseur devrait être plus grand et coloré de manière distinctive au milieu des éléments du jeu. Ce ci permettra au joueur sans doute de viser aisément plusieurs éléments simultanément, de ne pas perdre la direction durant le jeu, et d'avoir par conséquent un meilleur score.

Le résultat de la recherche a montré également que selon les réponses subjectives au questionnaire d'immersion, il n'y a pas de différence significative dans la perception des jeux Kinect entre les joueurs intensifs et occasionnels. Pourtant, les données de la durée de fixation et de la respiration semblent dire que les joueurs intensifs sont moins immergés dans les jeux Kinect que les joueurs occasionnels. Ceci montre que les données biofeedback nous ont fourni des informations complémentaires aux réponses subjectives de l'utilisateur.

Discussion et perspective de recherche

À notre avis, l'utilisation du suivi oculaire et du suivi physiologique pour mesurer les émotions du joueur durant le jeu est une méthode adéquate pour prendre en compte l'intégralité du flux des émotions avec tous les changements au cours de l'interaction. Ceci permettra de mieux comprendre les réponses subjectives du joueur lors de l'entretien ou dans le questionnaire. Car souvent, ces réponses ne reflètent que la partie finale du jeu ou un moment émotionnellement remarquable selon le joueur. Or, il existe bien d'autres informations que les usagers ont et qui sont précieuses pour les chercheurs.

Nous avons trouvé les corrélations entre les réactions physiologiques et les émotions du joueur. Ces corrélations s'ajoutent au résultat de l'expérience des chercheurs dans le domaine d'évaluation de jeu vidéo, étudiant différents aspects du jeu vidéo : le plaisir de jouer et l'appréciation du niveau de défi du jeu (Mandryk et al., 2006), le choix d'avatar (Lim & Reeves, 2010), la musique et le son du jeu. (Cassidy, Henley & Markley, 2007), l'aspect visuel (Wolfson & Case, 2000; Ivoire & Kalyanaraman, 2007), la présence de l'histoire (Schneider, Lang, Shin & Bradley, 2004),

et le gameplay (Nacke & Lindley, 2008).

Ceci montre la grande potentialité des mesures physiologiques dans la conception et dans l'évaluation des jeux vidéo. Les concepteurs de jeu vidéo pourront désormais adapter l'évolution du jeu en temps réel à l'état émotionnel du joueur, en fonction des données physiologiques captées via l'interface de contrôle (manette, souris, clavier, etc.), par exemple. Liu, Agrawal, Sarkar & Chen (2009) ont mesuré l'engagement du joueur par les réactions physiologiques afin d'ajuster automatiquement le niveau de difficulté du jeu vidéo. La Kinect, avec un système de caméra puissant pourrait capter, en dehors des gestes du joueur, les expressions faciales de celui-ci.

Par rapport à d'autres recherches quantitatives sur l'engagement et l'immersion du joueur utilisant généralement les mesures physiologiques, nous avons essayé d'ajouter les réactions oculaires dans nos mesures afin de faciliter l'interprétation des émotions diverses du joueur. Pourtant, faute d'un appareil de suivi-oculaire adapté à une interface gestuelle, la quantité et la précision des données oculaires reçues restent insatisfaisantes.

Au terme de notre étude sur l'évaluation de la qualité d'immersion des jeux vidéo à interface gestuelle, nous nous rendons compte qu'il existe des limites dans notre procédure d'expérimentation.

En premier lieu, il s'agit des limites au niveau du temps réservé à une séance de test et du matériel de mesure. Les participants auraient dû disposer plus de temps pour mieux maîtriser la Kinect en fonction du contexte d'un jeu, car, plus ils s'habituent à la Kinect, plus ils s'immergent facilement dans le jeu. Pourtant, faute de temps et des installations requises pour le test, chaque participant a eu seulement 90 minutes pour jouer.

En deuxième lieu, comme il s'agit de notre première expérience d'évaluation de la qualité d'immersion des jeux, nous aurions dû mieux nous préparer pour organiser les séances de tests plus favorables à l'accès à l'immersion du joueur, par exemple, disposer les postes de contrôles des appareils de mesure de manière qu'on puisse manipuler à

distance pour ne pas déranger les joueurs, organiser les tâches des membres de l'équipe de chercheurs pour qu'il y ait moins de déplacement pendant le test.

En troisième lieu, concernant l'entrevue, nous nous rendons compte que celle-ci a trop ciblé sur les préférences des participants pour les jeux, au détriment de leur impression d'immersion. Nous aurions dû poser des questions suscitant les joueurs à décrire davantage leurs émotions, leurs impressions en lien avec les événements spéciaux dans les jeux.

En quatrième lieu, il serait nécessaire de développer davantage les théories des émotions et leurs corrélations avec les mesures physiologiques et oculaires afin de mieux interpréter les données obtenues. En outre, une étude approfondie sur le design des jeux vidéo serait très bénéfique pour d'abord analyser plus profondément les résultats de la recherche et ensuite élaborer davantage des principes de design de jeu qui ressortent des résultats recueillis.

En cinquième lieu, il serait indispensable de réexaminer la corrélation entre la respiration, le BVP et l'impression de l'immersion du joueur dans le cas des jeux à l'interface gestuelle. Nous pensons que ces deux facteurs biofeedback seraient influencés par les mouvements intensifs des joueurs. Car à force de bouger, le rythme de respiration et la pression sanguine changent, non en fonction des émotions du joueur, mais plutôt suivant leur fréquence de mouvement.

À notre avis, la GSR, par contre, est plus fiable en cas des mouvements. Le suivi oculaire serait également plus efficace si l'on utilise les appareils adaptés aux mouvements.

Nous espérons dans l'avenir de mener des études sur l'évolution de l'utilisation de la Kinect par différents types de joueur, en lien avec le sentiment d'immersion. À force de pratiquer plus longtemps, est-ce que les joueurs intensifs préféreront la Kinect à la manette ou la souris? Quelles seraient les stratégies nouvelles pour mieux réussir dans les jeux avec la Kinect ? Pourrait-on présumer que plus les joueurs bougent, plus ils sont présents dans le jeu ?

Enfin, l'étude sur la présence en général, et la présence dans le domaine des jeux vidéo est toujours d'actualité. Notre étude aujourd'hui a jeté les premières bases de nos futurs projets dans le domaine d'évaluation des interfaces gestuelles.

Bibliographie

- Barfield, W. & S. Weghorst (1993) The Sense of Presence Within Virtual Environments: A Conceptual Framework, dans G. Salvendy & M. Smith *Human-Computer Interaction: Software and Hardware Interfaces*, (Vol B), Elsevier Publisher, 699-704, 1993.
- Bastien, J., & Scapin, D. (1993). Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer Interfaces. Repéré à : <http://hal.archives-ouvertes.fr/inria-00070012/>
- Bazin, A., What is cinema ? (Vol. 1). Berkeley : University of California Press, 1967. 207p.
- Beatty, J. (1982). Task-Evoked Pupillary Responses, Processing Load, and the Structure of Processing Resources. *Psychological Bulletin*, 91 (2), 276-292,
- Biocca, F. (2003). Can we resolve the book, the physical reality, and the dream state problems? From the two-pole to a three-pole model of shifts in presence. *EU Future and Emerging Technologies Presence*. Repéré à http://mindlab.msu.edu/biocca/pubs/papers/2003_two-three_pole_model_Venice_EU_Presence.pdf
- Brangier, E., & Barcenilla, J. (2003). *Concevoir un produit facile à utiliser*. Paris : Éditions d'Organisation.
- Brown, E. & Cairns, P. (2004). A grounded investigation of game immersion. Dans *CHI '04 extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI EA '04)*. ACM, NY, USA, 1297-1300. DOI=10.1145/985921.986048
- Cassity, H. D., Henley, T. B., & Markley, R. P. (2007). The Mozart effect: Musical phenomenon or musical preference? A more ecologically valid reconsideration. *Journal of instructional psychology*, 34, 13—17.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow : The psychology of optimal experience*. (1re éd., p. 336). New York, NY, USA : Harper & Row.
- Csikszentmihalyi, M. (1997). *Finding Flow: The Psychology Of Engagement With Everyday Life*. New York : Basic Books.
- Csikszentmihályi, M. (1975). *Beyond boredom and anxiety : The Experience of Work and Play in Games*. (1re éd.). San Francisco : Jossey-Bass Publishers.
- Desurvire, H., Caplan, M., & Toth, J. A. (2004). Using heuristics to evaluate the playability of games. *CHI'04 extended abstracts on Human factors in computing systems* (p. 1509–1512). ACM. Repéré à : <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=986102>
- Duchowski, A. (2007). *Eyetracking Methodology. Theory and Practice*. (2^e éd., p. 336). London : Springer — Verlag.
- Dufresne, A., Courtemanche, F., & Prom Tep, S. (2010). Analyse des interactions en utilisant le suivi oculaire, le suivi physiologique et les structures d'actions. Dans *Conference Internationale Francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM '10)*. ACM, NY, USA, 1-8. DOI : 0.1145/1941007.1941009.

- Ekman, P. (1992). An Argument for Basic Emotions. *Cognition and Emotion*, Vol. 6, No. 3-4, pp. 169-200, doi:10.1080/02699939208411068
- Ekman, P. (1999). Basic Emotions. Dans T. Dalgleish & M. Power (Eds.), *Handbook of Cognition and Emotion* (1re éd., Vol. 2, p. 45–60). Sussex, U.K. : John Wiley & Sons, Ltd.
- Federoff, M.A. (2002). Heuristics and Usability Guidelines for the Creation and Evaluation of Fun in Video Games. Mémoire de Maitrise. Department of Telecommunications. Indiana University, Indiana. doi=10.1.1.89.8294
- Fukuda, K. (2001). Eye blinks: New indices for the detection of deception. *International Journal of Psychophysiology*, vol.40, no.3, 239–245. Repéré à : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11228351>
- Heeter, C. (2003). Reflections on Real Presence by a Virtual Person. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1–24. DOI : 10.1162/105474603322391587.
- Hoffman, D. L., & Novak, T. P. (1996). Marketing in Hypermedia Computer-Mediated Environments : Conceptual Foundations. *The Journal of Marketing*, 60(1), 50–68. Repéré à : <http://www.jstor.org/stable/10.2307/1251841>
- Homma, I., & Masaoka, Y. (2008). Breathing rhythms and emotions. *Experimental physiology*, 93(9), 1011–21. doi:10.1113/expphysiol.2008.042424
- IJsselsteijn, W. A., de Ridder, H., Freeman, J., & Avons, S. (2000). Presence : Concept, determinants and measurement, 31(0). Repéré à : http://www.ijsselsteijn.nl/papers/SPIE_HVEI_2000.pdf
- Ivory, J. D., & Kalyanaraman, S. (2007). The effects of technological advancement and violent content in video games on players' feelings of presence, involvement, physiological arousal, and aggression. *Journal of Communication*, 57, 532—555.
- Jennett, C., Cox, A. L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T., & Walton, A. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(9), 641–661. doi:10.1016/j.ijhcs.2008.04.004
- Johnson, D., & Wiles, J. (2003). Effective affective user interface design in games. *Ergonomics*, 46(13-14), 1332–1345. doi:10.1080/00140130310001610865
- Korhonen, H. & Koivisto, E. M. I. (2006). Playability heuristics for mobile games. Dans *Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services (MobileHCI '06)*. ACM, NY, USA, 9-16. DOI=10.1145/1152215.1152218.
- Land, M. F. (2006). Eye movements and the control of actions in everyday life. *Progress in retinal and eye research*, 25(3), 296–324. doi:10.1016/j.preteyeres.2006.01.002
- Lee, K. M. (2004). Presence, Explicated. *Communication Theory*, 14(1), 27–50. doi:10.1093/ct/14.1.27
- Lim S. et Reeves B. (2010), Responses to interactive game characters controlled by a computer versus other players, *International Journal of Human-Computer Studies*, 68,

- Liu, C., Agrawal, P., Sarkar, N., & Chen, S. (2009). Dynamic difficulty adjustment in computer games through real-time anxiety-based affective feedback. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(6), 506—529.
- Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the heart of it all : The concept of presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2), 0–0. DOI : 10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x
- Malone, W. T. (1980). What makes things fun to learn? Heuristics for designing instructional computer games. Dans *Proceedings of the 3rd ACM SIGSMALL symposium and the first SIGPC symposium on Small systems (SIGSMALL '80)*. ACM, NY, USA, 162-169. DOI=10.1145/800088.802839.
- Mandryk, R. (2008). Physiological measures for Games Evaluation. Dans Isbister, K. & Schaffer, N. *Game Usability : Advancing the Player Experience*. (1re éd, p. 207–235), Burlington, MA : Morgan Kaufmann.
- Mandryk, R. L., Inkpen, K. M., & Calvert, T. W. (2006). Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. *Behaviour & Information Technology*, 25(2), 141–158. doi:10.1080/01449290500331156
- Masaoka, Y., & Homma, I. (1997). Anxiety and respiratory patterns: their relationship during mental stress and physical load. *International journal of psychophysiology*, 27(2), 153–9. DOI : 10.1016/S0167-8760(97)00052-4
- Minsky, M. (1980) Telepresence. *OMNI*, 1–6. Repéré à : <http://web.media.mit.edu/~minsky/papers/Telepresence.html>
- Nacke, L., & Lindley, C. A. (2008). Flow and immersion in first-person shooters: measuring the player's gameplay experience. *Proceedings of the 2008 Conference on Future Play: Research, Play, Share* (p. 81–88). ACM. DOI : 10.1145/1496984.1496998.
- Pagulayan, R., Keeker, K., Wixon, D., Romero R. L., & Fuller, T. (2002). User-centered design in games. Dans Jacko, A. J. & Sears, A., *The human-computer interaction handbook*, (1re éd., p.883-906). Hillsdale, NJ, USA : L. Erlbaum Associates Inc.
- Partala, T., & Surakka, V. (2003). Pupil size variation as an indication of affective processing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(1-2), 185–198. Doi:10.1016/S1071-5819(03)00017-X
- Pinelle, D., Wong, N., & Stach T. (2008). Heuristic evaluation for games : usability principles for video game design. Dans *Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI '08)*. ACM, NY, USA, 1453-1462. DOI=10.1145/1357054.1357282.
- Ravaja, N., & Kivikangas, J. M. (2008). Psychophysiology of digital game playing : The relationship of self-reported emotions with phasic physiological responses. *Proceeding of Measuring Behavior 2008*. Repéré à :

http://www.noldus.com/mb2008/individual_papers/Symposium_vandenHoogen/Symposium_vandenHoogen_Ravaja.pdf

- Ravaja, N., Saari, T., Salminen, M., Laarni, J., & Kallinen, K. (2006). Phasic Emotional Reactions to Video Game Events: A Psychophysiological Investigation. *Media Psychology, 8*(4), 343-367. DOI : 10.1207/s1532785xmep0804_2
- Schubert, T., & Crusius, J. (2002). Five Theses on the Book Problem: Presence in Books, Film and VR. *PRESENCE 2002-Proceedings of the fifth.*, Repéré à : <http://www.igroup.org/projects/porto2002/SchubertCrusiusPorto2002.pdf>
- Sheridan, T. B. (1992). *Telexrobotics, Automation, and Human Supervisory Control* (p. 393). Cambridge, Massachusetts : Mit Press.
- Silva, M. M. & Cox L. A. (2006). Can parafoveal processing explain skipping behaviour in interactive menu search ?. *Journal of Vision*, Vol. 6, no. 6, article 524. doi : 10.1167/6.6.524
- Slater, M., Linakis, V., Usoh, M., Kooper, R. & Street, G. (1996). Immersion, Presence, and Performance in Virtual Environments: An Experiment with Tri-Dimensional Chess. Dans *ACM Virtual Reality Software and Technology*, 163-172. Repéré à : http://reference.kfupm.edu.sa/content/i/m/immersion__presence__and_performance_in__388082.pdf
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence Teleoperators and Virtual Environments, 6*(6), 603–616.
- Slater, M. (2003). A Note on Presence Terminology. *Presence Connect, 3*(3), 1–5. Repéré à : http://publicationslist.org/data/melslater/ref-201/a_note_on_presence_terminology.pdf
- Slater, M., Lotto, B., Arnold, M. M., Sanchez-Vives, M. V. (2009). How we experience immersive virtual environments: the concept of presence and its measurement. Dans *Anuario de Psicologia*, vol.40, n.2, 193-210. Repéré à : <http://www.raco.cat/index.php/anuariopsicologia/article/viewFile/143105/194705>
- Schneider, E. F., Lang, A., Shin, M., & Bradley, S. D. (2004). Death with a story: How story impacts emotional, motivational, and physiological responses to first-person shooter video games. *Human Communication Research, 30*(3), 361—375.
- Stern, R., & Ray, W. (2001). *Psychophysiological recording* (2^e éd.). New York : Oxford University Press.
- Sweetser, P. & Wyeth, P. (2005). GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment (CIE)*. 3-3. DOI=10.1145/1077246.1077253.
- Toet, A. (2006). Gaze directed displays as an enabling technology for attention aware systems. *Computers in Human Behavior, 22*(4), 615–647. doi:10.1016/j.chb.2005.12.010
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments : A presence questionnaire. *Presence, 7*(3), 225–240. DOI : 10.1162/105474698565686.

Wolfson, S. & Case, G. (2000). The effects of sound and colour on responses to a computer game. *Interacting with Computers*, 13(2), 183—192.