

**HEC MONTRÉAL**

**Mesure de l'expérience optimale en contexte de jeu multijoueur**

**par**

**Marie-Christine Bastarache-Roberge**

**Sciences de la gestion  
(Option Intelligence d'affaires)**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention  
du grade de maîtrise ès sciences en gestion  
(M. Sc.)*

Août 2016

©Marie-Christine Bastarache-Roberge, 2016

CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

No certificat : 2322  
No projet : 1674

La présente atteste que le projet de recherche décrit ci-dessous a fait l'objet d'une évaluation en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains et qu'il satisfait aux exigences de notre politique en cette matière.

**Titre du projet de recherche :**

Mesure de l'expérience optimale en contexte de jeu multijoueur (Phase 1 - Projet Winchester)

**Chercheur principal :**

Chercheur : Pierre-Majorique Léger

Titre : Professeur(e) titulaire  
Service/Option : Technologies de l'information

Co-chercheur : Sylvain Sénécal

Titre : Professeur(e) titulaire  
Service/Option : Marketing

Co-chercheur : Marc Fredette

Titre : Professeur(e) agrégé(e)  
Service/Option : Méthodes quantitatives de gestion

**Date d'approbation du projet :**

15 juillet 2014

**Date de publication du certificat :**

15 juillet 2014

**Date d'échéance du certificat :**

01 juillet 2015



Maurice Lemelin, président  
Comité d'éthique de la recherche



## Résumé

Un grand défi dans le domaine du jeu vidéo est d'augmenter la rétention et le plaisir des joueurs. Le flow (i.e., expérience optimale) est un état important qui permet d'obtenir la satisfaction des joueurs ainsi qu'une motivation intrinsèque à vouloir rejouer. Les modèles traditionnels de flow sont basés sur l'expertise d'une personne et le défi auquel elle fait face. Des recherches en contexte individuel ont constaté que l'utilisation des traits de personnalité des participants ou de leur état psychophysiologique peut contribuer à l'évaluation du flow. L'objectif principal de cette recherche consiste à évaluer en contexte multijoueur si l'utilisation des mesures psychophysiologiques et des traits de personnalité d'un joueur (A) et de son partenaire (B) améliore le modèle prédictif du flow du joueur (A).

Une expérience en laboratoire a été réalisée avec 88 sujets qui ont joué au total 121 parties du jeu Team Fortress 2 (Valve, Bellevue) en équipe de deux. Les signaux physiologiques des joueurs (activité cardiaque, activité électrodermale et valence émotionnelle) ont été recueillis, ainsi que des questionnaires d'auto-évaluation du flow et d'autres questionnaires mesurant entre autres les traits de personnalité et l'expérience en jeu vidéo.

La contribution de cette étude à la littérature est d'explorer la pertinence d'utiliser les données psychophysiologiques et les traits de personnalité pour prédire le flow en contexte multijoueur. Au niveau de la contribution industrielle, les résultats de cette étude pourront intéresser les compagnies de jeux vidéo qui veulent estimer le flow afin d'améliorer leur algorithme de pairage ou ajuster le niveau de difficulté en temps réel.

**Mots-clés** : flow, jeux vidéo multijoueurs, jeu de tir à la première personne, données physiologiques, données psychophysiologiques, traits de personnalité, modèle prédictif, modèle linéaire, *neurogaming*

# Table des matières

Résumé.....	iii
Table des matières.....	v
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures.....	ix
Remerciements.....	x
Chapitre 1 : Introduction.....	1
Chapitre 2 : Revue de littérature.....	5
2.1 L'origine du Flow.....	5
2.2 Évaluer la mesure du flow.....	10
2.3 Mesures psychophysiologiques en jeux vidéos.....	11
2.3.1 Neurogaming.....	13
2.4 Traits de personnalité & flow.....	15
2.5 Flow en contexte d'équipe.....	16
Chapitre 3 : Modèle et hypothèses de recherche.....	18
3.1 Hypothèses de recherche.....	20
Chapitre 4 : Méthodologie.....	24
4.1 Opérationnalisation des mesures.....	24
4.2 Stimuli expérimental.....	25
4.3 Participants à l'étude.....	26
4.4 Protocole expérimental.....	29
4.5 Prétest.....	33
4.6 Mesures physiologiques.....	34
4.7 Mesures psychométriques.....	36
4.8 Post-traitement des données et des variables.....	41
4.8.1 Nettoyage de données et traitement des données manquantes.....	45
4.9 Stratégie d'analyse.....	48
Chapitre 5 : Analyse des résultats.....	51

5.1	Statistiques descriptives de base sur la variable dépendante de flow.....	51
5.2	Modèles .....	52
5.2.1	Modèle traditionnel.....	53
5.2.2	Modèle Individuel.....	53
5.2.3	Modèle avec joueur B.....	55
5.3	Comparaison des modèles .....	57
5.4	Variables perceptuelles.....	59
5.5	Ordonnancement .....	63
5.5.1	Traits de personnalité.....	64
5.5.2	Dimensions psychophysiologiques.....	67
5.6	Analyses post hoc .....	69
Chapitre 6 : Discussion .....		71
6.1	Résumé des principaux modèles .....	71
6.2	Résumé de l'ordonnancement .....	73
6.3	Résultats post hoc .....	75
6.4	Limites de l'étude .....	76
Chapitre 7 : Conclusion.....		80
7.1	Contributions théoriques .....	80
7.2	Contribution industrielle.....	82
7.3	Avenues de recherche.....	82
Bibliographie.....		84
Chapitre 8 : Annexes.....		90
8.1	Formulaire de Consentement.....	90
8.2	Questionnaire final .....	97
8.3	Protocole de l'assistante Jeux.....	100
8.3.1	Contrôle Winchester : 4 joueurs, Condition 1 .....	110
8.3.2	Contrôle Winchester : 4 joueurs, Condition 2 .....	111
8.3.3	Contrôle Winchester : 4 joueurs, Condition 3 .....	112

8.3.4 Contrôle Winchester : 2 ou 3 joueurs, Condition 1 .....	113
8.3.5 Contrôle Winchester : 2 ou 3 joueurs, Condition 2 .....	114
8.3.6 Contrôle Winchester : 2 ou 3 joueurs, Condition 3 .....	115
8.4 Protocole de l'assistante physio .....	116
8.5 Flow short scale original .....	121
8.6 Questionnaire après chaque partie.....	122
8.7 Coefficient de l'alpha de Cronbach pour le construit de flow, 10 questions .....	123
8.8 Coefficient d'alpha de Cronbach pour le construit de flow, 9 premières questions	125
8.9 Nombre de facteur pour le flow suggérés par la méthode d'estimation ml .....	127
8.10 Liste des variables de l'étude .....	128
8.11 Variables sélectionnées pour les modèles .....	133
8.12 Autres corrélations directes significatives avec le flow .....	136

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Alternance des joueurs A, B, C et D .....	31
Tableau 2 : Conditions .....	32
Tableau 3 : Sortie SAS de la méthode de rotation varimax .....	39
Tableau 4 : Détails des variables physiologiques utilisées pour les modèles de prédiction	44
Tableau 5 : Statistiques descriptives de la variable flow .....	51
Tableau 6 : Variables dans le modèle traditionnel .....	53
Tableau 7 : Variables ajoutées dans le modèle individuel (à partir du modèle traditionnel)	54
Tableau 8 : Variables ajoutées dans le modèle avec joueur B (à partir du modèle individuel)	55
.....	55
Tableau 9 : Performance des trois modèles principaux .....	57
Tableau 10 : Variables perceptuelles considérées comme contraignantes.....	60
Tableau 11 : Comparaison des performances des trois modèles principaux sans variables perceptuelles contraignantes .....	62
Tableau 12 : Variables du modèle « Aucune dimension ».....	64
Tableau 13 : Variables ajoutées pour modèle d'émotivité .....	65
Tableau 14 : Performance des modèles des traits de personnalité individuels .....	65
Tableau 15 : Variable ajouté pour le rythme cardiaque .....	67
Tableau 16 : Performance des modèles des outils physiologiques individuels .....	68
Tableau 17 : Corrélations additionnelles avec le flow .....	70

# Liste des figures

Figure 1: Traduction du modèle de flow original (Csikszentmihalyi 1975).....	8
Figure 2: Traduction du modèle reformulé de flow en quadrants (Csikszentmihalyi 1988...)	8
Figure 3 : Traduction du modèle du flow et de l'excitation (Pfeiffer 2012).....	13
Figure 4 : Principaux modèles prédictifs .....	19
Figure 5 : Exemple du jeu Team Fortress 2 (Valve, Bellevue), utilisé avec permission .....	26
Figure 6 : Distribution de l'expérience en jeu de tir à la première personne pour l'échantillon.....	28
Figure 7 : Distribution de l'appréciation pour les jeux de tir à la première personne pour l'échantillon.....	28
Figure 8 : Image de la salle d'expérimentation, Tech3lab .....	30
Figure 9 : EDA, Image du tech3lab .....	34
Figure 10 : Activité cardiaque, Image du tech3lab .....	35
Figure 11 : Respiration, Image du tech3lab .....	35
Figure 12 : Émotions faciales, Image du tech3lab .....	36
Figure 13 : Boxplot de la variable Flow .....	52

# Remerciements

En premier lieu, j'aimerais remercier mes directeurs Pierre-Majorique Léger et Marc Fredette pour leur soutien, ainsi que l'opportunité de rédiger un mémoire dans mon domaine préféré, les jeux vidéo.

Je tiens à remercier l'équipe du Tech3Lab pour l'expérience en laboratoire ; les assistantes de recherche, Sabrina Alarie-Carrière, Emma Campbell, Cindy Maddalena, Beverly Resseguier et Marianne Vadez, qui ont travaillé directement sur le terrain, ainsi que la chargée du projet qui a assuré la gestion à mes côtés : Shirley-Anne Pagé. Enfin, je remercie François Courtemanche, à la fois directeur des opérations, programmeur, MacGyver, et motivateur.

Je remercie aussi le Fonds Nature et technologies pour leur généreuse bourse d'études liée à mon mémoire, qui m'a permis de le finir sans soucis financiers.

Finalement, je remercie mes amis des HEC pour leur support moral : Camille, Vanessa, Élise, Guillaume, Frederick, David et Cristina, ainsi que ma famille, qui m'a toujours encouragée à donner le meilleur de moi-même.

## Chapitre 1 : Introduction

Dans l'industrie des jeux vidéo, l'intérêt pour le *Neurogaming* est assez récent, ce qui entraîne une évolution de l'industrie. Le terme *Neurogaming* n'a pas de définition officielle, mais on pourrait le représenter comme étant toutes les technologies qui utilisent des mesures du système nerveux et musculaire pour améliorer l'expérience de jeu. Cela englobe donc les mouvements corporels (ex. Kinect, Oculus rift), mais aussi toutes les mesures neurophysiologiques ou psychophysiologiques (électroencéphalographie, oculométrie, activité électrodermale, rythme cardiaque, émotions faciales, personnalité, etc.) qui sont soit collectées pour la recherche, ou pour modifier dynamiquement le jeu.

Les avancées en *Neurogaming* créent des nouveaux jeux avec l'utilisation de nouvelles technologies, mais permettent aussi d'améliorer les jeux déjà sur le marché (voir section 2.3.1). Entre autres, un grand défi dans le domaine du jeu vidéo consiste à augmenter la rétention et le plaisir des joueurs. Alors qu'un jeu trop facile désintéressera le joueur, un jeu trop difficile causera de la frustration. Le flow (i.e., expérience optimale) est un état important qui permet d'obtenir la satisfaction des joueurs ainsi qu'une motivation intrinsèque à jouer (Csikszentmihalyi 1990). Il est principalement basé sur l'équilibre entre le défi et l'expertise.

Les compagnies de jeux vidéo essaient depuis longtemps d'atteindre cet équilibre par divers moyens. Pour la plupart des jeux, la difficulté augmente graduellement, par exemple les niveaux de Super Mario Bros (Nintendo, Kyoto), mais cela limite la flexibilité. Une autre méthode classique consiste à offrir plusieurs niveaux de difficulté, et de laisser le joueur

choisir ce qu'il préfère. Cependant, le changement du niveau de difficulté entraîne l'interruption de la session de jeu, ce qui peut causer de la frustration (Chen 2006). Plus récemment, l'ajustement dynamique de difficulté (Dynamic Difficulty Adjustment, DDA) est utilisé pour modifier la difficulté du jeu en temps réel selon la performance des joueurs (Liu 2009).

Il est encore plus complexe en mode multijoueur d'assurer l'équilibre entre le défi et l'expertise pour chacun des joueurs. Le *matchmaking*, ou les algorithmes de pairage, ont pour tâche de « créer les équipes selon les joueurs en attente pour un jeu, de façon à maximiser le plaisir des joueurs » (Delalleau 2012, p.1 - traduction libre). Les algorithmes de pairage tentent de mettre en compétition des équipes avec des niveaux semblables d'expertise, et donc les plus équitables possible. Ces algorithmes sont des secrets bien gardés des entreprises, et se doivent d'être performants afin de satisfaire leur clientèle. Ils sont souvent basés uniquement sur l'expertise, ce qui est nécessaire dans les sections hautement compétitives où le but est que chaque joueur atteigne le rang le plus représentatif possible de son expertise relative, mais cela n'est pas nécessairement optimal pour les joueurs occasionnels.

Malgré les exemples ci-dessus qui sont basés sur l'expertise et le défi, il n'en demeure pas moins que

« le problème avec l'état de flow est qu'il ne dépend pas entièrement sur la nature objective du défi présent ou du niveau objectif de l'expertise. En fait, qu'un individu soit en

flow ou non dépend totalement de sa propre perception sur le défi et son expertise.»  
(Csikszentmihalyi 1975, p56 – traduction libre).

Chaque individu a une propension au défi particulière ; certains préfèrent être totalement en contrôle et toujours gagner, alors que d'autres préfèrent avoir un niveau de défi très élevé. Certaines recherches ont constaté, en contexte individuel, que l'utilisation de la personnalité des participants, ou alors de leurs données physiologiques, peut contribuer à l'évaluation du flow (Chanel 2008; Nacke 2008; Seger 2012). D'autres études démontrent que dans un groupe, le flow d'une personne est influencé par les autres (Walker 2010; Borderie 2015). Dans cette étude, nous utiliserons à la fois les traits de personnalité et l'état psychophysiologique, mais dans un contexte multijoueur.

La question de recherche se divise en deux parties. Tout d'abord, nous voulons évaluer si l'utilisation des traits de personnalité et des états psychophysiologiques d'un joueur (A) et de son partenaire (B) améliore le modèle prédictif du flow du joueur (A).

Le flow en jeu vidéo n'ayant pas été étudié avec des traits de personnalité et des états psychophysiologiques en mode multijoueur à notre connaissance, la contribution théorique de cette étude consiste à explorer dans ce contexte s'il est pertinent d'utiliser les états psychophysiologiques et les traits de personnalité du joueur et de son partenaire afin d'évaluer la prédiction du flow du joueur.

Ensuite, pour simuler un contexte plus réaliste de jeu vidéo, nous voulons retirer les variables perceptuelles contraignantes (par exemple la difficulté subjective) qui

nécessiteraient trop de temps à obtenir pour chaque partie de jeu. Avec ces nouveaux modèles, nous voulons évaluer si les performances prédictives individuelles des traits de personnalité et des mesures physiologiques sont significativement pertinentes, et ordonnancer les mesures physiologiques et les traits de personnalité utilisés selon leur contribution individuelle à la prédiction du flow.

Au niveau de la contribution industrielle, les résultats de cette étude pourront intéresser ceux qui veulent estimer le flow, par exemple les équipes de e-sport professionnelles qui veulent améliorer leur performance de groupe, ou alors les compagnies de jeux vidéo qui veulent améliorer leur algorithme de pairage ou ajuster le niveau de difficulté en temps réel. L'ordonnancement des mesures selon leurs apports de précision du flow permettra aux compagnies d'estimer les coûts/bénéfices et facilitera leur choix d'outils potentiels.

Afin de répondre à notre question de recherche, nous présenterons d'abord une revue de littérature (Chapitre 2) explorant le concept du flow, des jeux vidéo, des mesures psychophysiologiques et des traits de personnalité. Ensuite, nous présenterons le cadre conceptuel et les hypothèses de recherche (Chapitre 3), puis la méthodologie utilisée (Chapitre 4) pour effectuer la collecte de données, le post-traitement des variables, le nettoyage des données et le traitement des valeurs manquantes, ainsi que la stratégie d'analyse. Les résultats détaillés seront présentés dans la section Analyse des résultats (Chapitre 5), pour ensuite découler sur la discussion des résultats et des limites de l'étude (Chapitre 6) et conclure avec les contributions et avenues de recherche futures (Chapitre 7).

## Chapitre 2 : Revue de littérature

### 2.1 L'origine du Flow

Le terme flow a été utilisé pour la première fois dans la littérature scientifique par Csikszentmihalyi en 1975 pour définir un état qu'il retrouvait entre autres parmi les artistes, joueurs d'échecs, musiciens et sportifs étudiés. Ce terme permettait de définir une « sensation holistique que les gens ressentent lorsqu'ils agissent en étant totalement impliqués » (Csikszentmihalyi 1975, p. 43- traduction libre). Le flow a été un peu plus tard défini comme étant « un état psychologique où un individu est efficace cognitivement, motivé et content » (Moneta & Csikszentmihalyi 1996, p. 277- traduction libre). Le flow est parfois traduit en français par « expérience optimale » ou « immersion optimale », mais le terme original sera utilisé dans cette étude pour plus de précision.

Alors que la plupart des activités sont exercées en échange d'une récompense externe, par exemple le travail pour un salaire, en état de flow, « les gens sont prêts à exercer une activité pour elle-même, et sont peu concernés par ce qu'ils peuvent en tirer » (Csikszentmihalyi, 1990: p71- traduction libre). L'activité est donc intrinsèquement satisfaisante. En plus de la musique, l'art et le sport, lire un roman est un exemple classique d'activité pouvant permettre à un individu d'être en flow (Csikszentmihalyi, 1990).

Le flow possède neuf caractéristiques selon Csikszentmihalyi (1990) (résumé et traduction libre) :

#	Caractéristique	Définition
1	L'équilibre entre le défi et l'expertise	Le défi doit être assez grand pour ne pas ennuyer, mais pas au point de décourager totalement. La tâche doit donc être à la hauteur de l'expertise d'un individu.
2	Buts clairs	Il doit y avoir la présence d'un ou des buts atteignables, sans être trop facile.
3	Rétroaction claire	L'individu doit pouvoir, à chaque étape de l'activité, connaître sa performance, savoir s'il est sur le bon chemin, savoir s'il commet une erreur, etc.
4	Fusion de l'activité et de la conscience	Les pensées de l'individu sont entièrement concentrées sur la tâche. Il peut être difficile pour une personne externe de capter l'attention de l'individu.
5	Sensation de distorsion du temps	L'individu n'a plus conscience du temps qui passe.
6	Perte de conscience de soi	L'individu ne se considère plus comme une entité externe à l'activité, mais plutôt comme faisant

		partie d'elle.
7	Sensation de contrôle	L'individu se sent en contrôle de la situation et considère que ses actions sont presque automatiques. Il ne s'inquiète pas de l'échec.
8	Sentiment de plaisir	L'expérience est perçue comme étant très agréable.
9	L'activité devient intrinsèque	L'activité est satisfaisante en elle-même, et non pour une récompense externe.

Chen (1999) a ensuite catégorisé ces caractéristiques selon leur relation avec le flow. L'équilibre entre le défi et l'expertise, les buts clairs et la rétroaction claire (1,2,3) sont considérés comme étant des conditions nécessaires pour atteindre le flow. La fusion de l'activité et la conscience, la sensation de distorsion du temps et la perte de conscience de soi (4,5,6,7) seraient plutôt les caractéristiques ressenties lorsqu'on vit une expérience de flow. Pour conclure, le sentiment de plaisir et l'activité devenant intrinsèque (8,9) représenteraient les résultats finaux découlant du flow.

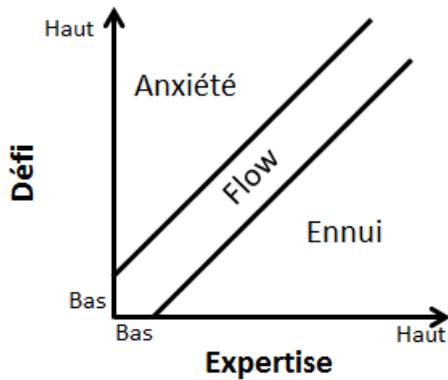


Figure 1: Traduction du modèle de flow original (Csikszentmihalyi 1975)

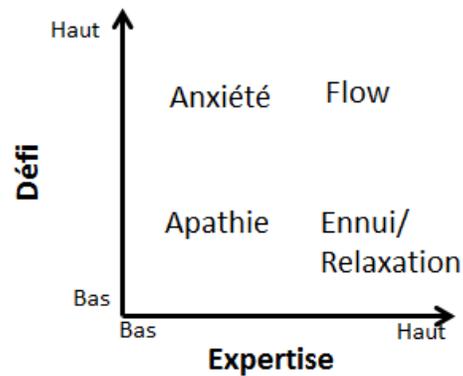


Figure 2 : Traduction du modèle reformulé de flow en quadrants (Csikszentmihalyi 1988)

Le modèle du flow est principalement basé sur le rapport entre le défi et l'expertise. Le premier modèle de flow établi par Csikszentmihalyi en 1975 (figure 1) considère que lorsque le défi équivaut à l'expertise, l'individu peut atteindre le flow. Lorsque le défi est trop difficile pour le niveau d'expertise, l'individu est en situation d'angoisse/d'anxiété, et lorsque le défi est trop facile pour le niveau d'expertise, il ressent de l'ennui.

Le modèle a été ensuite reformulé en 1988 (figure 2), et ne considère plus maintenant qu'un défi faible et une expertise faible peuvent mener au flow. Cette situation est dorénavant appelée apathie, « un état psychologique dans lequel une personne est simultanément insatisfaite, faible, non motivée, passive, et inefficace cognitivement » (Moneta 1999, p.606 - traduction libre). Il faudrait donc posséder un certain minimum de défi et d'expertise pour pouvoir atteindre le flow, ce qui se traduit par un nouveau modèle en

forme de quadrant. De plus, la situation d'ennui a été renommée « ennui /relaxation » (Csikszentmihalyi, 1988).

Ce modèle a été ensuite défini comme le modèle statique, qui diffère légèrement du modèle dynamique et du modèle pivot (Moneta, 1999). Le modèle dynamique considère qu'un individu entreprendra des actions lorsque l'équilibre de flow n'est pas atteint. Il pourrait soit tenter de modifier l'activité pour la rendre plus difficile ou plus facile, ou changer d'activité. Si son expertise est trop faible par rapport au défi, il pourrait aussi tenter d'améliorer ses capacités.

Dans un contexte de jeu vidéo, on pourrait traduire ces actions par le fait de modifier le niveau de difficulté ou revenir en arrière dans le jeu, de changer complètement de jeu vidéo, ou d'aller se renseigner sur les meilleures techniques pour être plus performant.

Le modèle pivot considère simplement que ce n'est pas uniquement l'équilibre entre le défi et l'expertise qui est important, mais aussi la taille du défi et de l'expertise (Moneta, 1999). Même si le flow peut être atteint dans un contexte où le défi et l'expertise sont considérés comme moyens, il sera supérieur dans un contexte où le défi et l'expertise sont tous les deux élevés.

## 2.2 Évaluer la mesure du flow

Malgré l'implication importante du défi et de l'expertise,

« le problème avec l'état de flow est qu'il ne dépend pas entièrement de la nature objective du défi présent ou du niveau objectif de l'expertise. En fait, qu'un individu soit en flow ou pas dépend totalement de sa propre perception du défi et de son expertise »

(Csikszentmihalyi 1975, p.56 – traduction libre).

Les recherches démontrent que la relation entre le défi et l'expertise varie énormément selon les individus (Pfister 2002 ; tel que cité dans Engeser 2008). Afin d'évaluer le flow, les chercheurs utilisent parfois la méthode d'entrevue pour obtenir une description détaillée de l'expérience (Csikszentmihalyi, 1975). Une autre méthode consiste de questionnaires basés sur les 9 dimensions de Csikszentmihalyi, parfois sur les expériences de flow en général, ou alors spécifique à une activité qui vient de se terminer. La troisième méthode est l'échantillonnage d'expérience (*Experience Sampling Method*) (Csikszentmihalyi & Larson, 1977), où les participants sont équipés d'une pagette à l'extérieur du laboratoire et doivent interrompre leur activité afin de remplir un questionnaire de flow dans le vif de l'action.

Un des questionnaires les plus populaires est le *Flow State Scale* (Jackson, 1996), spécialement conçu pour les sports, et parfois utilisé dans d'autres domaines. En jeu vidéo, l'*Egameflow* (Fu, 2009) inclut des éléments du flow, tout comme le *Game Experience Questionnaire* (IJsselsteijn, manuscrit en préparation) et le *Game Engagement*

*Questionnaire* (Brockmyer, 2009). Un autre questionnaire, cette fois-ci non spécifique à une activité particulière, est celui du *Flow Short Scale* (Rheinberg 2003; tel que cité par Engeser 2008).

Le problème avec ce genre de questionnaires est qu'il faut les remplir le plus rapidement possible après une activité, ou alors on doit interrompre l'activité et risquer de briser l'état de flow en cours. Ils permettent d'estimer le flow moyen sur une période, mais pas à des moments précis. Cependant, ils sont plus rapides et souvent plus faciles à comparer que les entrevues. Certaines recherches se sont penchées sur les états psychophysiologiques sous-jacents à l'état de flow, qui pourraient potentiellement aider à évaluer le flow en temps réel, et peut-être même un jour remplacer complètement l'usage de questionnaires.

### **2.3 Mesures psychophysiologiques en jeux vidéos**

Plusieurs recherches ont utilisé les signaux physiologiques des joueurs pour estimer leur état psychologique (Kivikangas 2011; Chanel 2008). Les résultats indiquent que le flow est plus grand lors de présence d'émotions positives et d'état excitation /d'éveil élevé (Nacke, 2008).

Le type de jeu pourrait avoir un impact sur les signaux physiologiques. Selon Rajava (2008) les éléments positifs d'un jeu violent (tuer ou blesser l'adversaire dans un jeu de tir à la première personne) seraient associés à des émotions négatives, tandis que pour un jeu

non violent, ce même type d'éléments serait associé à des émotions positives (ramasser des bananes dans le jeu Super Monkey Ball 2).

Pour s'attaquer au problème de l'équilibre entre l'expertise et la difficulté, on utilise parfois l'ajustement dynamique de difficulté (*Dynamic Difficulty Adjustment*) afin de modifier le jeu en temps réel selon la performance des joueurs. Selon des travaux assez récents, la difficulté peut aussi être modifiée selon les signaux physiologiques du joueur (Tjies 2008; Chanel 2008). L'étude de Liu (2009) a comparé l'ajustement dynamique de difficulté basé sur la performance avec celui basé sur l'anxiété estimée par de nombreuses mesures physiologiques. Malgré le petit échantillon, les résultats tendent à démontrer que l'utilisation de mesures physiologiques pour régler la difficulté mène à une meilleure expérience de jeu que lorsqu'on utilise la performance.

D'autres études se sont plutôt intéressées à l'électroencéphalographie (EEG) pour évaluer le flow (De Kock 2014; Plotnikov 2012; Nacke 2010). Dans le domaine des jeux sérieux, l'utilisation de mesures neurophysiologiques semble contribuer à l'évaluation de l'absorption cognitive (Léger, 2014).

Selon le modèle de Pfeiffer,

“le flow est un état de valence positive (composante affective), résultant d'une activité qui a été évaluée comme un défi optimal (composante cognitive), caractérisé par l'activation physiologique optimisée (composante physiologique) pour la concentration

complète sur l'adaptation à l'environnement/aux tâches exigées (composante comportementale)” (Pfeiffer 2012, p.160 - traduction libre).

Le flow serait donc caractérisé par une activation physiologique optimale, qui se trouverait dans un “juste milieu” d’une courbe en U (voir figure 3). Le niveau d’excitation ne doit pas être trop faible, ni trop élevé, afin d’obtenir un grand flow.

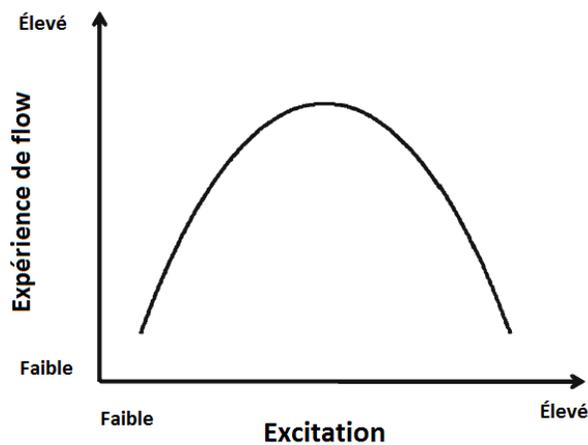


Figure 3 : Traduction du modèle du flow et de l’excitation (Pfeiffer, 2012)

### 2.3.1 Neurogaming

Le terme *Neurogaming* n’a pas de définition officielle, mais on pourrait le représenter comme étant toutes les technologies qui utilisent les mesures du système nerveux et musculaire pour améliorer l’expérience de jeu. Ceci englobe donc les mouvements

corporels (ex Kinect, Oculus rift), mais aussi toutes les mesures neurophysiologiques ou psychophysiologiques (électroencéphalographie, oculométrie, activité électrodermale, rythme cardiaque, émotions faciales, personnalité, etc.) qui sont soit collectées pour la recherche, ou pour modifier le jeu de façon dynamique.

Les jeux vidéo sont souvent testés non seulement pour corriger les erreurs (*bugs*), mais aussi pour évaluer l'expérience utilisateur et améliorer le jeu. Cette rétroaction est souvent obtenue par interviews ou questionnaires psychométriques, comme l'*Egameflow* (Fu, 2009). Cependant, en utilisant le *neurogaming*, cette expérience utilisateur peut aussi être évaluée par des mesures neurophysiologiques, comme le font entre autres le laboratoire Play Test d'Ubisoft et le Tech3lab. Ces mesures neurophysiologiques peuvent enrichir la rétroaction, par exemple grâce au *Biometric Storyboard* (Mirza-Babaei, 2012) qui présente les événements du jeu avec les commentaires des joueurs, mais aussi leurs mesures physiologiques. Jusqu'à date, les résultats indiquent que le *Biometric Storyboard* serait plus efficace que le test utilisateur traditionnel (Mirza-Babaei, 2013).

Le *neurogaming* est aussi utilisé pour modifier le jeu de façon dynamique grâce aux outils neurophysiologiques. Nous avons vu précédemment que cela peut être pour l'ajustement de difficulté qui change selon les mesures physiologiques (Tjis 2008; Chanel 2008; Liu 2008). Mais cela peut aussi constituer une partie intégrale du jeu, comme dans l'étude de Nacke (2011) qui a testé plusieurs contrôles physiologiques directs et indirects modifiant en temps réel un jeu de type plateforme. Par exemple, l'activation du muscle de la jambe captée par électromyographie (EMG) permettait au joueur de courir plus vite et de sauter plus haut.

Les résultats indiquent que les joueurs appréciaient ces nouveaux contrôles, surtout lorsqu'ils étaient faciles à utiliser et reliés à l'action.

Certains jeux de ce type sont déjà sur le marché ou en développement, surtout au niveau des capteurs électroencéphalographie (EEG) (*Muse Relaxation, Neuromage, Throw trucks with your mind, Star Wars The Force Trainer I&II, Journey to Wild Divine, etc.*).

## **2.4 Traits de personnalité & flow**

Alors que les recherches utilisant les données physiologiques en lien avec le flow sont abondantes, il semble y avoir moins d'intérêt à mesurer les traits de personnalité pour évaluer le flow en contexte de jeux vidéo. Cependant, on parle parfois de personnalité autotélique, soit la tendance à exercer des activités pour elles-mêmes, liée au concept de motivation intrinsèque (Csikszentmihalyi 1975;1990). Selon des études sur des étudiants, la personnalité autotélique pourrait être corrélée positivement avec la fréquence des expériences de flow (Asakawa, 2004) et la qualité des expériences de flow (Carli, 1998).

Certaines études démontrent également le lien entre le flow et les questionnaires de personnalité classiques. Selon l'étude d'Ullén (2012) utilisant les traits de personnalité des *Big Five* (John, 1999), la tendance à vivre des expériences de flow serait corrélée

positivement avec le trait de personnalité de conscience, mais négativement avec celui du névrosisme. Les études de Johnson (2014) et Ross (2014) utilisant le NEO Personality Inventory–Revised (Costa, 1992) appuient aussi un lien entre le flow et les traits de personnalité de conscience et névrosisme, mais Ross (2014) ajoute les traits d’agréabilité (corrélation négative) et d’extraversion (corrélation positive).

Plus spécifiquement en jeu vidéo, des différences moyennes de personnalité entre les joueurs et les non-joueurs ont été remarquées (Teng 2008; Seger 2012), et il semble bel et bien avoir un lien entre la personnalité et les expériences de flow en jeu vidéo (Seger, 2012). Selon les résultats de Seger, la fréquence des expériences de flow en jeu vidéo serait plus élevée lors de la présence des traits de personnalité suivants : grand désir d’apprendre, grand désir de compétition, et peu de désir d’activité.

## **2.5 Flow en contexte d’équipe**

La théorie de la contagion émotionnelle suppose que dans un groupe, les gens sont influencés par l’humeur des autres (Barsade, 2002). Le flow a été principalement étudié en contexte individuel, mais certaines recherches se sont penchées sur l’effet de groupe (Heyne 2011; Cosma 1999; Mosek 2009), souvent dans le domaine du sport et de la musique, et parfois sur la performance de groupe (Léger 2013).

Walker (2010) définit deux formes de flow en groupe : *co-active social flow* (flow co-actif social) et *interactive flow* (flow interactif). Le flow co-actif social serait possible lors d'une activité de groupe qui ne nécessite pas d'interaction avec les autres ; par exemple un marathon en groupe, ou l'écoute de musique avec un ami. Le flow interactif nécessiterait une interaction avec les autres, comme la plupart des sports et des jeux vidéo d'équipe.

Au niveau des jeux vidéo en collaboration, jouer avec un ami plutôt qu'un étranger augmenterait l'engagement du joueur (Peng, 2012). Plus spécifiquement, il y aurait un lien entre l'état neurophysiologique d'un joueur et le flow de son partenaire (Labonté, 2016). De plus, Borderie (2015) a exploré qualitativement à l'aide d'entrevues le *team flow* (flow d'équipe) en jeux vidéo, spécifiquement avec les jeux League of Legends (Riot Games, Los Angeles) et Resident Evil 5 (Capcorn, Osaka). Au niveau des jeux vidéo en compétition, il semblerait que les expériences de flow sont plus fréquentes lorsque l'adversaire est un être humain plutôt qu'un ordinateur (Weibel 2008; Rajava 2006) et que cela est encore mieux lorsque l'être humain est un ami plutôt qu'un étranger (Rajava, 2006).

## Chapitre 3 : Modèle et hypothèses de recherche

Dans ce chapitre, nous présenterons les principaux modèles prédictifs ainsi que leurs hypothèses.

La question de recherche tente de déterminer s'il est pertinent d'utiliser les mesures psychophysiologiques et les traits de personnalité des deux partenaires pour prédire le flow d'un des joueurs. À notre connaissance, aucune étude ne s'est encore penchée sur le flow dans un contexte d'équipe qui prend en compte à la fois les états psychophysiologiques et les traits de personnalité.

Nous devons premièrement choisir un modèle de référence. Traditionnellement, le flow est prédit grâce à l'expertise et le défi auxquels fait face un joueur (Csikszentmihalyi, 1975) (voir figure 1 et figure 2). Nous créons donc le modèle traditionnel qui inclut l'expertise du joueur A et le niveau de difficulté de la partie jouée. La précision de ce modèle prédictif sera celle qu'on estime pouvoir obtenir sans l'utilisation de mesures psychophysiologiques ou de traits de personnalité (voir figure 4 : Modèle Traditionnel).

Ensuite, nous ferons une distinction entre le côté individuel et le côté multijoueur. Le deuxième modèle sera donc le modèle individuel. En plus des mesures du modèle traditionnel, le modèle individuel inclut les mesures psychophysiologiques et les traits de

personnalité du joueur A, sans aucune information sur le joueur B (voir figure 4 : Modèle Individuel).

Pour finir, le troisième modèle ajoute par rapport au modèle individuel les mesures relatives aux joueurs B. Cela inclut donc les mesures psychophysiologiques et les traits de personnalité du joueur B, mais aussi son niveau d'expertise (voir figure 4 : Modèle avec joueur B).

La figure 4 ci-dessous représente les trois modèles imbriqués avec leurs mesures respectives qui permettront d'estimer le flow du joueur A.

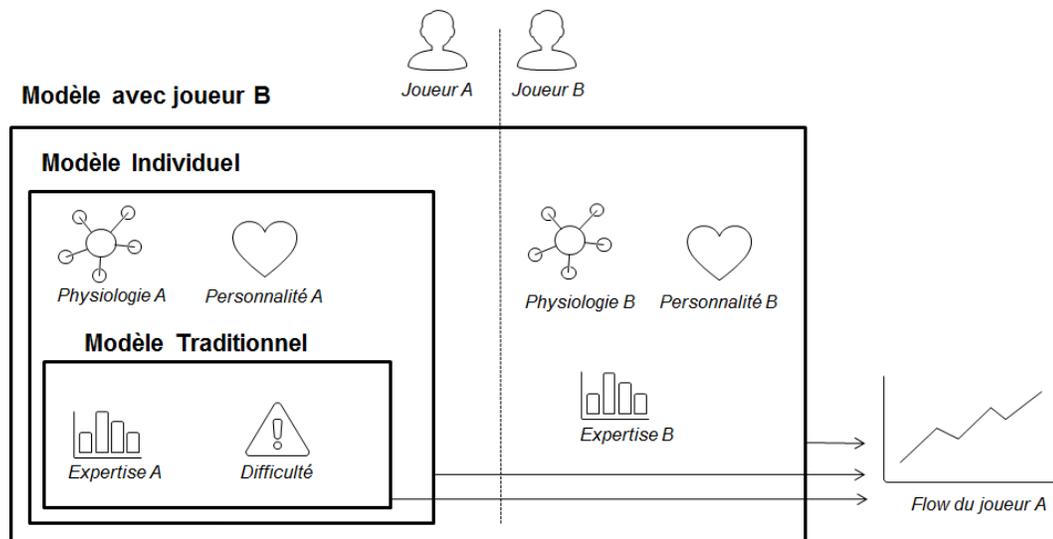


Figure 4 : Principaux modèles prédictifs

### **3.1 Hypothèses de recherche**

Les études supportent un lien entre le flow et l'état psychophysiologique (Chanel, 2008). Plus précisément, selon Nacke (2008), le flow est plus grand lors de présence d'émotions positives et d'état excitation/d'éveil élevé.

Les études de Johnson (2014), Ross (2014) et Ullén (2012) appuient un lien entre le flow et les traits de personnalité de Conscience et de Névrosisme, mais Ross (2014) ajoute aussi un lien entre les traits d'Agréabilité (corrélation négative) et d'Extraversion (corrélation positive). Ce mémoire utilise les traits de personnalité du test HEXACO (Lee 2004), qui n'est pas le test utilisé pour les études précédentes, mais certains traits devraient être comparables.

Les études suggèrent donc que le flow a un lien avec l'état psychophysiologique ainsi qu'avec certains traits de personnalité, ce qui nous amène à l'hypothèse suivante :

H1-a : La performance du modèle individuel pour prédire le flow sera plus grande que celle du modèle traditionnel.

La théorie de la contagion émotionnelle suppose que dans un groupe, les gens sont influencés par l'humeur des autres (Barsade, 2002). Plus spécifiquement avec le concept de

flow, les résultats des études indiquent que le flow d'une personne peut être influencé par les autres (Heyne 2011; Cosma 1999; Mosek 2009, Léger 2013).

En jeux vidéo, il semble y avoir un lien entre l'état neurophysiologique d'un joueur et le flow de son partenaire (Labonté, 2016). De plus, les expériences de flow seraient plus fréquentes lorsque le coéquipier est un ami plutôt qu'un étranger (Peng, 2012). Selon les deux types de flow de groupe de Walker (2010), une partie de jeu vidéo en collaboration pourrait créer un flow interactif (*interactive flow*), puisque les joueurs interagissent pour atteindre leur but.

Puisque les études suggèrent que le coéquipier a un impact sur le flow de son partenaire, nous émettons l'hypothèse suivante :

H1-b : La performance du modèle avec le joueur B pour prédire le flow sera plus grande que celle du modèle individuel.

Les trois principaux modèles incluent beaucoup de mesures en interaction, et il pourrait être intéressant d'analyser ces mesures individuellement. Nous allons ordonnancer les traits de personnalité et les mesures psychophysiologiques selon leur contribution individuelle à la prédiction du flow, et analyser lesquels sont significativement pertinents. Ainsi, une compagnie de jeux vidéo intéressée à utiliser une de ces mesures pourra voir leurs

contributions respectives et comparer avec les prix des outils disponibles sur le marché et/ou le temps nécessaire à compléter un questionnaire. Afin de créer un contexte plus réaliste de jeux vidéo, nous enlèverons des modèles toutes les variables perceptuelles contraignantes (par exemple la difficulté subjective) qui requièrent de poser des questions au joueur après ou pendant chaque partie de jeu.

Le temps requis pour remplir un questionnaire de personnalité pourrait être réduit si l'on ne mesure que les traits de personnalité qui font une différence significative dans la performance de prédiction. Selon les études de Johnson (2014), Ross (2014) et Ullén (2012), certains traits de personnalité sont corrélés individuellement avec le flow, mais leurs études n'étaient pas dans un contexte de jeux vidéo en collaboration. Nous émettons donc l'hypothèse suivante :

H2-a : Au moins un trait de personnalité utilisé individuellement contribue significativement à la prédiction du flow

De plus, les outils physiologiques entraînent des coûts additionnels et peuvent créer des complications. Même s'il est probable que la puissance de prédiction soit meilleure en utilisant plusieurs outils simultanément, il est possible que ce ne soit pas avantageux de le faire. Les études de Nacke (2008), en contexte de jeu vidéo individuel, et Léger (2014), en

contexte de jeu sérieux individuel, démontrent que des mesures physiologiques peuvent être individuellement significatives. Nous émettons donc l'hypothèse suivante :

H2-b : Au moins une mesure psychophysique utilisée individuellement contribue significativement à la prédiction du flow.

Après avoir répondu à nos hypothèses, nous effectuerons des analyses post-hoc sur les corrélations de certaines variables avec le flow.

## Chapitre 4 : Méthodologie

Étant donné l'utilisation de mesures psychophysiologiques, la meilleure méthode pour tester l'hypothèse de recherche fut de procéder à une expérimentation en laboratoire. L'expérimentation fut approuvée par le comité d'éthique de la recherche des HEC Montréal (numéro de certificat 2322) et s'est déroulée pendant deux semaines au laboratoire de recherche Tech3lab. Au total, 88 participants (31 femmes, 57 hommes) furent recrutés à l'aide du panel HEC Montréal et ont reçu une compensation monétaire d'une valeur de 25\$ CAN.

### 4.1 Opérationnalisation des mesures

Plusieurs méthodes sont possibles pour évaluer le flow : méthode d'entrevue pour obtenir une description détaillée de l'expérience (Csikszentmihalyi, 1975), l'échantillonnage d'expérience (*Experience Sampling Method*) (Csikszentmihalyi & Larson, 1977), des questionnaires sur les expériences de flow en général (exemple Seger 2012), et des questionnaires administrés directement après une activité (exemple Engeser 2008).

Puisque nous voulons prédire le flow, la méthode d'entrevue n'a pas été considérée car elle est plus riche en données qualitatives que quantitatives. L'échantillonnage d'expérience, où les participants sont équipés d'une pagette à l'extérieur du laboratoire et doivent interrompre leur activité pour remplir un questionnaire de flow dans le vif de l'action, n'a

pas été choisi à cause de sa complexité et de ses coûts. Malgré le fait que cette méthode procure un environnement plus réaliste, ce dernier est aussi beaucoup moins contrôlé.

Le questionnaire sur les expériences de flow en général aurait permis d'atteindre un plus grand nombre de participants, mais il n'aurait pas été possible d'inclure les mesures physiologiques.

La méthode du questionnaire administré directement après activité (une partie de jeu en laboratoire) a donc été choisie. En plus de pouvoir estimer un flow quantitatif et facilement comparable, il s'agit d'une expérience récente et donc encore fraîche à l'esprit, et l'environnement est parfaitement contrôlé.

## **4.2 Stimuli expérimental**

Le jeu Team Fortress 2 (Valve, Bellevue), jeu de tir à la première personne (*first person shooter*), a été choisi car il permet la création et le contrôle de son propre serveur dédié dans un environnement fermé, ainsi que l'extraction de registres d'informations précis. Le moteur source de Valve a déjà été utilisé avec succès pour d'autres études sur les jeux vidéo (Nacke, 2008). Afin de simplifier le jeu et d'uniformiser l'expérience le plus possible, le même terrain ainsi que le même mode de jeu ont été utilisés pour chaque partie, et chaque joueur utilisait le même personnage avec la même arme. De plus, l'effet aléatoire de

l'amplitude des dégâts fut retiré. Un plug-in additionnel (Supstats2 par F2) a été utilisé pour ajouter des détails utiles au registre d'informations, tel que le nombre de dégâts infligés.

Le mode de jeu « roi de la montagne » a été choisi, car il était le plus simple à jouer et à expliquer. Les joueurs devaient donc protéger un point de contrôle au milieu du terrain et la première équipe ayant contrôlé le point pendant trois minutes (consécutives ou non) gagnait la partie (voir figure 5). Les parties variaient donc entre trois et six minutes.



Figure 5 : Exemple du jeu Team Fortress 2 (Valve, Bellevue), utilisé avec permission

### 4.3 Participants à l'étude

Les 88 participants (31 femmes, 57 hommes) furent recrutés à l'aide du panel HEC Montréal et ont reçu une compensation monétaire d'une valeur de 25\$ CAN. L'échantillon

est donc de type non probabiliste de convenance (d'Astous, 2005). Les participants étaient tous des étudiants d'université ayant entre 18 et 42 ans, la moyenne étant 23 ans. Aucun critère de présélection portant sur les habitudes des participants n'a été utilisé pour l'étude. Au cours de la dernière année, les participants jouaient en moyenne 5 heures par semaine aux jeux vidéo tous types confondus, et 1,7 heure par semaine aux jeux de tir à la première personne. Cependant, 29% de l'échantillon ne jouait pas aux jeux vidéo en général, et 52% ne jouait pas au jeu de tir à la première personne. En excluant les non-joueurs, les moyennes augmentent à 7,2 heures par semaine pour les jeux vidéo et 3,6 heures par semaine pour les jeux de tirs à la première personne. Les figures 6 et 7 représentent pour cet échantillon la distribution de l'expérience en jeu de tir à la première personne et l'appréciation pour ce type de jeu sur une échelle de 1 (pas du tout) à 7 (beaucoup).

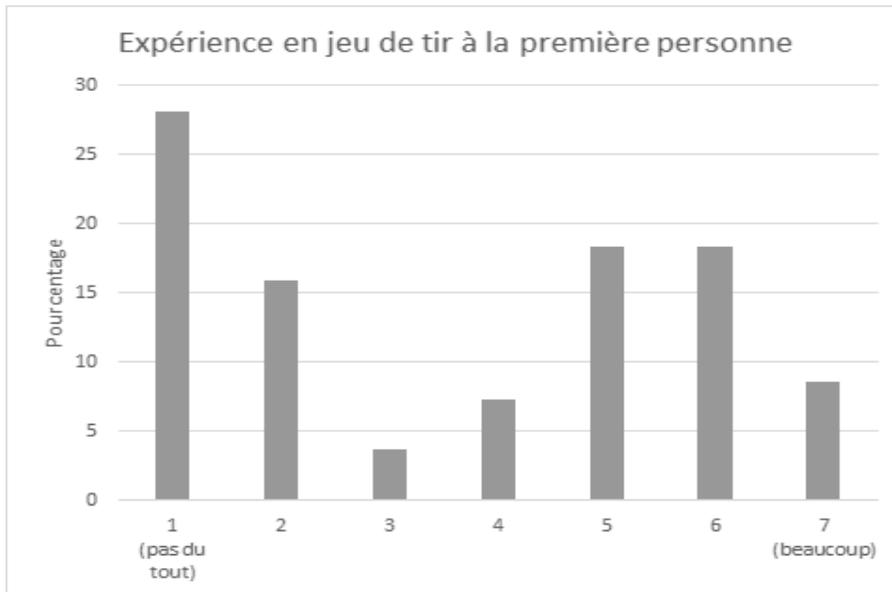


Figure 6 : Distribution de l'expérience en jeu de tir à la première personne pour l'échantillon

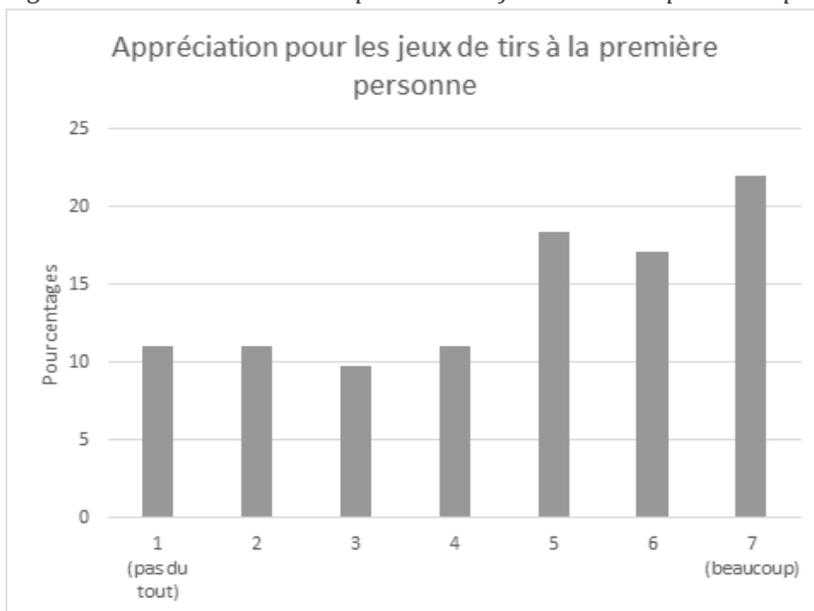


Figure 7 : Distribution de l'appréciation pour les jeux de tir à la première personne pour l'échantillon

## 4.4 Protocole expérimental

Chaque expérimentation durait environ deux heures et jusqu'à quatre participants pouvaient s'y inscrire. Ainsi, une expérimentation pouvait compter deux, trois ou quatre participants. Deux assistantes de recherche étaient toujours présentes, chacune ayant son protocole à suivre : l'une se concentrait sur les instruments physiologiques (assistante-physio), et l'autre sur le jeu et la communication des instructions (assistante-jeu).

Lors de leur arrivée en laboratoire, les participants signaient un formulaire de consentement (annexe 8,1), et recevaient des informations verbales. L'assistante-physio amenait derrière un rideau les participants à tour de rôle afin de leur poser les divers senseurs : une bande respiratoire, trois senseurs sur le torse et deux senseurs sur la main gauche. Pendant ce temps, les autres participants complétaient le test de personnalité HECAXO (Lee, 2004) puis regardaient un vidéo tutoriel spécifiquement conçu pour l'expérimentation. Pour simuler un environnement classique de jeu multijoueur en ligne, les participants étaient équipés de casques d'écoute, et des séparateurs noirs étaient placés afin qu'ils ne puissent pas s'entrevoir (voir figure 8).



*Figure 8 : Image de la salle d'expérimentation, Tech3lab*

*(les séparateurs noirs ne sont pas présents sur cette photo)*

Par la suite, tous les joueurs ont participé à une partie de pratique ensemble afin de se familiariser avec les contrôles. Un seul ennemi ayant un niveau de difficulté facile contrôlé par l'ordinateur était présent si deux ou trois joueurs participaient, et deux ennemis étaient présents si quatre joueurs participaient. Pour les vraies parties de jeu, seulement deux participants jouaient en équipe contre deux personnages contrôlés par l'ordinateur. Pendant ce temps, les autres joueurs regardaient les combats. S'il n'y avait que deux participants, ils jouaient les six parties, sans jamais être spectateurs. Par contre, s'ils étaient trois participants, chacun jouait au total quatre parties, et s'ils étaient quatre participants; trois parties (voir tableau 1). Après chaque partie jouée, les participants remplissaient un court questionnaire (annexe 8,6).

Tableau 1 : Alternance des joueurs A, B, C et D

<b>Partie</b>	<b>2 joueurs</b>	<b>3 joueurs</b>	<b>4 joueurs</b>
Pratique	A & B	A&B&C	A&B&C&D
1	A & B	A & B	A & B
2	A & B	A & C	C & D
3	A & B	B & C	A & C
4	A & B	A & B	B & D
5	A & B	A & C	A & D
6	A & B	B & C	B & C

Les deux personnages contrôlés par l'ordinateur variaient entre trois niveaux de difficulté : facile, normal et difficile (voir tableau 2). À la fin de l'expérience, les participants remplissaient un questionnaire final qui mesurait entre autres leur expérience en jeu vidéo (voir annexe 8,2). Les protocoles entiers de l'expérimentation sont aux annexes 8,3 et 8,4.

Tableau 2 : Conditions

<b>Partie</b>	<b>Condition 1</b>	<b>Condition 2</b>	<b>Condition 3</b>
Pratique	Facile	Facile	Facile
1	Facile	Facile	Normal
2	Facile	Facile	Normal
3	Normal	Difficile	Facile
4	Normal	Difficile	Facile
5	Difficile	Normal	Difficile
6	Difficile	Normal	Difficile

Pour s’assurer que les expérimentations ne généraient pas toujours le même ordre de difficulté afin d’ajouter un effet aléatoire, trois conditions furent utilisées. Nous avons décidé arbitrairement de ne jamais utiliser la difficulté “Difficile” en premier, pour éviter de décourager les joueurs. Le niveau de difficulté changeait à chaque deux parties puisque les participants ne jouaient habituellement pas deux parties de suite (sauf dans les rares cas où seulement 2 joueurs étaient présents).

## 4.5 Prétest

Une semaine avant la collecte des données, un prétest a été réalisé afin de tester la performance du vidéo tutoriel, des contrôles par défaut et de la compréhension du jeu et des questionnaires. Quatre participants ont été recrutés pour leur différent niveau d'expertise:

Participant 1 : presque aucune expérience en jeu vidéo,

Participant 2 : expérience en jeu vidéo, mais presque aucune dans le type de jeu de tir à la première personne,

Participant 3 : beaucoup d'expérience en jeu vidéo, moyennement d'expérience en jeu de tir à la première personne,

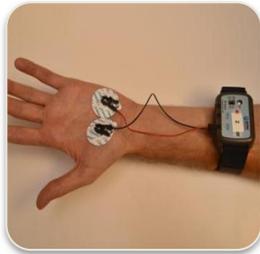
Participant 4 : beaucoup d'expérience en jeu vidéo et beaucoup d'expérience en jeu de tir à la première personne.

Les quatre participants ont approuvé que le vidéo tutoriel fût amplement suffisant pour commencer à jouer, et que les questionnaires fussent clairs. Au niveau des contrôles par défaut, le participant (1) a trouvé que la souris se déplaçait trop vite, alors qu'au contraire le participant (4) a trouvé que la souris ne se déplaçait pas assez vite. Puisque les participants (2) et (3) ont trouvé la vitesse de souris parfaite, elle n'a pas été modifiée. Il y aurait eu la possibilité de laisser les participants choisir leur propre vitesse de souris selon leur préférence, mais par souci de temps et de standardisation, la vitesse par défaut a été conservée.

## 4.6 Mesures physiologiques

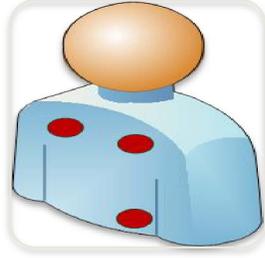
Les mesures physiologiques recueillies de manière non intrusive lors de l'étude furent les suivantes :

- **L'activité électrodermale** représente la production de sueur dans les glandes sudoripares (Boucsein, 1992). Cela se reflète à travers des changements électriques à la surface de la peau, mesurés grâce à deux senseurs placés sur la main gauche du participant. L'activité électrodermale est liée à l'excitation/l'éveil (arousal).



*Figure 9 : EDA, Image du tech3lab*

- **L'activité cardiaque** représente la vitesse des battements du cœur (battements par minute, bpm) et est elle aussi liée à l'excitation/l'éveil. Trois senseurs furent placés sur le torse du participant.



*Figure 10 : Activité cardiaque, Image du tech3lab*

- **La respiration** fut mesurée à l'aide d'une bande placée autour du torse du participant. Il est à noter que les données de respiration ont été collectées à des fins exploratoires pour des études futures, mais elles n'ont pas été utilisées lors de l'élaboration des modèles prédictifs de ce mémoire.



*Figure 11 : Respiration, Image du tech3lab*

- **Les émotions faciales** furent analysées par le logiciel Facereader system (Noldus, Wageningen) grâce aux vidéos capturés avec des caméras placées au-dessus des écrans d'ordinateur de chaque participant.



*Figure 12 : Émotions faciales, Image du tech3lab*

L'amplificateur Biopac MP-150 (Biopac, Goleta) fut utilisé pour recueillir l'activité cardiaque, la respiration et l'activité électrodermale des participants. Le logiciel Observer XT (Noldus, Wageningen) fut utilisé durant l'expérimentation pour donner un temps précis commun à tous les outils physiologiques. Les variables extraites seront énumérées plus loin dans le tableau 4.

#### **4.7 Mesures psychométriques**

Le test de personnalité HEXACO (Lee, 2004) évalue 6 dimensions de la personnalité : honnêteté-humilité, émotivité, extraversion, agréabilité, conscience et ouverture aux expériences. À ces six dimensions se rajoute une échelle interstitielle de l'altruisme. La version officielle du questionnaire à 100 items traduit en français a été utilisée. Le questionnaire HEXACO a été validé avec succès (De Vries, 2008).

Le questionnaire entre chaque partie était composé du *Flow Short Scale* (Rheinberg 2003; tel que cité par Engeser 2008) pour évaluer le flow du joueur, ainsi que deux questions additionnelles portant sur son partenaire, avec une échelle de type Likert (1932) en version 7 points. Le *Flow Short Scale* a été validé et utilisé avec succès dans plusieurs études (Schüler 2007; Engeser 2008). Nous considérons ce flow comme le plus proche possible de la réalité, et il est celui qu'on tentera de prédire avec les autres mesures. Le *Flow Short Scale* n'étant disponible qu'en anglais ou en allemand, nous avons effectué notre propre traduction en français à l'aide de la méthodologie « back-translation » suggérée par Brislin (1970). Nous avons d'abord traduit les dix questions en français. Ensuite, une personne bilingue externe à cette recherche a retraduit les questions du français à anglais. Nous nous sommes ensuite assurés que la retraduction en anglais était fidèle aux énoncés originaux. Toutes les questions semblaient avoir satisfait ce critère (voir annexe 8,5 pour le *Flow Short Scale* original, et annexe 8,6 pour notre traduction dans le questionnaire après chaque partie).

Afin d'assurer la fidélité du questionnaire de flow, nous avons examiné la cohérence interne de l'échelle de flow grâce au coefficient de Cronbach (1951). Les résultats indiquent que la question dix n'est pas corrélée avec les autres (corrélation 0,004, annexe 8,7). L'échelle de flow avec les dix questions possède un alpha de Cronbach de 0,76, alors qu'il s'améliore à 0,79 si on retire la dixième question (annexe 8,8). En utilisant seulement les neuf premières questions, nous considérons que l'alpha de Cronbach est satisfaisant, puisqu'il est supérieur au 0,6 minimal suggéré (Larocque, 2014).

La question dix est « I am completely lost in thought » dans le *Flow Short Scale* original. Cela veut dire que les pensées du participant sont toutes dirigées sur la tâche. Notre traduction, « Je suis complètement perdu(e) dans mes pensées », semble avoir été interprétée à l’opposé : être perdue dans des pensées autres que celles concernant la tâche. Nous avons simplement retiré la question 10 pour évaluer l’échelle de flow.

La moyenne des neuf premières questions a donc été utilisée pour représenter la variable dépendante de flow.

Selon le *Flow Short Scale*, le flow possède deux dimensions : aisance de la performance (*fluency of performance*, questions 2,4,5,7,8 et 9) et absorption (questions 1,3,4 et 10). Nous avons utilisé la méthode d’estimation ml (maximum likelihood) pour déterminer le nombre de facteurs propres à notre échantillon : le critère SBC suggérait deux facteurs, la méthode du test quatre facteurs, et le critère d’AIC cinq facteurs (annexe 8,9). En choisissant deux facteurs et en utilisant la méthode de rotation varimax, voici nos résultats :

Tableau 3 : Sortie SAS de la méthode de rotation varimax

<b>Rotated Factor Pattern</b>				
	<b>Factor1</b>		<b>Factor2</b>	
<b>q1</b>	39	*	5	
<b>q2</b>	69	*	30	*
<b>q3</b>	12		56	*
<b>q4</b>	37	*	56	*
<b>q5</b>	2		58	*
<b>q6</b>	7		67	*
<b>q7</b>	72	*	33	*
<b>q8</b>	51	*	38	*
<b>q9</b>	83	*	16	
<b>q10</b>	-5		2	

La question 10 n'est évidemment pas corrélée ni avec le facteur 1 (questions 1,2,7,8,9) ni le facteur 2 (questions 3,4,5 et 6). Le facteur 1 semble représenter la dimension d'aisance de la performance, et le facteur 2 la dimension d'absorption. Cependant, par rapport aux dimensions dans la littérature, nos questions 1 et 5 ne semblent pas être corrélées avec leurs

bonnes dimensions. La question 4 est corrélée avec les deux dimensions, mais l'est davantage avec la dimension d'absorption, alors qu'elle devrait se retrouver dans la dimension aisance de la performance. Puisque nous utilisons seulement l'échelle de flow comme variable dépendante et que nous n'analysons pas spécifiquement ces dimensions dans cette étude, le retrait de la question dix représente notre seul ajustement. .

Pour les autres questions du questionnaire après chaque partie jouée, les questions 11 à 13 représentaient respectivement la difficulté subjective (1- facile à 7-difficile), le niveau de défi (1- trop petit à 7- trop grand) et la compétence perçue du joueur (1-faible à 7-forte). Ces questions utilisent une échelle de 9 points dans le *Flow Short Scale* original, mais notre version utilise plutôt une échelle à 7 points, pour standardiser avec les autres questions. Deux questions furent ajoutées à la fin du *Flow Short Scale* pour prendre en compte le mode multijoueur : la question 14, qui mesure la compétence perçue de l'autre joueur (1-faible à 7-forte), et la question 15, qui mesure à quel point les deux joueurs se connaissent (1-jamais rencontré à 7-meilleur ami).

Au niveau du questionnaire final (annexe 8,2), les questions 1, 2 et 6 ont été utilisées pour évaluer l'expertise des joueurs. Ces trois variables reflètent différents aspects : le nombre d'heures jouées par semaine aux jeux vidéo en général, le nombre d'heures jouées par semaine aux jeux de tirs à la première personne, et l'expérience (récente ou non) dans les jeux de tirs à la première personne. Précisons que normalement, l'expertise serait évaluée de manière objective plutôt que par questions subjectives; les compagnies de jeux ont souvent un score associé à chaque joueur qui considère toutes ses parties antérieures. Ce

score est beaucoup plus précis que celui estimé par des questions subjectives– sauf lorsqu’il s’agit d’un nouveau joueur qui n’a pas ou peu de parties jouées.

Nous avons décidé de ne pas effectuer de regroupement pour représenter l’expertise en un seul facteur, et d’utiliser les réponses aux trois questions comme trois variables différentes.

Le reste du questionnaire final incluait des questions sociodémographiques (question 8 et 9), des questions générales sur la fréquence de jeu pour différents types de jeux (questions 3,4 et 5), sur l’appréciation (7 et 10), et des questions ouvertes sur l’expérimentation (question 11 et 12). Certaines de ces questions ont été utilisées plus haut pour décrire l’échantillon, mais aucune n’a été utilisée pour les modèles prédictifs.

#### **4.8 Post-traitement des données et des variables**

Une variable de performance a été créée à partir des logs détaillés du jeu. La variable de performance ne doit pas être confondue avec la variable d’expertise : l’expertise peut être calculée à l’aide de la moyenne de la performance sur un grand laps de temps, mais elle est habituellement plus stable à long terme, alors que la performance diffère à chaque partie jouée. La variable de performance calculée à partir des registres d’informations fournis par le serveur représente le nombre de dégâts infligés par minute, donc simplement le total des dégâts divisé par le nombre de minutes jouées. Une autre option classique aurait été le KDA (*kills/ deaths/ assists*) ratio, qui est le ratio utilisant le nombre de personnes tuées, le nombre de coopérations (lorsqu’on blesse un ennemi, qui est ensuite tué par un coéquipier)

et le nombre de morts. Cependant, puisque les joueurs avaient tous la même arme, le nombre de dégâts par minute a été choisi afin de bien comparer les joueurs malgré leur temps de jeu différent.

Étant donné la nature de la relation entre le flow et la performance, la variable de performance n'a pas été utilisée comme variable indépendante dans les modèles prédictifs, puisque le flow peut causer une hausse de performance (Rheinberg, 2008). Cependant, cette variable sera brièvement analysée au chapitre 5.

Le logiciel Observer XT fut utilisé durant l'expérimentation pour donner un temps précis commun à tous les outils physiologiques. Un programmeur a ensuite synchronisé toutes les données, séparé les données par parties de jeu (grâce aux registres d'informations fournis par le serveur), et procédé à quelques vérifications et transformations.

Au niveau de l'activité électrodermale, les données brutes extraites en microsiemens ( $\mu\text{S}$ ) devaient avoir un seuil arbitraire minimum de  $0,1 \mu\text{S}$  et maximum  $50 \mu\text{S}$  pour ne pas être considérées comme des données aberrantes. À l'extérieur de cet intervalle, cela représentait un dysfonctionnement de l'appareil, ou un déplacement des senseurs. À partir d'un pourcentage de données aberrantes trop élevé (un millième de données), l'observation était retirée. Il y avait environ 500 données par seconde, et pour simplifier l'analyse, deux variables étaient attribuées à chaque joueur pour chaque partie jouée: la moyenne en microsiemens, et l'écart type en microsiemens (voir tableau 4).

Pour le rythme cardiaque, les données brutes extraites en volt étaient analysées par le logiciel Acqknowledge 4.2 (Biopac, Goleta). Le type de signal a été considéré comme un humain au repos. Les données résultantes furent en battements à la minute (*beats per minute*, bpm). Elles devaient se situer dans un intervalle arbitraire de 10 bpm à 200 bpm pour ne pas être considérées comme aberrantes. Comme pour l'activité électrodermale, les observations étaient retirées lorsqu'il y avait un pourcentage supérieur à un millième de données aberrantes. Encore une fois, les variables calculées représentaient la moyenne des battements par minute et l'écart type des battements par minute, pour chaque joueur et à chaque partie (voir tableau 4).

Au niveau des émotions faciales analysées par le logiciel FaceReader, une valeur entre 0 et 1 était attribuée aux six émotions détectées: content, triste, fâché, surpris, effrayé, et dégoûté. À cela se rajoutait la variable de l'état neutre, un état d'éveil (*arousal*) et trois variables de valence. La valence, calculée automatiquement par le logiciel FaceReader, représente le niveau de l'émotion « content » moins le niveau le plus élevé parmi les émotions négatives (triste, fâché, effrayé ou dégoûté). Une valence absolue a été créée à partir du même calcul. Une troisième valence fut calculée selon la formule suivante: l'émotion « content » divisée par la somme des émotions négatives : triste, fâché, effrayé et dégoûté. Il y avait une donnée par centième de seconde pour chaque émotion, état neutre, état d'éveil et les trois valences. Comme pour les autres données physiologiques, chaque joueur recevait une variable moyenne et une variable écart-type pour chaque partie, et cela pour chacun des éléments mentionnés (voir tableau 4).

Tableau 4 : Détails des variables physiologiques utilisées pour les modèles de prédiction

Mesure physiologique	Variables (pour une partie de jeu)
Rythme cardiaque	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Moyenne rythme cardiaque (bpm)</li> <li>2. Écart-type rythme cardiaque (bpm)</li> </ol>
Activité électrodermale	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Moyenne électrodermale (<math>\mu</math>S)</li> <li>2. Écart-type électrodermale (<math>\mu</math>S)</li> </ol>
Émotions faciales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Moyenne de valence</li> <li>2. Moyenne de valence absolue</li> <li>3. Moyenne de valence personnalisée</li> <li>4. Moyenne de l'éveil</li> <li>5. Moyenne neutre</li> <li>6. Moyenne content</li> <li>7. Moyenne triste</li> <li>8. Moyenne fâché</li> <li>9. Moyenne surpris</li> <li>10. Moyenne d'effrayé</li> <li>11. Moyenne dégouté</li> <li>12. Écart-type de valence</li> <li>13. Écart-type de valence absolue</li> <li>14. Écart-type de valence personnalisée</li> <li>15. Écart-type de l'éveil</li> <li>16. Écart-type neutre</li> <li>17. Écart-type content</li> <li>18. Écart-type triste</li> <li>19. Écart-type fâché</li> <li>20. Écart-type surpris</li> <li>21. Écart-type d'effrayé</li> <li>22. Écart-type dégouté</li> </ol>

#### **4.8.1 Nettoyage de données et traitement des données manquantes**

Au total, 152 parties ont été jouées et 121 ont été retenues, ce qui correspond à environ 20% de pertes. Chaque partie possédait les données de deux participants et il y a donc eu 242 observations. Les données manquantes sont le résultat de données physiologiques considérées insuffisantes (environ 15%) ou causées par des participants partis trop tôt (environ 5%). Cela n'est pas surprenant en contexte d'expérimentation en laboratoire et n'affectera pas les résultats finaux, puisqu'on considère que l'absence ou non des données n'avait pas de lien avec leur valeur ou les valeurs des autres données. La méthode principale pour le traitement des données manquantes de cette étude fut de simplement retirer les observations contenant les données manquantes.

En premier lieu, c'était à la discrétion des assistantes de recherche de considérer un outil physiologique comme utilisable ou non. Elles vérifiaient en temps réel les données électrodermales et l'activité cardiaque sur des graphiques, et notaient lorsqu'il était impossible d'utiliser les données pour un certain outil. Les problèmes pouvaient être causés par l'équipement lui-même (perte de signal, manque de batteries, etc.) ou selon le sujet (pilosité, posture, etc.). Ensuite, chaque fichier de données était vérifié lors de l'analyse et devait avoir un seuil maximal de données manquantes pour être accepté.

Pour les mesures physiologiques, il est commun d'avoir certains moments manquants, par exemple une perte de données faciales pendant quelques secondes puisque le participant a

tourné sa tête. Un capteur qui accroche un objet et cause des données aberrantes, qui sont ensuite retirées lors de l'analyse, représente un autre exemple. Puisque les variables utilisées sont la moyenne et l'écart type sur une partie entière et non sur un segment précis du jeu, cela n'est habituellement pas critique, sauf lorsque le pourcentage de données manquantes dépasse un certain seuil. Tel que mentionné précédemment, les données électrodermales devaient se situer entre 0,1  $\mu$ S et 50  $\mu$ S, alors que les données cardiaques devaient se situer entre 10 bpm à 200 bpm pour ne pas être considérées comme des données aberrantes. Le seuil arbitraire maximal de donnée aberrante fut fixé à un millième, sinon l'observation était retirée des données. Pour les émotions faciales, il était possible de vérifier à l'œil nu dans le logiciel d'analyse les moments manquants pour la durée de la vidéo. Un seuil arbitraire d'environ 10% de données manquantes sur la durée totale de la vidéo était accepté, sinon l'observation était retirée des données. Le seuil fut beaucoup plus sévère pour les données d'activité électrodermale et cardiaque, car un trop grand nombre de données aberrantes pouvait représenter un dysfonctionnement de l'appareil.

Puisque les données physiologiques étaient cruciales pour cette étude et que le nombre d'observations était considéré comme suffisant, seules les observations où les deux participants avaient les trois mesures physiologiques (activité électrodermale, activité cardiaque, émotions faciales) pour la partie furent conservées.

Nous estimons que les observations retirées contenaient des variables MCAR (*Missing completely at random*; manquantes de façon aléatoire), car le fait qu'une variable soit manquante n'avait pas de lien avec sa valeur ou les valeurs des autres variables. Par

exemple, si une donnée cardiaque était manquante, c'était le fruit du hasard, et non parce que le sujet avait un rythme cardiaque trop élevé. Puisque l'échantillon utilisé représentait un sous-échantillon purement aléatoire de l'échantillon original, nous pouvions donc omettre ces variables sans problème (Larocque, 2006).

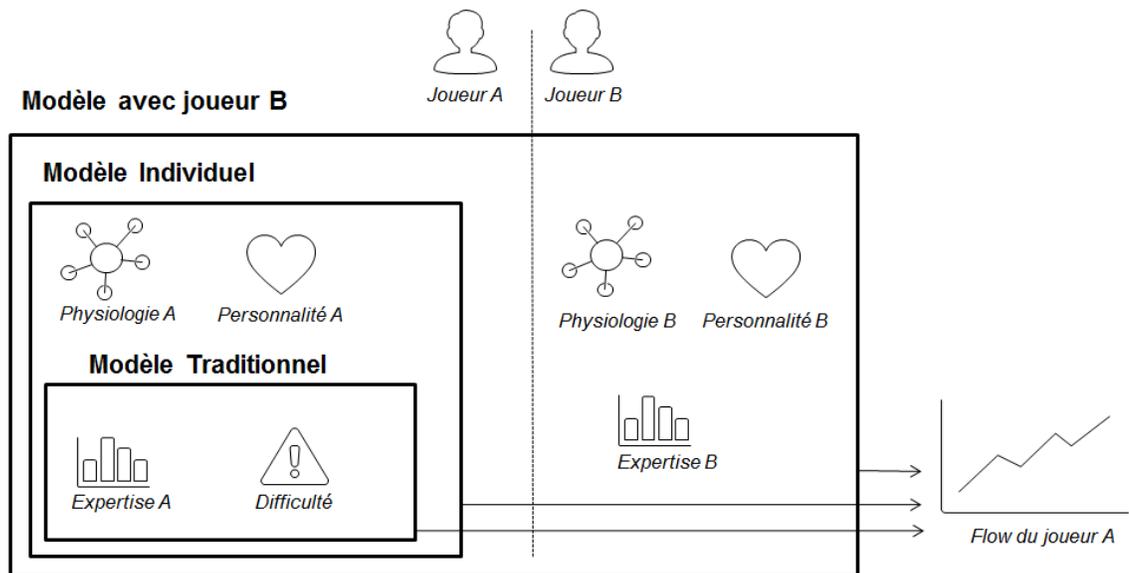
Pour les questionnaires psychométriques, une vérification à la fin de l'expérience était effectuée pour s'assurer que les participants les avaient bien remplis. Dans les cas où une des 10 questions portant sur le flow était manquante par erreur (6 occurrences sur les 242 observations conservées, 2,5%) la moyenne de flow était quand même calculée à l'aide des autres questions.

Les deux fois où les questionnaires finaux n'ont pas été remplis, car les participants sont partis avant la fin de l'expérience pour des raisons personnelles, toutes les parties de ces participants ont été exclues. Cela représente une perte de 7 parties (5% des parties jouées).

Nous avons vérifié que chaque variable psychométrique avait un minimum et un maximum concordant avec son étendue désirée, et qu'il n'y a pas eu d'erreur de compréhension par les participants ou lors de la retranscription des données. Par exemple, chaque variable utilisant l'échelle de Likert ne devait pas avoir un minimum plus petit que 1 et un maximum plus grand que 7.

## 4.9 Stratégie d'analyse

Nous voulons déterminer s'il est pertinent d'utiliser les données psychophysiologiques et les traits de personnalité du joueur et de son partenaire pour prédire le flow. L'importance ici est donc seulement sur la prédiction – et non pas sur un modèle inférentiel. Cependant, le but n'est pas de créer le **meilleur** modèle prédictif, en comparant la performance de multiples modèles sur le même bloc de données. Il s'agit plutôt de comparer les apports des différents blocs de données en utilisant toujours le même modèle simple pour faciliter la comparaison. Nous avons donc utilisé la régression linéaire pour comparer les blocs de données (Modèle traditionnel, Modèle individuel, Modèle avec joueur B).



Rappel de la figure 4: principaux modèles prédictifs

Puisqu'il existait une possibilité d'interaction entre les nombreuses variables – par exemple l'interaction entre l'expertise et la difficulté, ou entre des variables physiologiques et des traits de personnalité – nous avons ajouté aux modèles les interactions d'ordre deux des variables.

La procédure GLMSelect du logiciel SAS 9.4 a été utilisée pour les régressions linéaires ainsi qu'une macro (Larocque, 2014) qui calcule l'estimation de la GMSE (erreur quadratique moyenne de généralisation) à l'aide de la validation croisée.

Il est à noter que les données contiennent des valeurs répétées, puisque les participants pouvaient jouer plusieurs parties. Cependant, puisque nous sommes dans un contexte de prédiction et que le nombre de mesures répétées par participant est faible, nous avons choisi de ne pas en tenir compte. Cela sera mentionné dans les limites de l'étude.

L'ajout de toutes les interactions de variables a entraîné un nombre de variables très grand : 3666 variables pour 242 observations. Il était donc important d'utiliser une procédure de sélection de variables, comme la procédure GLMSelect qui utilise la méthode pas-à-pas. Le critère de sélection de variables utilisé fut le AIC (critère d'information d'Akaike), et le critère de sélection de modèles utilisés fut le SBC (critère d'information de Schwarz).

Les critères pour comparer les modèles utilisés furent prioritairement une estimation du GMSE avec une validation croisée à 10 groupes, puis le SBC, le AIC et le  $R^2$  ajusté (coefficient de détermination). Puisque le nombre de variables total était important, et que les différents blocs de données avaient une différence marquée entre leur nombre de

variables, l'estimation du GMSE fut considérée comme le critère de sélection prioritaire pour éviter le sur-ajustement. La validation croisée sépare l'échantillon en dix groupes, à dix reprises utilise 90% des données pour créer un modèle et prédire le 10% des données restantes, puis fait la moyenne de ces dix moyennes d'erreurs au carré pour estimer le GMSE (Larocque, 2006). Ainsi, nous n'utilisons pas les mêmes données pour à la fois estimer les paramètres du modèle et estimer sa performance prévisionnelle, et nous évitons les problèmes de sur-ajustement et de sur-confiance.

## Chapitre 5 : Analyse des résultats

Pour la première partie de notre question de recherche, nous voulons évaluer si l'utilisation des données psychophysiologique et des traits de personnalité d'un joueur(A) et de son partenaire(B) améliorent le modèle prédictif du flow du joueur(A). Toutes les variables sont décrites à l'annexe 8,10.

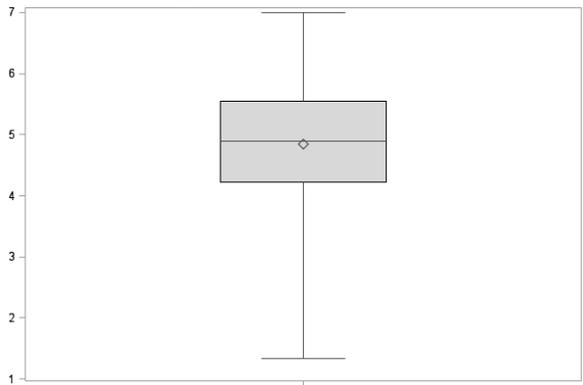
### 5.1 Statistiques descriptives de base sur la variable dépendante de flow

Voici quelques statistiques descriptives de base sur la variable dépendante du flow, ainsi qu'un graphique illustrant sa distribution :

*Tableau 5 : Statistiques descriptives de la variable flow*

Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum	Premier quartile	Troisième Quartile
4,85	0,98	1,33	7,00	4,22	5,56

Figure 13 : Boxplot de la variable Flow



Nous pouvons observer que 50% des variables de flow se retrouvent entre 4.22 et 5.56. Il est fort possible que la performance prédictive des modèles suivants soit élevée, étant donné la distribution des données.

## 5.2 Modèles

Nous allons comparer le modèle traditionnel basé sur l'expertise et la difficulté avec le modèle individuel qui ajoute les données psychophysiologiques et les traits de personnalité du joueur A, et aussi avec le modèle avec joueur B qui ajoute les données du partenaire.

Pour chaque variable, les interactions d'ordre deux sont incluses. Par exemple, si un modèle inclut les variables  $x_1$  et  $x_2$ , il s'agit en fait de  $x_1, x_2, x_1*x_1, x_1*x_2$  et  $x_2*x_2$ . Pour simplifier la lecture, les variables d'interaction ne seront pas énumérées.

### 5.2.1 Modèle traditionnel

Le premier modèle tente de répliquer le modèle de base dans la littérature de flow, et comprend les variables d'expertise du joueur A et la difficulté. Il contient les variables x1 à x7 : le défi perçu, la difficulté perçue, la difficulté objective, trois variables représentant l'expertise du joueur (le nombre d'heures jouées par semaine aux jeux vidéo et au jeu de tir à la première personne, ainsi que l'expérience en jeu de tir à la première personne), et la compétence perçue du joueur.

Tableau 6 : Variables dans le modèle traditionnel

	<b>Variable</b>	<b>Source</b>
<b>x1</b>	challenge	Question 12 du questionnaire après chaque partie
<b>x2</b>	diffSubj	Question 11 du questionnaire après chaque partie
<b>x3</b>	diffObj	Difficulté 1, 2 ou 3 de l'ordinateur
<b>x4</b>	hoursPerWeekVideoGames	Question 1 du questionnaire final
<b>x5</b>	hoursPerWeekFps	Question 2 du questionnaire final
<b>x6</b>	experienceFps	Question 6 du questionnaire final
<b>x7</b>	self_comp	Question 13 du questionnaire après chaque partie

### 5.2.2 Modèle Individuel

Le modèle individuel ajoute au modèle traditionnel les données psychophysiologiques du joueur A et ses données de personnalité provenant du questionnaire HEXACO (Lee, 2004). Aucune donnée concernant le joueur B n'est prise en compte dans ce modèle. Les variables présentes dans le modèle sont x1 à x7, et x9 à x41.

Tableau 7 : Variables ajoutées dans le modèle individuel (à partir du modèle traditionnel)

x9	honestyHumility	Questionnaire HEXACO - Honnêteté-humilité
x10	emotionality	Questionnaire HEXACO - Émotivité
x11	extraversion	Questionnaire HEXACO - Extraversion
x12	agreeableness	Questionnaire HEXACO - Agréabilité
x13	conscientiousness	Questionnaire HEXACO - Conscience
x14	opennessToExperience	Questionnaire HEXACO – Ouverture aux expériences
x15	altruism	Questionnaire HEXACO - Altruisme
x16	valenceAvg	Moyenne de valence
x17	valenceStd	Écart type de valence
x18	valenceAbsAvg	Moyenne de valence absolue
x19	valenceAbsStd	Écart type de valence absolue
x20	valenceMarcAvg	Moyenne de valence personnalisée
x21	valenceMarcStd	Écart type de valence personnalisée
x22	neutralAvg	Moyenne de l'état neutre
x23	neutralStd	Écart type de l'état neutre
x24	happyAvg	Moyenne de content
x25	happyStd	Écart type de content
x26	sadAvg	Moyenne de triste
x27	sadStd	Écart type de triste
x28	angryAvg	Moyenne de fâché
x29	angryStd	Écart type de fâché
x30	surprisedAvg	Moyenne de surpris
x31	surprisedStd	Écart type de surpris
x32	scaredAvg	Moyenne d'effrayé
x33	scaredStd	Écart type d'effrayé
x34	disgustedAvg	Moyenne de dégouté
x35	disgustedStd	Écart type de dégouté
x36	arousalAvg	Moyenne de l'éveil
x37	arousalStd	Écart type de l'éveil
x38	edaAvg	Moyenne électrodermale ( $\mu$ S)
x39	edaStd	Écart type électrodermale ( $\mu$ S)
x40	hrAvg	Moyenne de rythme cardiaque (bpm)
x41	hrStd	Écart type de rythme cardiaque (bpm)

### 5.2.3 Modèle avec joueur B

Le modèle final incluant le partenaire ajoute au modèle individuel les variables psychophysiologiques et les traits de personnalité du joueur B, mais aussi des réponses aux questionnaires. En plus des questions équivalentes au modèle traditionnel mais pour le joueur B, le modèle incorpore les questions concernant la compétence perçue du partenaire (du point de vue de A, et du point de vue de B) et le niveau de connaissance entre les deux joueurs (du point de vue de A).

*Tableau 8 : Variables ajoutées dans le modèle avec joueur B (à partir du modèle individuel)*

x8	partner_comp	Question 14 du questionnaire après chaque partie
x42	P_challenge	Question 12 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur
x43	P_diffSubj	Question 11 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur
x45	P_hoursPerWeekVideoGames	Question 1 du questionnaire final de l'autre joueur
x46	P_hoursPerWeekFps	Question 2 du questionnaire final de l'autre joueur
x47	P_experienceFps	Question 6 du questionnaire final de l'autre joueur
x49	P_self_comp	Question 13 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur
x50	P_partner_comp	Question 14 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur
x51	P_honestyHumility	Questionnaire HEXACO de l'autre joueur - Honnêteté-humilité
x52	P_emotionality	Questionnaire HEXACO de l'autre joueur -

		Émotivité
x53	P_extraversion	Questionnaire HEXACO de l'autre joueur - Extraversion
x54	P_agreeableness	Questionnaire HEXACO de l'autre joueur - Agréabilité
x55	P_conscientiousness	Questionnaire HEXACO de l'autre joueur - Conscience
x56	P_opennessToExperience	Questionnaire HEXACO de l'autre joueur - Ouverture aux expériences
x57	P_altruism	Questionnaire HEXACO de l'autre joueur - Altruisme
x58	P_valenceAvg	Moyenne de valence de l'autre joueur
x59	P_valenceStd	Écart type de valence de l'autre joueur
x60	P_valenceAbsAvg	Moyenne de valence absolue de l'autre joueur
x61	P_valenceAbsStd	Écart type de valence absolue de l'autre joueur
x62	P_valenceMarcAvg	Moyenne de valence personnalisée de l'autre joueur
x63	P_valenceMarcStd	Écart type de valence personnalisée de l'autre joueur
x64	P_neutralAvg	Moyenne de l'état neutre de l'autre joueur
x65	P_neutralStd	Écart type de l'état neutre de l'autre joueur
x66	P_happyAvg	Moyenne de content de l'autre joueur
x67	P_happyStd	Écart type de content de l'autre joueur
x68	P_sadAvg	Moyenne de triste de l'autre joueur
x69	P_sadStd	Écart type de triste de l'autre joueur
x70	P_angryAvg	Moyenne de fâché de l'autre joueur
x71	P_angryStd	Écart type de fâché de l'autre joueur
x72	P_surprisedAvg	Moyenne de surpris de l'autre joueur
x73	P_surprisedStd	Écart type de surpris de l'autre joueur
x74	P_scaredAvg	Moyenne d'effrayé de l'autre joueur
x75	P_scaredStd	Écart type d'effrayé de l'autre joueur
x76	P_disgustedAvg	Moyenne de dégoûté de l'autre joueur
x77	P_disgustedStd	Écart type de dégoûté de l'autre joueur
x78	P_arousalAvg	Moyenne de l'éveil de l'autre joueur
x79	P_arousalStd	Écart type de l'éveil de l'autre joueur
x80	P_edaAvg	Moyenne électrodermale ( $\mu$ S) de l'autre joueur
x81	P_edaStd	Écart type électrodermal ( $\mu$ S) de l'autre joueur
x82	P_hrAvg	Moyenne de rythme cardiaque (bpm) de l'autre joueur

x83	P_hrStd	Écart type de rythme cardiaque (bpm) de l'autre joueur
x84	connaissance	Question 15 du questionnaire après chaque partie

### 5.3 Comparaison des modèles

Une fois les modèles établis, nous avons comparé leur performance de prédiction à l'aide d'une régression linéaire exécutée par la procédure GLMSelect du logiciel SAS 9.4, incluant une sélection de variables. Le critère de sélection de variables utilisé fut le AIC (critère d'information d'Akaike), et le critère de sélection de modèles utilisés fut le SBC (critère d'information de Schwarz). Les variables sélectionnées pour chaque modèle sont énumérées à l'annexe 8,11.

Les critères utilisés pour comparer les modèles furent une estimation du GMSE (erreur quadratique moyenne de généralisation) avec une validation croisée à 10 groupes, puis le SBC, l'AIC et le  $R^2$  ajusté (voir tableau 9). Plus le GMSE, le SBC, l'AIC sont faibles, plus la performance du modèle est élevée, alors que c'est le contraire pour le  $R^2$  ajusté.

*Tableau 9 : Performance des trois modèles principaux*

	GMSE	SBC	AIC	$R^2$ adj	Test de rapport de vraisemblance	Nombre de variables
Modèle Traditionnel	0,61	-106,13	123,91	0,38		3
Modèle	0,37	-203,19	-1,06	0,64	P-value = 0	11

Individuel						
Modèle avec joueur B	0,23	-261,77	-104,99	0,78	P-value = 0	24

Selon les résultats, chacun des critères indique que le modèle individuel performe mieux que le modèle traditionnel, et que le modèle avec le joueur B performe mieux que le modèle individuel.

De plus, des tests de rapport de vraisemblance (« likelihood ratio test » ou LRT) ont été effectués pour tester explicitement les hypothèses de recherche.

Le test est basé sur la statistique suivante (Larocque, 2014) :

$$\text{Statistique du test} = (-2LL(\text{réduit})) - ((-2LL(\text{complet})))$$

Pour tester si le Modèle Individuel est plus performant que le Modèle Traditionnel, nous avons calculé le  $-2LL(\text{réduit})$  qui est simplement le  $-2LL$  du Modèle Traditionnel : 115,91 . Ensuite le  $-2LL(\text{complet})$  a été calculé à partir d'une régression linéaire forçant l'inclusion des variables du Modèle traditionnel dans le Modèle Individuel : -29,16. La statistique du test est donc de 145,07 et le degré de liberté 8 (pour les 8 nouvelles variables), ce qui donne un p-value 0. Le Modèle Individuel est donc plus performant que le Modèle Traditionnel.

Le même test a été effectué pour comparer le Modèle avec joueur B et le Modèle Individuel, résultant en une statistique du test de 137,11 et un p-value de 0. Le Modèle avec joueur B est donc plus performant que le Modèle Individuel.

Les résultats appuient donc les hypothèses H1-a et H1-b et répondent à la première partie de notre question de recherche, car la performance des modèles augmente significativement avec l'ajout de chaque bloc de données.

Rappel des hypothèses :

H1-a : La performance du Modèle Individuel pour prédire le flow sera plus grande que celle du Modèle Traditionnel.

H1-b : La performance du Modèle avec le joueur B pour prédire le flow sera plus grande que celle du Modèle Individuel.

## **5.4 Variables perceptuelles**

Nous avons utilisé dans notre étude des questions subjectives, pour tenter de répliquer le mieux possible le modèle de flow dans la littérature, qui se base sur la compétence perçue et la difficulté perçue. Cependant, dans un contexte de jeu vidéo, il serait intéressant de

pouvoir prédire le flow sans jamais poser de questions au joueur après ou pendant la partie. Nous avons donc considéré comme « contraignantes » les variables perceptuelles comme la difficulté subjective, qui requiert que le joueur réponde à une question additionnelle après la partie.

Les variables perceptuelles considérées comme contraignantes en contexte de jeu vidéo sont les suivantes :

*Tableau 10 : Variables perceptuelles considérées comme contraignantes*

	Variable	Source
x1	challenge	Question 12 du questionnaire après chaque partie
x2	diffSubj	Question 11 du questionnaire après chaque partie
x7	self_comp	Question 13 du questionnaire après chaque partie
x8	partner_comp	Question 14 du questionnaire après chaque partie
x42	P_challenge	Question 12 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur
x43	P_diffSubj	Question 11 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur
x49	P_self_comp	Question 13 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur
x50	P_partner_comp	Question 14 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur

Par contre, certaines variables perceptuelles n'ont pas été considérées comme contraignantes car elles peuvent être remplacées par un algorithme, ou n'être demandées qu'une seule fois :

- Les variables sur la personnalité ; qui seraient créées à partir d'un questionnaire administré qu'une fois, avant toutes les parties.

-Les variables sur l'expertise ; qui seraient remplacées par le score objectif d'expertise du joueur selon ses parties précédentes.

-La variable sur la connaissance entre les joueurs ; qui pourrait être estimée par un algorithme (s'ils sont amis ou non dans le jeu, le nombre de parties jouées ensemble, le nombre de messages échangés, etc.).

En retirant ces variables pour les prochains modèles, nous nous approchons plus d'un contexte de *neurogaming* réaliste plutôt qu'une expérience en laboratoire. Voici la comparaison entre les versions originales des modèles et leurs versions sans variables perceptuelles contraignantes:

*Tableau 11 : Comparaison des performances des trois modèles principaux sans variables perceptuelles contraignantes*

	<b>GMSE</b>	<b>SBC</b>	<b>AIC</b>	<b>R<sup>2</sup> adj</b>	<b>Test de rapport de vraisemblance</b>	<b>Nombre de variables</b>
Modèle Traditionnel sans variables contraignantes	0,76	-58,96	178,06	0,22	P-value = 0	1
Modèle Traditionnel	0,61	-106,13	123,91	0,38	P-value = 0	3
Modèle individuel sans variables contraignantes	0,45	-144,90	57,23	0,54	P-value = 0	11
Modèle Individuel	0,37	-203,19	-1,06	0,64	P-value = 0	11
Modèle avec joueur B sans variables contraignantes	0,31	-194,82	-27,57	0,69	P-value = 0	21
Modèle avec joueur B	0,23	-261,77	-104,99	0,78	P-value = 0	24

Sans surprise, les performances des modèles sont moins élevées que lors de l'inclusion de ces variables, et les modèles ont toujours le même ordre de performance : Modèle avec joueur B, Modèle Individuel puis Modèle Traditionnel (en ordre du plus performant au moins performant).

## 5.5 Ordonnement

Pour la deuxième partie de la question de recherche, nous cherchons à savoir si certains traits de personnalité et mesures physiologiques utilisés individuellement contribuent significativement à la prédiction du flow. Les hypothèses de recherche :

H2-a : Au moins un trait de personnalité utilisé individuellement contribue significativement à la prédiction du flow.

H2-b : Au moins une mesure psychophysiologique utilisée individuellement contribue significativement à la prédiction du flow.

Nous avons l'intention d'ordonner les mesures physiologiques et les traits de personnalité utilisés selon leur contribution à la prédiction du flow. Les compagnies de jeux vidéo intéressées à évaluer le flow dans un contexte de *neurogaming* pourront ainsi estimer la différence d'apport de précision selon les outils et seront mieux éclairées pour une sélection possible.

Pour simuler un contexte de jeu vidéo plus réaliste, avec une prédiction du flow sans interruption du jeu ou questionnaire à la fin de chaque partie, pour les prochains modèles nous n'utilisons pas les variables contraignantes mentionnées plus haut. Nous utilisons encore le GMSE comme critère principal de performance.

### 5.5.1 Traits de personnalité

Nous nous trouvons dans le contexte suivant : une compagnie de jeu vidéo fait remplir le questionnaire HEXACO (Lee, 2004) une seule fois par les joueurs lorsqu'ils s'inscrivent au jeu. Elle veut prédire le flow d'un joueur en utilisant les variables classiques (difficulté et expertise du joueur), mais aussi l'expertise du partenaire, la connaissance entre les deux joueurs, et les traits de personnalité des deux joueurs. Nous allons examiner les dimensions de personnalité une à la fois pour voir leur apport de prédiction au flow.

Le modèle « Aucune dimension » sera utilisé comme base de référence, et contient les variables suivantes :

Tableau 12 : Variables du modèle « Aucune dimension ».

x3	diffObj	Difficulté 1,2 ou 3 de l'ordinateur
x4	hoursPerWeekVideoGames	Question 1 du questionnaire final
x5	hoursPerWeekFps	Question 2 du questionnaire final
x6	experienceFps	Question 6 du questionnaire final
x45	P_hoursPerWeekVideoGames	Question 1 du questionnaire final de l'autre joueur
x46	P_hoursPerWeekFps	Question 2 du questionnaire final de l'autre joueur
x47	P_experienceFps	Question 6 du questionnaire final de l'autre joueur
x84	connaissance	Question 15 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur

Ensuite, chaque modèle de trait de personnalité ajoute les variables du joueur et de son partenaire pour ce trait. Par exemple, le modèle d'émotivité ajoute :

Tableau 13 : Variables ajoutées pour modèle d'émotivité

x10	emotionality	Questionnaire HEXACO - Émotivité
x52	P_emotionality	Questionnaire HEXACO de l'autre joueur - Émotivité

Évidemment, le modèle « Tous les traits de personnalité » inclut les sept traits de personnalité du joueur, ainsi que ceux de son partenaire. Les variables sélectionnées pour chaque modèle sont énumérées à l'annexe 8,11.

Tableau 14 : Performance des modèles des traits de personnalité individuels

Personnalité HEXACO	GMSE	SBC	AIC	R <sup>2</sup> adj	Nombre de variables	Test de vraisemblance (avec aucune dimension)
<b>Aucune dimension</b>	0,68	-73,40	153,16	0,30	4	
<b>Tous les traits de personnalité</b>	0,52	-124,09	92,00	0,46	7	P-value < 0,001*
<b>Émotivité</b>	0,63	-97,47	132,56	0,36	3	P-value < 0,001*
<b>Conscience</b>	0,65	-84,10	142,46	0,33	4	P-value = 0,003*
<b>Honnêteté-Humilité</b>	0,67	-76,49	150,07	0,31	4	P-value = 0,044*
<b>Ouverture aux expériences</b>	0,68	-74,49	152,07	0,30	4	P-value = 0,075
<b>Extraversion</b>	0,68	-72,82	153,74	0,30	4	P-value = 0,450
<b>Agréabilité</b>	0,68	-73,40	153,16	0,30	4	Même modèle qu'Aucune dimension
<b>Altruisme</b>	0,71	-70,92	159,13	0,28	3	p-value = 0,300

\*p-value significatif à <5%

Nous confirmons donc notre hypothèse H2-a, car au moins un trait de personnalité est plus performant que le modèle Aucune dimension. Nous pouvons voir qu'individuellement, la dimension d'Émotivité (GMSE=0,63) semble la plus utile pour la prédiction du flow, suivie de la dimension de Conscience (GMSE=0,65) et celle d'Honnêteté-Humilité (GMSE=0,67). Leur tests de vraisemblance sont significatifs à  $p\text{-value} < 0,001$  ;  $p\text{-value} = 0,003$  et  $p\text{-value} = 0,044$  respectivement ; ils sont donc significativement plus performants que le modèle Aucune dimension (voir section 5,3 pour un exemple de test de vraisemblance). Les dimensions d'Ouverture aux expériences (GMSE=0,68) et d'Extraversion (GMSE=0,68) n'ont pas de différence significative ( $p\text{-values} > 5\%$ ) avec le modèle Aucune dimension (GMSE=0,68). Pour la dimension d'Agréabilité (GMSE=0,68), la performance est la même qu'« Aucune dimension » car aucune variable additionnelle n'a été sélectionnée; il s'agit donc du même modèle. Le modèle d'Altruisme (GMSE=0,70) semble moins bien performer que le modèle Aucune dimension.

D'autres études démontrent une corrélation entre le flow et l'Émotivité (plus spécifiquement le Névrosisme, qui est le contraire de l'Émotivité stable) ainsi que la Conscience (Ullén 2012, Johnson 2014; Ross 2014). Cependant, nous n'avons pas trouvé de lien dans la littérature avec l'Honnêteté-Humilité et le flow.

En conclusion, si une compagnie de jeu voulait créer un questionnaire de personnalité rapide n'incluant qu'une seule dimension du questionnaire HEXACO, il semble que la

dimension d'Émotivité serait celle qui contribuerait le plus à l'évaluation du flow. Individuellement, les dimensions d'Émotivité, de Conscience et d'Honnêteté-Humilité semblent contribuer significativement au modèle, mais non pas les dimensions d'Ouverture aux expériences, d'Extraversion, d'Agréabilité et d'Altruisme.

### 5.5.2 Dimensions psychophysiologiques

Cette fois-ci, nous utilisons plutôt les mesures physiologiques des deux joueurs : émotions faciales détectées par caméra et analysées par le logiciel Facereader (Noldus, Wageningen), activité électrodermale (Biopac, Goleta), et rythme cardiaque (Biopac, Goleta). Encore une fois, nous utilisons les variables classiques (difficulté et expertise), mais aussi l'expertise du partenaire et la connaissance entre les deux joueurs. Nous reprenons donc le modèle Aucune Dimension (tableau 12) comme base.

Ensuite, chaque modèle physiologique ajoute les variables du joueur et de son partenaire pour cet outil. Par exemple, le modèle du rythme cardiaque ajoute :

*Tableau 15 : Variable ajouté pour le rythme cardiaque*

x40	hrAvg	Moyenne de rythme cardiaque (bpm)
x41	hrStd	Écart type de rythme cardiaque (bpm)
x82	P_hrAvg	Moyenne de rythme cardiaque (bpm) de l'autre joueur
x83	P_hrStd	Écart type de rythme cardiaque (bpm) de l'autre joueur

Le modèle « tous les outils physiologiques » inclut les émotions faciales, rythme cardiaque et activité électrodermale. Les variables sélectionnées pour chaque modèle sont énumérées à l'annexe 8,11.

Tableau 16 : Performance des modèles des outils physiologiques individuels

Physiologique	GMSE	SBC	AIC	R2 adj	Nombre de variables	Test de vraisemblance (avec aucune dimension)
Aucune dimension	0,68	-73,40	153,16	0,30	4	
Tous les outils physiologiques	0,44	-136,66	44,54	0,58	17	p-value=0*
Émotions faciales	0,48	-128,23	70,42	0,52	12	p-value=0*
Rythme cardiaque	0,65	-82,52	140,55	0,34	5	p-value<0,001*
Activité électrodermale	0,66	-76,72	142,86	0,34	6	p-value<0,001*

\*p-value significatif à <5%

Nous confirmons donc notre hypothèse H2-b car les modèles créés à partir de chaque mesure physiologique sont plus performants que le modèle Aucune dimension. Nous pouvons donc voir qu'individuellement, la mesure physiologique d'émotion faciale (GMSE=0,48 ; p-value=0) performe mieux au niveau de la prédiction du flow que les autres mesures. Le modèle créé à partir du rythme cardiaque (GMSE=0,65 ; p-value<0,001)

possède une performance très semblable à celui créé à partir de l'activité électrodermale (GMSE=0,66 ; p-value<0,001).

Évidemment, ces instruments sont de qualité supérieure pour la recherche scientifique et leur performance est supérieure à ce que l'on retrouve habituellement comme version consommateur, ce qui sera discuté plus en détail dans les limites de l'étude.

Cependant, ces résultats offrent tout de même des pistes intéressantes que nous explorerons plus en détail lors de la discussion.

## **5.6 Analyses post hoc**

Au niveau des objectifs plus secondaires, nous voulions tester dans notre contexte de jeux de tir à la première personne en collaboration si le flow des deux joueurs est corrélé significativement. Nous voulions aussi tester s'il existe véritablement une corrélation entre le flow et la performance individuelle comme le suggère Rheinberg (2008), et d'examiner si la corrélation est significative entre le flow et la performance du partenaire (voir tableau 17).

Tableau 17 : Corrélations additionnelles avec le flow

Variabes	Nom	Corrélation avec le flow	Pvalue
P_flow	Flow du partenaire	0,18	0,004*
X86	Performance (A)	0,28	<0,001*
X87	Performance de l'autre joueur (B)	-0,06	0,367

\*p-value significatif à <5%

Les flows des deux joueurs sont corrélés à 0,18 (pvalue=0,004, <0,05), ce qui n'est pas surprenant selon les recherches sur la contagion émotionnelle (Barsade, 2002). Les flow des deux joueurs ont donc une corrélation significative.

Une variable de performance pour chaque joueur à chaque partie a été calculée avec le total des dégâts infligés divisé par le nombre de minutes jouées. La corrélation entre la performance et le flow du joueur est à 0,28 (p-value=0). Cependant, même si le flow d'un joueur est corrélé significativement avec sa performance individuelle, il ne semble pas y avoir de corrélation linéaire directe entre le flow et la performance du partenaire (p-value=0,367; >5%).

Quelques autres corrélations significatives avec le flow mais non reliées à nos hypothèses sont disponibles à l'annexe 8,12.

## Chapitre 6 : Discussion

Dans ce chapitre, nous résumons les principaux résultats : la pertinence de l'utilisation des mesures psychophysiologiques et des traits de personnalité pour prédire le flow, l'ordonnement de chaque mesure psychophysiologique et trait de personnalité selon sa performance de prédiction, puis les corrélations importantes avec le flow. Nous mentionnons ensuite les limites de cette étude

### 6.1 Résumé des principaux modèles

L'objectif de ce mémoire était d'évaluer si l'utilisation des traits de personnalité et des états psychophysiologiques d'un joueur (A) et de son partenaire (B) améliore le modèle prédictif du flow du joueur (A). Pour ce faire, nous avons créé trois modèles : un modèle traditionnel de flow qui inclut le défi et l'expertise du joueur A, un modèle individuel qui ajoute au modèle traditionnel les traits de personnalité et l'état psychophysiologique du joueur A, puis un modèle avec joueur B qui ajoute au modèle individuel les traits de personnalité et l'état psychophysiologique du joueur B, l'expertise de B ainsi que le niveau de connaissance entre les deux joueurs.

Selon les résultats, chacun des critères indique que le modèle individuel performe mieux que le modèle traditionnel, et que le modèle avec le joueur B performe mieux que le

modèle individuel. Le critère le plus important, l'estimation du GMSE (erreur quadratique moyenne de généralisation) avec une validation croisée à 10 groupes, montre que le modèle traditionnel présente une erreur de 0,61 ; que le modèle individuel présente une erreur de 0,37 ; et que le modèle avec le joueur B présente une erreur de 0,23. Lorsqu'ils n'incluent pas de variables perceptuelles contraignantes (voir section 5,4), les GMSE sont respectivement à 0,76 , 0,45 et 0,31. L'ajout des mesures psychophysiologiques et des traits de personnalité du joueur A entraîne donc une réduction de l'erreur de prédiction estimée par rapport au modèle de flow traditionnel, et l'ajout des mesures psychophysiologiques et des traits de personnalité du joueur B rend le modèle encore plus précis.

Nous confirmons notre hypothèse H1-a (la performance du modèle individuel pour prédire le flow sera plus grande que celle du modèle traditionnel) ainsi que notre hypothèse H1-b (la performance du modèle avec le joueur B pour prédire le flow sera plus grande que celle du modèle individuel). L'utilisation des mesures psychophysiologiques et des traits de personnalité des deux joueurs est donc pertinent pour la prédiction du flow d'un des joueurs, en contexte de collaboration de jeu de tir à la première personne.

## 6.2 Résumé de l'ordonnement

Nous voulions ordonner les traits de personnalité et les mesures psychophysiologiques selon leur contribution individuelle à la prédiction du flow et examiner lesquels sont significativement pertinents. Afin de créer un contexte de jeux vidéo plus réaliste, nous avons enlevé des modèles toutes les variables perceptuelles contraignantes (par exemple la difficulté subjective) qui requièrent de poser des questions au joueur après ou pendant chaque partie de jeu. Nous utilisons le critère d'estimation du GMSE (erreur quadratique moyenne de généralisation) avec une validation croisée à 10 groupes pour comparer les modèles, et le test de vraisemblance pour tester la significativité de leur différence.

Pour les traits de personnalité, lorsque nous incluons tous les traits de personnalité du questionnaire HEXACO, le GMSE du modèle est à 0,52. Individuellement, les traits d'Émotivité (GMSE=0,63; p-value<0,001), de Conscience (GMSE=0,65; p-value=0,003) et d'Honnêteté-Humilité (GMSE=0,67; p-value=0,044) semblent contribuer significativement au modèle de prédiction, contrairement aux dimensions d'Ouverture aux expériences, d'Extraversion, d'Agréabilité et d'Altruisme. Nous confirmons donc notre hypothèse H2-a (au moins un trait de personnalité utilisée individuellement contribue significativement à la prédiction du flow).

D'autres études démontrent aussi une corrélation entre le flow et l'Émotivité (plus spécifiquement le Névrosisme, qui est le contraire de l'Émotivité stable) ainsi que la Conscience (Ullén 2012; Johnson 2014; Ross 2014). Nous explorerons ce point plus en détail dans les contributions théoriques (section 7,2).

Du côté des mesures physiologiques, lorsque nous utilisons à la fois les émotions faciales, le rythme cardiaque et l'activité électrodermale, le GMSE est à 0,44. Nous pouvons voir qu'individuellement, la mesure physiologique d'émotion faciale (GMSE=0,48; p-value=0) performe mieux au niveau de la prédiction du flow que les autres mesures physiologiques. Le modèle créé à partir du rythme cardiaque (GMSE=0,65; p-value<0,001) possède une performance très semblable à celui créé à partir de l'activité électrodermale (GMSE=0,66; p-value<0,001). Nous confirmons donc notre hypothèse H2-b (au moins une mesure psychophysiologique utilisée individuellement contribue significativement à la prédiction du flow) et nous venons appuyer d'autres études qui ont évalué individuellement des mesures physiologiques (Nacke 2008; Léger 2014).

Si nous comparons les traits de personnalité avec les mesures physiologiques, nous pouvons constater que toutes les mesures physiologiques (GMSE=0,44; p-value=0) offrent une meilleure performance que tous les traits de personnalité (GMSE=0,52; p-value=0) utilisés. La mesure physiologique d'émotion faciale (GMSE=0,48) est la mesure qui contribue le plus à l'évaluation du flow lorsqu'utilisée individuellement. Cependant, il est surprenant de constater qu'il serait plus performant d'utiliser uniquement la dimension

d'Émotivité (GMSE=0,63) plutôt que le rythme cardiaque (GMSE=0,65) ou l'activité électrodermale (GMSE=0,66). Les mesures physiologiques sont souvent coûteuses, car même les outils pour consommateurs peuvent être assez dispendieux. En contrepartie, demander au joueur de remplir un court questionnaire une seule fois en s'inscrivant au jeu est très intéressant. Nous verrons des exemples dans les avenues de recherches.

### **6.3 Résultats post hoc**

Les flows des deux joueurs ont une corrélation significative, et sont corrélés à 0,18 (pvalue=0,004, <0,05), ce qui n'est pas surprenant selon les recherches sur la contagion émotionnelle (Barsade, 2002) et selon les recherches de flow en groupe (Walker 2010; Labonté 2016; Borderie 2015).

L'étude de Rheinberg (2008) démontre que le flow peut causer une hausse de performance, mais cela diffère selon le type d'activité et l'importance qu'on y accorde. Dans notre contexte de jeux de tir à la première personne en collaboration, la corrélation entre la performance et le flow du joueur est à 0,28 (p-value=0). Le flow d'un joueur est corrélé significativement avec sa performance individuelle, mais il est à noter que nous avons seulement calculé une corrélation, sans explorer une causation comme Rheinberg (2008).

Cependant, il ne semble pas y avoir de corrélation linéaire entre le flow d'un joueur et la performance du partenaire ( $p\text{-value}=0,367; >5\%$ ).

## 6.4 Limites de l'étude

L'étude se déroule dans un contexte très précis en jeu vidéo, un jeu de tir à la première personne, en équipe de deux contre l'ordinateur, ce qui constitue sa première limite. Il est fort probable que les résultats ne soient pas parfaitement transférables à tous les types de jeux vidéo, ni à tous les contextes d'équipe/compétition. Par exemple, le simple fait d'avoir plus d'un coéquipier, ou de jouer contre des vrais joueurs, pourrait venir modifier le modèle de prédiction du flow. On pourrait supposer que dans un jeu de type MMORPG (Jeu de rôle multijoueur en ligne), en équipe de 25 personnes toutes connectées par audio, un individu serait beaucoup plus influencé par l'état d'esprit du chef (Raid Leader) que par d'autres coéquipiers qui restent plus silencieux. Chaque jeu possède ses particularités, et c'est d'ailleurs la raison pour laquelle le but de l'étude n'était pas de fournir un modèle de prédiction précis, mais plutôt des pistes générales.

De plus, l'échantillon est de type non probabiliste de convenance (d'Astous, 2005), et les participants sont tous de la même université montréalaise, ce qui pourrait biaiser les données. L'étendue d'âge de 18 à 42 ans, avec une moyenne de 23 ans, ne couvre pas la population des joueurs.

Ensuite, les outils physiologiques utilisés lors de cette étude sont des outils performants de laboratoire. En cas d'application réelle dans un jeu vidéo, une version consommateur moins dispendieuse de ces outils serait utilisée, mais elle serait aussi beaucoup moins précise. Ainsi, même si l'étude soutient que les outils physiologiques contribuent à évaluer le flow, il est possible que cet apport soit moins intéressant avec les outils actuels disponibles sur le marché. De plus, au niveau des émotions faciales, il pourrait y avoir des réticences de la part des utilisateurs qui ne veulent pas être constamment filmés. Des tests additionnels avec différents outils seraient nécessaires, ainsi qu'avec des modèles plus performants que des simples régressions linéaires.

Pour continuer, les parties étaient toujours en équipe de deux contre l'ordinateur. Cependant, deux, trois ou quatre participants pouvaient être présents durant l'expérimentation. L'objectif était d'avoir quatre joueurs par expérimentation pour alterner les partenaires et avoir des séances de repos, mais il y avait souvent des participants qui annulaient à la dernière minute. Les expérimentations à deux joueurs pourraient avoir un impact sur les résultats, puisqu'il n'y avait pas d'alternance de partenaires, et que les joueurs jouaient les sept parties sans pause (une partie de pratique et six parties réelles).

Il est à noter que le mode « roi de la montagne » a été sélectionné pour sa simplicité, mais ce mode avait le désavantage de ne pas avoir un temps fixe par partie. Les parties pouvaient durer de 3 à 6 minutes. Si une équipe prenait le point de contrôle et le défendait sans permettre à l'équipe adverse de le prendre, la partie se terminait en 3 minutes. Si au contraire, les équipes étaient très équilibrées et se disputaient constamment le point de

contrôle, la partie pouvait durer jusqu'à six minutes. La variable de temps était donc corrélée avec l'équilibre d'expertise des équipes, et il n'a pas été possible d'isoler l'impact de la variable du temps sur le flow.

De plus, pour évaluer l'expertise des joueurs, trois variables ont été utilisées : le nombre d'heures jouées par semaine aux jeux vidéo en général, le nombre d'heures jouées par semaine aux jeux de tirs à la première personne, et l'expérience (récente ou non) aux jeux de tirs à la première personne. Normalement, l'expertise est évaluée de manière objective plutôt que par questions subjectives; les compagnies de jeux ont souvent un score associé à chaque joueur qui considère toutes ses parties antérieures. Ce score est beaucoup plus précis que celui estimé par des questions subjectives— sauf lorsqu'il s'agit d'un nouveau joueur qui n'a pas ou peu de parties jouées. L'impact de l'expertise du joueur et de son partenaire est donc probablement sous-estimé dans cette étude par rapport à ce qu'il est possible d'obtenir dans le domaine du jeu vidéo.

L'étude tente de prédire les résultats d'un questionnaire auto-administré de flow, le *Flow Short Scale* (Rheinberg 2003; tel que cité par Engeser 2008), et possède donc les mêmes limites que celui-ci. De plus, il s'agit ici d'un flow moyen durant la partie (de 3 à 6 minutes). Cela peut être l'idéal en contexte d'algorithme de pairage (après une partie, on peut de nouveau jumeler différents joueurs ensemble), mais pas dans un contexte d'ajustement de difficulté dynamique, car modifier le jeu en temps réel nécessite de

connaître le niveau de flow à des moments précis. Nous supposons que les contributions sur le flow moyen seront principalement transférables au flow précis, mais d'autres études utilisant une méthodologie différente devront venir le confirmer.

Afin d'augmenter le nombre d'observations par expérimentation, les participants pouvaient faire plusieurs parties, ce qui fait que les données contiennent des mesures répétées avec une corrélation intra-joueur et un effet de partie. Cependant, la procédure utilisée (GLMSelect du logiciel SAS 9.4) ne considère pas les valeurs répétées. Nous sommes dans un contexte de prédiction, le nombre de mesures répétées par participant est faible, et il n'y avait pas de différence de temps importante entre les mesures répétées du même participant. Cependant, des tests comme les tests de rapport de vraisemblance et les tests sur les corrélations ont été fait, il s'agit tout de même d'une limite de l'étude.

Pour finir, notre étude utilise l'inférence après la sélection de modèle, qui est une méthode simple mais aussi légèrement biaisée. Lorsque la p-value est très petite, comme dans la plupart des résultats, cela n'est pas critique. Cependant, le test de vraisemblance sur le trait de personnalité d'Honnêteté-Humilité possède un p-value de 0,044 , et sa significativité est questionable.

## Chapitre 7 : Conclusion

### 7.1 Contributions théoriques

Certaines recherches ont déjà constaté que l'utilisation des traits de personnalité des participants, ou alors de leurs données physiologiques, peut contribuer à l'évaluation du flow en contexte individuel (Chanel 2008; Nacke 2008; Seger 2012). D'autres études supportent que dans un groupe, le flow d'une personne est influencé par les autres (Walker 2010; Labonté 2016; Borderie 2015). Cependant, le flow en jeu vidéo n'ayant pas été étudié avec des traits de personnalité et des états psychophysiologiques en mode multijoueur à notre connaissance, la contribution de ce mémoire à la littérature est de confirmer qu'il est pertinent d'utiliser les données psychophysiologiques et les traits de personnalité du joueur et de son partenaire pour évaluer le flow du joueur dans ce contexte.

Nous avons observé que les traits de personnalité d'Émotivité, de Conscience et d'Honnêteté-Humilité étaient corrélés avec le flow. D'autres études supportent aussi une corrélation entre le flow et Névrosisme (qui est le contraire de l'Émotivité stable) ainsi que la Conscience (Ullén 2012; Johnson 2014; Ross 2014). Cependant, nous n'avons pas découvert de lien entre l'Honnêteté-Humilité et le flow dans la littérature. De plus, nous n'avons pas découvert de lien entre le flow et les traits d'Agréabilité et d'Extraversion comme le constate Ross (2014). Il est à noter que l'étude d'Ullén (2012) a utilisé le test de personnalité des *Big Five* (John, 1999) et que Johnson (2014) et Ross (2014) ont utilisé

celui de NEO Personality Inventory–Revised (Costa, 1992), alors que nous avons plutôt utilisé le test d’HEXACO (Lee, 2004), et que nous étions dans un contexte de jeu vidéo.

Nos résultats démontrent que les flow des deux joueurs sont corrélés significativement, ce qui vient appuyer les recherches de flow en groupe (Walker 2010; Labonté 2016; Borderie 2015).

Nous avons découvert une corrélation significative entre le flow d’un joueur et sa propre performance, ce qui est en lien avec l’étude de Rheinberg (2008) qui démontre qu’en contexte individuel, le flow peut causer une augmentation de la performance. Cependant, il ne semble pas y avoir de corrélation linéaire entre le flow d’un joueur et la performance du partenaire. Il est donc possible que les résultats de Rheinberg (2008) soient transférables dans un contexte d’équipe si on se limite à la performance et au flow d’un même joueur, mais pas si on utilise le flow d’un joueur avec la performance de son partenaire.

Finalement, selon les variables sélectionnées par les modèles (annexe 8,11), nous pouvons voir que la plupart d’entre elles sont des variables d’interactions. Il existe donc une interaction entre les traits de personnalité et les mesures psychophysiologiques, et il serait pertinent pour les futures études dans un contexte semblable d’utiliser les interactions d’ordre deux des variables, et possiblement d’ordre supérieur.

## 7.2 Contribution industrielle

Au niveau de la contribution industrielle, les résultats de cette étude pourront intéresser ceux qui veulent estimer le flow, par exemple les compagnies de jeux vidéo qui veulent améliorer leur algorithme de pairage ou ajuster le niveau de difficulté en temps réel. Puisqu'il existe un lien entre le flow et la performance (Rheinberg, 2008), les équipes de *eSport* (sport électronique) professionnelles qui veulent améliorer leur performance de groupe pourraient aussi être intéressées à estimer le flow de leurs joueurs. L'ordonnement des mesures selon leurs apports de précision du flow permet aux compagnies d'estimer leurs coûts/bénéfices et facilite donc leur choix d'outils potentiels.

Par exemple, une compagnie qui veut simplement utiliser un questionnaire très court saura choisir le trait de personnalité « Émotivité » parmi les autres traits de personnalité du questionnaire HEXACO. Si elle veut seulement utiliser une mesure physiologique, elle saura que les émotions faciales sont probablement plus intéressantes que le rythme cardiaque ou l'activité électrodermale.

## 7.3 Avenues de recherche

Tel que stipulé dans les limites de l'étude, nous sommes dans un contexte très précis de jeux vidéo. Il serait intéressant de comparer les résultats avec d'autres études qui seraient en contexte de compétition entre des vrais joueurs, qui auraient des équipes plus grandes que deux, qui utiliseraient un type de jeu différent du jeu de tir à la première personne, ou

alors qui utiliseraient un flow précis (par exemple, une estimation du flow à chaque seconde) plutôt qu'un flow moyen sur une période. Il serait particulièrement intéressant de tester les pistes de cette étude dans un contexte de jeux sérieux de groupe, puisqu'une augmentation de flow pourrait mener à une meilleure expérience d'apprentissage.

De plus, il serait opportun d'explorer les relations entre les traits de personnalité, les mesures psychophysiologiques et leurs interactions dans un contexte inférentiel plutôt qu'en contexte de prédiction.

Au niveau de l'industrie, plusieurs jeux dans le domaine du *neurogaming* utilisant des mesures neurophysiologiques sont déjà sur le marché ou en développement (*Muse Relaxation*, *Neuromage*, *Throw trucks with your mind*, *Star Wars The Force Trainer I&II*, *Journey to Wild Divine*, etc.). Cependant, l'intérêt semble beaucoup plus porté sur les mesures neurologiques. Selon les résultats de cette étude, il pourrait être pertinent d'intégrer les émotions faciales, que ce soit pour un nouveau jeu ou un jeu déjà existant.

Il serait intéressant de tester avec un vrai jeu un questionnaire à remplir une fois par joueur qui influencerait les algorithmes de pairing. Ce mémoire s'est limité aux traits de personnalité du questionnaire HEXACO, mais d'autres questions pourraient être pertinentes, notamment le degré d'interaction désiré avec les coéquipiers et les adversaires, la propension à insulter les autres, le type d'humour, etc. Il serait relativement facile, et peu coûteux par rapport à l'utilisation de mesures physiologiques, d'effectuer des tests sur des joueurs volontaires et de modifier les algorithmes.

## Bibliographie

- Asakawa, Kiyoshi (2004). « Flow experience and autotelic personality in Japanese college students: How do they experience challenges in daily life? », *Journal of Happiness studies*, vol. 5, no 2, p. 123-154.
- Barsade, Sigal G (2002). « The ripple effect: Emotional contagion and its influence on group behavior », *Administrative Science Quarterly*, vol. 47, no 4, p. 644-675.
- Borderie, Joceran (2015). *Le Team Flow: expérience optimale de coopération. Biennale du CNAM*.
- Boucsein, Wolfram (2012). *Electrodermal activity*, Springer Science & Business Media.
- Brislin, Richard W (1970). « Back-translation for cross-cultural research », *Journal of cross-cultural psychology*, vol. 1, no 3, p. 185-216.
- Brockmyer, Jeanne H, Christine M Fox, Kathleen A Curtiss, Evan McBroom, Kimberly M Burkhart et Jacquelyn N Pidruzny (2009). « The development of the Game Engagement Questionnaire: A measure of engagement in video game-playing », *Journal of Experimental Social Psychology*, vol. 45, no 4, p. 624-634.
- Carli, Massimo, Antonella Delle Fave et Fausto Massimini (1988). « The quality of experience in the flow channels: Comparison of Italian and US students ».
- Chanel, G., Rebetez, C., Betrancourt, M., Pun, T. (2008). Boredom, engagement and anxiety as indicators for adaptation to difficulty in games. *MindTrek 2008: Entertainment and Media in the Ubiquitous Era*, Tampere, Finland, October 7-9.
- Chen, Hsiang (2006). « Flow on the net—detecting Web users’ positive affects and their flow states », *Computers in human behavior*, vol. 22, no 2, p. 221-233.
- Chen, Hsiang, Rolf T Wigand et Michael S Nilan (1999). « Optimal experience of web activities », *Computers in human behavior*, vol. 15, no 5, p. 585-608.
- Costa, Paul T et Robert R McCrae (1992). « Normal personality assessment in clinical practice: The NEO Personality Inventory », *Psychological assessment*, vol. 4, no 1, p. 5.

Cronbach, Lee J (1951). « Coefficient alpha and the internal structure of tests », *psychometrika*, vol. 16, no 3, p. 297-334.

Csikszentmihalyi, Mihaly (1975). « Play and intrinsic rewards », *Journal of humanistic psychology*.

Csikszentmihalyi, Mihaly (1988). « The flow experience and its significance for human psychology ».

Csikszentmihalyi, M (1990). « Flow. The Psychology of Optimal Experience. New York (HarperPerennial) 1990 ».

Csikszentmihalyi, Mihaly et Isabella Selega Csikszentmihalyi (1992). *Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness*, Cambridge university press.

Csikszentmihalyi, Mihaly, Reed Larson et Suzanne Prescott (1977). « The ecology of adolescent activity and experience », *Journal of youth and adolescence*, vol. 6, no 3, p. 281-294.

d'Astous, A. (2005). *Le projet de recherche en marketing (3e édition)*, Montréal, Québec : Chenelière éducation.

De Kock, Frederick Gideon (2014). *The neuropsychological measure (EEG) of flow under conditions of peak performance*, UNIVERSITY OF SOUTH AFRICA.

De Vries, Reinout E, Kibeom Lee et Michael C Ashton (2008). « The Dutch HEXACO Personality Inventory: Psychometric properties, self–other agreement, and relations with psychopathy among low and high acquaintanceship dyads », *Journal of Personality Assessment*, vol. 90, no 2, p. 142-151.

Delalleau, Olivier, Emile Contal, Eric Thibodeau-Laufer, Raul Chandias Ferrari, Yoshua Bengio et Frank Zhang (2012). « Beyond skill rating: Advanced matchmaking in ghost recon online », *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, vol. 4, no 3, p. 167-177.

Engeser, Stefan et Falko Rheinberg (2008). « Flow, performance and moderators of challenge-skill balance », *Motivation and Emotion*, vol. 32, no 3, p. 158-172.

Fu, Fong-Ling, Rong-Chang Su et Sheng-Chin Yu (2009). « EGameFlow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games », *Computers & Education*, vol. 52, no 1, p. 101-112.

Heyne, K., Pavlas, D., & Salas, E. (2011). An investigation on the effects of flow state on team process and outcomes. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 55, No. 1, pp. 475-479). SAGE Publications.

IJsselsteijn, WA, K Poels et YAW de Kort (2008). « Measuring player experiences in digital games. Development of the Game Experience Questionnaire (GEQ) », Manuscript in preparation.

Jackson, Susan A et Herbert W Marsh (1996). « Development and validation of a scale to measure optimal experience: The Flow State Scale », *Journal of sport and exercise psychology*, vol. 18, p. 17-35.

John, Oliver P et Sanjay Srivastava (1999). « The Big Five trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives », *Handbook of personality: Theory and research*, vol. 2, no 1999, p. 102-138.

Johnson, Jarrod A, Heidi N Keiser, Evan M Skarin et Scott R Ross (2014). « The Dispositional Flow Scale–2 as a Measure of Autotelic Personality: An Examination of Criterion-Related Validity », *Journal of personality assessment*, vol. 96, no 4, p. 465-470.

Kivikangas, J Matias, Guillaume Chanel, Ben Cowley, Inger Ekman, Mikko Salminen, Simo Järvelä, et al. (2011). « A review of the use of psychophysiological methods in game research », *Journal of Gaming & Virtual Worlds*, vol. 3, no 3, p. 181-199.

Labonté-LeMoine, É., Léger, P. M., Resseguier, B., Bastarache-Roberge, M. C., Fredette, M., Sénécal, S., & Courtemanche, F. (2016). Are We in Flow Neurophysiological Correlates of Flow States in a Collaborative Game. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1980-1988). ACM.

Larocque, Denis. *Analyse multidimensionnelle appliquée - Recueil 6-602-07*, Automne 2014, 343 p.

Lee, Kibeom et Michael C Ashton (2004). « Psychometric properties of the HEXACO personality inventory », *Multivariate behavioral research*, vol. 39, no 2, p. 329-358.

Léger, Pierre-Majorique, Fred D Davis, Timothy Paul Cronan et Julien Perret (2014). « Neurophysiological correlates of cognitive absorption in an enactive training context », *Computers in Human Behavior*, vol. 34, p. 273-283.

- Léger, Pierre-Majorique, Sylvain Sénécal, Caroline Aubé, Ann-Frances Cameron, AO Guinea, E Brunelle, et al. (2013). « The influence of group flow on group performance: a research program », *Proceedings of the Gmunden Retreat on NeuroIS*, vol. 13.
- Likert, Rensis (1932). « A technique for the measurement of attitudes », *Archives of psychology*.
- Liu, Changchun, Pramila Agrawal, Nilanjan Sarkar et Shuo Chen (2009). « Dynamic difficulty adjustment in computer games through real-time anxiety-based affective feedback », *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 25, no 6, p. 506-529.
- Mirza-Babaei, P., Nacke, L., Fitzpatrick, G., White, G., McAllister, G., & Collins, N. (2012). Biometric storyboards: visualising game user research data. In *CHI'12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2315-2320). ACM.
- Moneta, Giovanni B et Mihaly Csikszentmihalyi (1996). « The effect of perceived challenges and skills on the quality of subjective experience », *Journal of personality*, vol. 64, no 2, p. 275-310.
- Moneta, Giovanni B et Mihaly Csikszentmihalyi (1999). « Models of concentration in natural environments: A comparative approach based on streams of experiential data », *Social Behavior and Personality: an international journal*, vol. 27, no 6, p. 603-637.
- Nacke, L., & Lindley, C. A. (2008). Flow and immersion in first-person shooters: measuring the player's gameplay experience. In *Proceedings of the 2008 Conference on Future Play: Research, Play, Share* (pp. 81-88). ACM.
- Nacke, Lennart E, Sophie Stellmach et Craig A Lindley (2010). « Electroencephalographic assessment of player experience: A pilot study in affective ludology », *Simulation & Gaming*.
- Nacke, L. E., Kalyn, M., Lough, C., & Mandryk, R. L. (2011). Biofeedback game design: using direct and indirect physiological control to enhance game interaction. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 103-112). ACM.
- Pearce, Jon M, Mary Ainley et Steve Howard (2005). « The ebb and flow of online learning », *Computers in human behavior*, vol. 21, no 5, p. 745-771.

Peifer, Corinna (2012). « Psychophysiological correlates of flow-experience », dans *Advances in flow research*, Springer, p. 139-164.

Peng, Wei et Gary Hsieh (2012). « The influence of competition, cooperation, and player relationship in a motor performance centered computer game », *Computers in Human Behavior*, vol. 28, no 6, p. 2100-2106.

Pfister, R. (2002). *Flow im Alltag. Untersuchungen zum Quadrantenmodell des Flow-Erlebens und zum Konzept der autotelischen Persönlichkeit mit der Experience Sampling Method (ESM)* [Flow in everyday life: Studies on the quadrant model of flow experiencing and on the concept of the autotelic personality with the experience sampling method (ESM)].

Plotnikov, A., Stakheika, N., De Gloria, A., Schatten, C., Bellotti, F., Berta, R., ... & Ansovini, F. (2012, July). Exploiting real-time EEG analysis for assessing flow in games. In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2012 IEEE 12th International Conference on* (pp. 688-689). IEEE.

Ravaja, Niklas, Timo Saari, Marko Turpeinen, Jari Laarni, Mikko Salminen et Matias Kivikangas (2006). « Spatial presence and emotions during video game playing: Does it matter with whom you play? », *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 15, no 4, p. 381-392.

Ravaja, Niklas, Marko Turpeinen, Timo Saari, Sampsa Puttonen et Liisa Keltikangas-Järvinen (2008). « The psychophysiology of James Bond: phasic emotional responses to violent video game events », *Emotion*, vol. 8, no 1, p. 114.

Rheinberg, Falko, Regina Vollmeyer et Stefan Engeser (2003). *Die erfassung des flow-erlebens*, na. [The assessment of flow experience]

Ross, Scott R et Heidi N Keiser (2014). « Autotelic personality through a five-factor lens: Individual differences in flow-propensity », *Personality and Individual Differences*, vol. 59, p. 3-8.

Schüler, Julia (2007). « Arousal of flow experience in a learning setting and its effects on exam performance and affect », *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, vol. 21, no 3/4, p. 217-227.

Seger, Jeff et Richard Potts (2012). « Personality correlates of psychological flow states in videogame play », *Current Psychology*, vol. 31, no 2, p. 103-121.

Teng, Ching-I (2008). « Personality differences between online game players and nonplayers in a student sample », *CyberPsychology & Behavior*, vol. 11, no 2, p. 232-234.

Tijs, Tim JW, Dirk Brokken et Wijnand A IJsselsteijn (2008). « Dynamic game balancing by recognizing affect », dans *Fun and Games*, Springer, p. 88-93.

Ullén, Fredrik, Örjan de Manzano, Rita Almeida, Patrik KE Magnusson, Nancy L Pedersen, Jeanne Nakamura, et al. (2012). « Proneness for psychological flow in everyday life: Associations with personality and intelligence », *Personality and Individual Differences*, vol. 52, no 2, p. 167-172.

Walker, Charles J (2010). « Experiencing flow: Is doing it together better than doing it alone? », *The Journal of Positive Psychology*, vol. 5, no 1, p. 3-11.

Weibel, David, Bartholomäus Wissmath, Stephan Habegger, Yves Steiner et Rudolf Groner (2008). « Playing online games against computer-vs. human-controlled opponents: Effects on presence, flow, and enjoyment », *Computers in Human Behavior*, vol. 24, no 5, p. 2274-2291.

# Chapitre 8 : Annexes

## 8.1 Formulaire de Consentement

Formulaire de consentement à une expérimentation au TECH<sup>3</sup>LaB

### 1. PRÉSENTATION du projet de recherche

Nous vous invitons à participer au projet de recherche portant sur le jeu multijoueur.

Ce projet est réalisé sous la supervision du professeur Pierre-Majorique Léger que vous pouvez rejoindre par téléphone au 514 340-7013 ou par courriel à pierre-majorique.leger@hec.ca

### 2. DESCRIPTION DE L'EXPÉRIMENTATION

Lors de cette expérience, il vous sera demandé de jouer à Team Fortress 2 ainsi que de répondre à un questionnaire entre chaque partie. S'il-vous-plaît, procédez à ces tâches de manière naturelle et détendue. Aucun jugement n'est porté sur vos réactions ou votre performance.

Le jeu Team Fortress 2 est un jeu de guerre coté M (Mature, pour les 17 ans et plus) et contenant de la violence. **Vous avez le droit de refuser de jouer, ou d'arrêter de jouer à tout moment. Dans ce cas, vous ne pourrez pas participer à l'expérimentation.**

### 3. Description des outils de mesure utilisés dans cette recherche

Durant l'expérience, vous devrez répondre à des questionnaires. S'il-vous-plaît, répondez à ces questions sans hésitation puisque, généralement, votre première impression reflète souvent le mieux votre véritable opinion. Il n'y a pas de limite de temps pour compléter ces questionnaires.

A) Collecte des données de conductance de la peau (activité électrodermale), activité cardiaque et de respiration

Nous allons collecter des données physiologiques lorsque vous participerez à cette expérience. Pour mesurer vos signaux physiologiques, nous allons placer des petits senseurs adhésifs et jetables sur certaines parties de votre corps. Un ordinateur enregistrera les données transmises par ces senseurs. Il est donc possible que le chercheur vous touche aux endroits où doivent être placés ces senseurs. Aucun des senseurs utilisés ne contient du latex. En cas d'allergies ou de sensibilités cutanées aiguës, vous ne pourrez pas participer à cette expérimentation. Les senseurs placés sur votre main permettront de déterminer les niveaux de conductibilité électrique de la

peau. Ceux-ci seront placés sur deux doigts de la main (ou sur la paume). Les senseurs jetables placés sur votre torse détectent le courant du muscle cardiaque lorsqu'il se contracte, alors que la mince bande élastique placée autour du torse, en haut de la poitrine, mesure l'étirement de la cage thoracique lors de la respiration. Veuillez indiquer au chercheur si vous êtes inconfortable avec le placement des senseurs dont certains pourront être disposés à différents endroits selon votre préférence. Il vous sera aussi offert d'installer vous-mêmes les senseurs dans un endroit que vous jugez privé. Les senseurs sont jetables après utilisation, ne provoquent aucune douleur, ne nécessitent aucune piqûre et ne blessent la peau en aucune manière. Lorsqu'ils sont retirés après l'expérimentation, cela ne causera pas plus d'inconfort que de retirer un pansement adhésif. **Vous avez le droit de refuser qu'ils soient placés sur votre corps. Dans ce cas, vous ne pourrez pas participer à l'expérimentation.**

B) Collecte des données vidéos de l'expérimentation

Cette expérimentation sera filmée. Si vous acceptez d'être filmé, toutes les vidéos seront confidentielles, protégées par un mot de passe et conservées dans un endroit sécurisé. Les vidéos seront utilisées pour analyser vos actions et vos conversations durant l'expérience. Ces vidéos ne seront jamais publiées ou rediffusées publiquement d'une quelconque façon. Seuls les chercheurs impliqués dans ce projet y auront accès. **Vous avez le droit de refuser que l'expérimentation soit filmée. Dans ce cas, vous ne pourrez pas participer à l'expérimentation.**

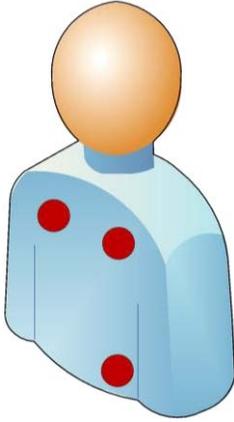
Les équipements utilisés par le Tech<sup>3</sup>Lab pour mesurer les signaux physiologiques ont tous été homologués au Canada et répondent aux normes de sécurité de Santé Canada ou du Conseil canadien des normes (organisme relevant du Parlement du Canada) pour une utilisation dans un contexte de recherche. Le CER (Comité d'éthique de la recherche) de HEC Montréal autorise l'utilisation de ces instruments et logiciels. Le personnel du Tech<sup>3</sup>Lab ne détient aucune formation pour l'**interprétation médicale** des données physiologiques, neurophysiologiques et oculométriques; par conséquent, aucune interprétation individuelle de vos données ou diagnostic de santé ne sera fourni à la fin de l'expérience.

**Votre participation à ce projet de recherche doit être totalement volontaire. Vous pouvez refuser de répondre à l'une ou à l'autre des questions.** Il est aussi entendu que vous pouvez demander de mettre un terme à la rencontre, ce qui interdira au chercheur d'utiliser l'information recueillie. Pour toute question en matière d'éthique, vous pouvez communiquer avec le secrétariat du Comité d'éthique de la recherche (CER) de HEC Montréal par téléphone au 514 340-7182 ou par courriel à [cer@hec.ca](mailto:cer@hec.ca). N'hésitez pas à poser au chercheur toutes les questions que vous jugerez pertinentes.

#### 4. POSITIONNEMENT DES SENSEURS

Les sections suivantes illustrent le positionnement des divers capteurs utilisés dans cette expérimentation

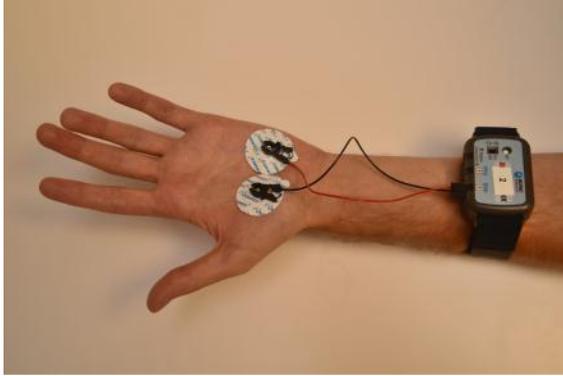
### Électrocardiographie (EKG)



### Respiration



### Réponse électrodermale



## 5. CONFIDENTIALITÉ des DONNÉES recueillies

Le chercheur, de même que tous les autres membres de l'équipe de recherche, s'engage, le cas échéant, à protéger les renseignements personnels obtenus de la manière suivante :

En assurant la protection et la sécurité des données recueillies auprès des participants ou participantes et à conserver les enregistrements dans un lieu sécuritaire;

En ne discutant des renseignements confidentiels obtenus auprès des participants ou participantes qu'avec les membres de l'équipe;

En n'utilisant pas les données recueillies dans le cadre de ce projet à d'autres fins que celles prévues, à moins qu'elles ne soient approuvées par le CER de HEC Montréal. **Notez que votre approbation à participer à ce projet de recherche équivaut à votre approbation pour l'utilisation de ces données pour des projets futurs qui pourraient être approuvés par le CER de HEC Montréal;**

En n'utilisant pas, de quelque manière que ce soit, les données ou les renseignements qu'un participant ou une participante aura explicitement demandé d'exclure de l'ensemble des données recueillies.

Toutes les personnes pouvant avoir accès aux données ont signé un engagement de confidentialité.

Le CER de HEC Montréal a statué que la collecte des données liée à la présente étude satisfait aux normes éthiques en recherche auprès des êtres humains.

## 6. Déroulement de l'expérience

Cette section précise le déroulement de l'expérience.

Avant le début de l'expérience, une explication du but de la recherche et du déroulement de l'expérience sera donnée au participant;

Le participant devra ensuite signer l'accord de consentement qui présente les diverses conditions de l'expérience;

Selon le cas, les outils de mesures physiologiques et neurophysiologiques seront installés aux endroits appropriés sur le participant et ce, avec son accord;

Les outils de mesure seront ensuite calibrés (2 à 10 minutes selon les outils utilisés);

Par la suite, le participant se verra attribuer une période de calme avant de lancer l'expérience afin d'obtenir des données physiologiques de référence pour la suite de l'expérience.

Par la suite, vous serez amené à utiliser différents outils informatiques pour réaliser des tâches.

Selon le cas, nous vous demanderons de répondre à des questionnaires pour commenter votre perception de l'utilisation de ces équipements.

7. Après l'expérimentation :

Les capteurs seront enlevés. Pour ce faire, il est possible que le chercheur touche les participants aux endroits où se trouvent les capteurs.

Les capteurs seront retirés délicatement; les participants seront informés que cela ne cause pas plus de malaise que de retirer un pansement adhésif ou le retrait d'un casque de bain selon l'outil de mesure.

Selon le contexte de recherche, les participants seront invités à remplir un questionnaire post-expérimental.

Un *débriefing* sera également offert aux participants en fonction du contexte de la recherche. Toutefois, aucune interprétation clinique des données brutes ne pourra être fournie aux participants.

8. Consentement du participant

**Êtes-vous âgé de MOINS de 18 ans?**

**OUI**

**NON**

**Avez-vous des allergies cutanées ou des sensibilités particulières?**

**OUI            NON**

**Avez-vous un stimulateur cardiaque ?**

**OUI            NON**

**Avez-vous besoin de lunettes pour travailler à l'ordinateur ?**

**OUI            NON**

**Souffrez-vous ou avez-vous souffert d'épilepsie?**

**OUI            NON**

**Avez-vous un problème de santé diagnostiqué?**

**OUI            NON**

**Avez-vous un diagnostic neurologique ou psychiatrique?**

**OUI            NON**

Si vous avez répondu OUI à une de ces questions, vous ne pouvez **PAS** participer à cette expérimentation.

Consentement À l'expérimentation

**Le chercheur, qui mène cette étude, m'a expliqué ce que je devrai faire durant l'étude et j'accepte d'y participer. Ni mon nom ou toute autre information permettant de m'identifier ne seront divulgués. Je comprends que toutes les informations que je fournirai seront gardées strictement confidentielles. De plus, je comprends que ma participation à cette étude est volontaire et que je suis libre de retirer mon consentement et de mettre fin à ma participation à tout moment.**

**J'accepte de participer à cette expérimentation**

**Je refuse de participer à cette expérimentation**

Consentement À l'enregistrement audio-visuel

**Cette expérimentation sera filmée. Si vous acceptez d'être filmé, toutes les vidéos seront confidentielles, protégées par un mot de passe et conservées sous clef. Les vidéos seront utilisées pour analyser vos actions et vos conversations durant l'expérience. Ces vidéos ne seront jamais publiées ou rediffusées publiquement d'une quelconque façon. Seuls les chercheurs impliqués dans le projet y auront accès.**

**J'accepte que l'expérimentation soit filmée**

**Je refuse que l'expérimentation soit filmée**

9. Signatures du participant et du chercheur :

Prénom et nom du participant : \_\_\_\_\_

Signature du participant: \_\_\_\_\_ Date (jj/mm/aaaa):

\_\_\_\_\_

Prénom et nom du chercheur : \_\_\_\_\_

Signature du chercheur : \_\_\_\_\_ Date (jj/mm/aaaa):

\_\_\_\_\_

## 8.2 Questionnaire final

**lettre de participant :** \_\_\_\_\_

En moyenne durant la dernière année, combien d'heures par semaine jouez-vous à des jeux vidéo (tous types confondus)?

\_\_\_\_\_

En moyenne durant la dernière année, combien d'heures par semaine jouez-vous à des jeux vidéo de type *First Person Shooter*?

\_\_\_\_\_

En moyenne durant la dernière année, combien d'heures par semaine jouez-vous à des jeux vidéo contenant de la violence?

\_\_\_\_\_

En moyenne durant la dernière année, combien d'heures par semaine jouez-vous à des jeux vidéo en ligne contre de vrais joueurs?

\_\_\_\_\_

En moyenne durant la dernière année, combien d'heures par semaine jouez-vous à des jeux vidéo mobiles ou applications Facebook?

\_\_\_\_\_

Avez-vous de l'expérience dans ce type de jeu vidéo *First Person Shooter*?

pas du tout

beaucoup



En général, appréciez-vous le type de jeu vidéo *First Person Shooter*?

pas du tout

beaucoup



Êtes-vous un homme ou une femme?

Homme	Femme

*(verso)*

Quel âge avez-vous?

---

Placez vos parties jouées en ordre de préférence, en n'incluant pas la partie de pratique. Si vous ne vous rappelez pas des numéros sur six de vos parties, classées les simplement avec la première jouée, deuxième jouée et troisième jouée. (ex : 3,1,2)

---

Pourquoi avez-vous choisi cet ordre? :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Commentaires additionnels (optionnel)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 8.3 Protocole de l'assistante Jeux

### **Assistante 2 - JEUX**

#### Protocole pour l'expérience 20 Winchester

Procédure avant l'arrivée des participants

#### **Séparation des tâches**

Une assistante sera la responsable physio (biopac, xt, facereader) et l'autre assistante, qui sera la responsable de jeu (ce protocole-ci), sera devant le mac et devra informer les joueurs à chaque changement de partie.

Sur le **portable**,

Cliquez deux fois sur l'icône Update Winchester.

Attendre que la mise à jour soit complétée, la console se fermera d'elle-même.

Cliquer deux fois sur l'icône Winchester Server.

Deux fenêtres apparaîtront, « Winchester server » et « SOURCE DEDICATED SERVER » qui va changer de nom pour « Winchester\_Testing. »

*Dans la fenêtre « **Winchester\_Testing** », afin que le serveur soit correctement chargé, le dernier message ne doit PAS être :*

*«Your server needs to be restarted in order to receive the latest update. » ;*

*Ce qui signifierait que la mise à jour ne s'est pas effectuée correctement ; vous devez alors fermer Winchester et recommencer à partir de l'étape 2.*

*Si la fenêtre se ferme automatiquement avec un échec de Windows, **contactez immédiatement MCBR.***

Sur le poste du **mac**, et les postes **2, 3, 5 et 6** :

Cliquer sur l'icône Team Fortress 2, en bas à gauche.

*S'il semble y avoir un problème de connexion Internet, vérifiez la connexion, attendez quelques secondes et réessayez.*

*Si le compte n'est pas connecté; ouvrez le fichier accounts\_tf2 sur l'intranet pour connaître le nom d'utilisateur et le mot de passe pour chaque poste.*

*Il est possible que vous deviez cliquer sur « Download the update » et attendre le chargement du jeu. Cliquez ensuite sur « Play Game ».*

Appuyer sur la touche escape pour terminer la cinématique.

Cliquer sur « Servers » (mais pas sur l'icône « + »)

Cliquer sur l'onglet « Lan »

Double cliquer sur Winchester\_Testing

*S'il n'est pas visible, cela signifie que le serveur n'est pas encore ouvert. Cliquez sur refresh après vous avoir assurées que le serveur ait été démarré sur le portable.*

Dès que le chargement du jeu est complété, cliquez sur « Continue » deux fois en bas à droite.

Sur les postes des participants seulement

Faites alt+tab sur le clavier pour revenir au bureau sans fermer le jeu

Double cliquez sur le vidéo DémoWinchester.

Mettez la fenêtre en plein écran, faites pause et remettez le vidéo au tout début (car il débute par lui-même).

Ouvrez le document Test\_Personalite sur le bureau en bas à gauche.

Sauvegarder le document sous PXX\_EXX\_A (ou B ou C ou D) dans le dossier Winchester\_Excel sur le bureau.

Laissez le document Excel ouvert en premier plan.

*Si le template Test\_Personalite n'est pas vide, cela signifie qu'il y a eu une erreur dans l'enregistrement précédent. Enregistrez-le avec la date trouvée (ex Test\_Personalite\_24092014\_10h30) dans le dossier Winchester\_Excel. Utilisez le Test\_Personalite\_contingence inclus dans les documents puisque ce template sera vide. Enregistrez-le sous PXX\_EXX\_A comme prévu. (Vous pouvez alors mettre à jour le template en supprimant le Test\_Personalite et en le remplaçant par le Test\_Personalite\_Contingence sur le bureau pour les expériences suivantes. )*

Sur le poste du **mac**

Lorsque vous aurez accédé au jeu, sélectionnez l'option spectateur.

*En cas d'erreur, la touche 1 permet de retourner au menu.*

Appuyer une fois sur la **touche 3** (celle au-dessus des lettres, et non sur le clavier numérique).

Vérifier le dernier message sur le **portable** dans l'invite de commande (Winchester\_Testing), qui doit être

```
autokick disabled for Spectateur
```

```
rcon from "132.211.219.237:49416" : command "sm_aia_all 1"
```

```
rcon from "132.211.219.237:49416" : command "mp_waitingforplayers_cancel 1"
```

(Les chiffres de l'adresse IP peuvent être différents.)

*Il n'y a pas d'inconvénient à appuyer plusieurs fois sur la touche 3.*

#### PROCÉDURE POUR L'ACCUEIL DES PARTICIPANTS

Vous pouvez aider l'autre assistante (le texte pâle est principalement la tâche de l'assistante physio) avec l'accueil des participants

*Bonjour,*

*Je m'appelle XXX, et voici XXX. Merci beaucoup de vous être déplacé pour faire cette expérience. Votre participation ici va durer environ 2h. On vous remettra ensuite une carte-cadeau COOP d'une valeur de 25\$»*

Demandez de placer boucles d'oreilles, piercing, lunettes et cellulaires dans une case. Demandez également de jeter la gomme.

Faire signer le formulaire de consentement (sur un pad brun).

*Voici un formulaire mentionnant que vous acceptez de participer à la présente étude. Lisez-le attentivement et signez-le.*

Emmenez les participants dans la salle de groupe

Sélectionnez dans le cartable la bonne feuille de **Contrôle Winchester**, selon le nombre de participants qui se sont présentés et la condition de l'expérience.

Posez les senseurs physiologiques :

L'assistante 1 passe les participants un à la fois pour la pose des senseurs derrière le rideau.

Pendant ce temps, vérifiez que toutes les webcams Facereader sont bien placées à l'aide des téléscopes au plafond.

Les participants vont vous avertir lorsqu'ils auront fini le questionnaire Excel. Appuyez sur la touche **Ctrl+s** pour vous assurer de la sauvegarde, puis faites basculer la fenêtre au vidéo tutoriel.

*« Vous pouvez maintenant mettre vos écouteurs. Appuyez sur play lorsque vous êtes prêt. Gardez les écouteurs pendant la partie pour avoir le son. »*

Même si l'assistante 1 retourne dans la salle de contrôle pour tester Acknowledge, attendez que tous les participants aient fini de regarder le vidéo tutoriel. Sur chaque poste des participants, **retournez dans la fenêtre de jeu**. Ne sélectionnez pas l'équipe bleue immédiatement.

***« Je vais vous donner le signal plus tard pour sélectionner l'équipe bleue pour que vous entriez dans le jeu. Après chaque partie, vous devrez toujours attendre mon signal avant de commencer à bouger. Veuillez noter que le point de contrôle au milieu est un carré délimité par les bouts de bois et non seulement le cercle. Aussi, les trousseaux de secours par terre sont maintenant en forme de citrouille pour l'Halloween. Il vous suffit de marcher dessus pour regagner de la vie. Si jamais une fenêtre apparaît disant que vous avez trouvé un item, il suffit de cliquer « Ok, resume game » en bas à droite. Avez-vous des questions? »***

Assurez-vous qu'ils soient tous prêts avant de retourner dans la salle de contrôle et asseyez-vous devant le mac.

Pour les commandes (touches sur le mac de 1 à 10 qui sont au-dessus des lettres et non sur le numpad) : sur les feuilles de **Contrôle Winchester**, référez-vous au bon tableau selon le nombre de joueurs et la condition de l'expérience.

Pour les prochaines commandes, vous devez vérifier que tout se déroule bien à l'aide du poste du mac. Gardez la touche « **tab** » enfoncée pour vérifier les joueurs dans la partie. Vous pouvez ainsi vérifier que les bons participants sont connectés dans l'équipe bleue, et aussi que le bon nombre d'ordinateurs, , sont dans l'équipe rouge et ce, avec le bon niveau de difficulté.



Ici on constate qu'il y a bien 2 ordinateurs en mode « easy ». La difficulté sera toujours le premier nom de l'ordinateur (le reste du nom est aléatoire)

*Difficultés : easy ( touche 5 ) ; normal ( touche 6 ) ; hard ( touche 7 )*

*En cas de mauvais nombre d'ordinateurs ou mauvais niveau de difficulté : appuyez sur **4** pour sortir tous les ordinateurs du jeu, sélectionnez le bon niveau de difficulté avec **5, 6** ou **7**, puis appuyez sur **8** ou **9** (1 ou 2 ordinateurs respectivement) pour faire ré-apparaître les ordinateurs. Au besoin, vous pouvez appuyer sur **0** pour redémarrer la partie, ce qui remet les compteurs à 0.*

*\*Attention : modifier le niveau de difficulté n'affecte que les prochains ordinateurs qui entreront dans le jeu, et non ceux qui y sont déjà.*

*\*\*Attention : si vous appuyez plusieurs fois sur **8**, il y aura +1 ordinateur à chaque fois!!*

*« **Vous pouvez maintenant sélectionner l'équipe bleue et le personnage scout.** » (Attendre un peu, confirmez que les 4 participants sont bien dans l'équipe bleue en gardant la touche « tab » enfoncée) « **Êtes-vous prêts?**»*

*S'ils ont choisi par erreur un autre personnage, dites-leur d'appuyer pour **F12** pour sélectionner le Scout.*

*S'ils sont entrés par erreur dans l'équipe rouge, dites-leur de sélectionner leur personnage, puis appuyer sur **F1** pour retourner au menu, et ensuite sélectionner l'équipe bleue.*

Sur le poste du mac, appuyez sur **9** (si 4 participants) ou **8** (si 2-3 participants) pour commencer la partie. Informez toujours les participants que la partie est commencée en disant « **C'est**

**commencé** ». Gardez la touche « tab » enfoncée de nouveau pour vous assurer qu'il y ait bien le bon nombre d'ordinateurs en mode « easy ».

**Soyez attentives lorsqu'un des compteurs s'approche de 0, puisque cela signifie la fin de la partie.**

Attention : en cas de temps supplémentaire, vous devez attendre que l'écran affiche les gagnants et perdants avant d'enlever les ordinateurs de la partie en appuyant sur la touche 4.

Lorsque la partie est terminée, appuyez sur **4**, ce qui enlèvera tous les ordinateurs du jeu.

Ensuite, avant chaque partie, vous devez informer les participants de qui doit jouer et de qui doit observer, selon les indications des tableaux sur les feuilles de Contrôle Winchester.

*« Maintenant, la première partie va commencer. Les joueurs X et X, cliquez sur la touche F1 et choisissez l'option Spectate. Les joueurs X et X, ne sortez pas de votre base et attendez mon signal. ».*

Avant de débiter la première vraie partie, **indiquez à l'assistante 1 qu'il est temps de lancer l'observation dans observer XT.**

Pour les fins de parties suivantes, rappelez toujours aux participants **de remplir les questionnaires** (sauf lorsqu'ils sont spectateurs, et ils n'ont pas à remplir de questionnaires après la pratique). Il y aura parfois un participant qui joue deux fois de suite; vous devez vous assurer qu'il ait fini de remplir son questionnaire.

Avant chaque début de partie : **gardez la touche « tab » enfoncée** pour vous assurer que les bons joueurs sont dans la partie, et que l'ordinateur ait t le bon niveau de difficulté une fois que vous l'avez ajouté.

*Il ne faut absolument pas que les participants prennent le contrôle du milieu avant le début de la prochaine partie.*

*Si cela arrive, vous devez redémarrer cette partie. Il suffit d'appuyer sur **0** et la partie recommencera après 2 secondes.*

Pour les parties subséquentes, vous devez vous référer aux tableaux sur les feuilles de Contrôle Winchester. Les commandes pour le niveau de **difficulté** de chaque partie varieront selon le **nombre de joueurs** et la **condition de l'expérience**.

Durant l'expérimentation, il faut noter sur Contrôles Winchester.

- Le nombre de joueurs & la condition.
- Le nom de chaque joueur avec sa lettre associée.
- En cas d'erreurs pour chacune des parties (exemple nous avons redémarré la partie).
- Si le serveur a été fermé & rouvert durant l'expérimentation.
- De plus, cochez après chaque partie pour vous assurer que vous êtes rendus au bon endroit.

À la fin, dites aux participants de remplir le **questionnaire final**.

Sur le portable, **fermez les deux fenêtres noires (Winchester\_server & Winchester testing)**

Restez dans la salle afin de répondre aux questions pendant que l'assistante physio enlève les senseurs et distribue les certificats Coop.

Entre deux expérimentations dans la même journée, n'oubliez pas de :

- Refaire la mise à jour, et ré-ouvrir le serveur sur le portable
- Reconnecter le mac sur le serveur, appuyer sur 3 puis vérifier le message sur le portable
- Sur chaque poste de participants : se connecter au jeu, refaire les étapes pour l'ouverture et l'enregistrement du questionnaire Excel, et s'assurer que le vidéo tutoriel est au début.

À la fin de la journée, pour fermer le jeu :

- Touche escape
- Disconnect (en bas à gauche)

- Quit (en bas à gauche)
- Fermez aussi les fenêtres d'annonces de Steam.

### **RAPPELS :**

**TOUJOURS APPUYER SUR 4 EN PREMIER LORSQUE VOUS CONSTATEZ QUE LA PARTIE EST TERMINÉE**

*« La partie est terminée. Attendez mon signal avant de bouger. Les prochains joueurs sont X et X, alors que X et X doivent faire F1 et sélectionner « spectate ». Ceux qui viennent de jouer, veuillez remplir le questionnaire et m'indiquez quand vous êtes prêts. »*

Si un participant va sur le point du milieu avant votre signal, **appuyer sur 0** pour redémarrer la partie. Vous pouvez également redémarrer la partie si Observer XT n'a pas été lancé à temps ou si vous vous êtes trompés de niveau de difficulté.

Il faut appuyer sur la **touche 3** avant le début de l'expérience

Toujours vérifier en appuyant sur **TAB** que les bons joueurs et les bons ordinateurs sont dans la partie

N'oubliez pas de dire aux participants de remplir le **questionnaire final**.

Pour les participants :

F1= retour au menu

F12 = changement de personnage

Ceux qui sont spectateurs ne devraient pas parler.

**Survol des touches (clavier du poste du mac) et des commandes associées (invite de commande Winchester\_Testing sur portable)**

*Vous n'avez pas besoin d'entrer manuellement les commandes*

<b>Touche</b>	<b>Explication</b>	<b>Commande dans Winchester_Testing</b>
<b>1</b>	<i>Changer d'équipe</i>	
<b>2</b>	<i>Ouvrir manuellement la console pour le contrôle à distance</i>	
<b>3</b>	Obtenir des munitions à l'infini, 99 en bas à droite dans l'écran du joueur.  Annule également le temps d'attente (30 sec)	<b>sm_aia_all 1</b> <b>mp_waitingforplayers_cancel 1</b>
<b>4</b>	Cesser la partie	<b>tf_bot_kick all</b>
<b>5</b>	Difficulté 0 (par défaut) pour les prochains ordinateurs	<b>tf_bot_difficulty 0</b>
<b>6</b>	Difficulté 1 pour les prochains ordinateurs	<b>tf_bot_difficulty 1</b>
<b>7</b>	Difficulté 2 pour les prochains c ordinateurs	<b>tf_bot_difficulty 2</b>
<b>8</b>	Commencer une partie avec 1 ordinateurs ennemi	<b>tf_bot_add 1 red</b>
<b>9</b>	Commencer une partie avec 2 ordinateurs ennemi	<b>tf_bot_add 2 red</b>
<b>0</b>	Redémarre la partie	<b>mp_restartgame 1</b>



### 8.3.1 Contrôle Winchester : 4 joueurs, Condition 1

Numéro de l'expérience : \_\_\_\_\_

Nom des joueurs avec leur lettre :


Partie	Joueurs	Difficulté	Touches	Fait	Erreurs?
Pratique	ABCD	0 (Easy)	Début: 9 Fin: 4		
1	A & B	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
2	C & D	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
3	A & C	1(Normal)	Début: 6, 8 Fin: 4		
4	B & D	1(Normal)	Début: 8 Fin: 4		
5	A & D	2 (Hard)	Début: 7, 8 Fin: 4		
6	B & C	2 (Hard)	Début: 8 Fin : 4		

*\*S'il y a seulement 2 joueurs, ce sont toujours les joueurs A & B qui jouent*

*3 joueurs = 4 questionnaires (« après chaque partie ») par participant*

*2 joueurs = 6 questionnaires (« après chaque partie ») par participant*

### 8.3.2 Contrôle Winchester : 4 joueurs, Condition 2

Numéro de l'expérience : \_\_\_\_\_

Nom des joueurs avec leur lettre :

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Partie	Joueurs	Difficulté	Touches	Fait	Erreurs?
Pratique	ABCD	0 (Easy)	Début: 9 Fin: 4		
1	A & B	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
2	C & D	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
3	A & C	2 (Hard)	Début: 7, 8 Fin: 4		
4	B & D	2 (Hard)	Début: 8 Fin: 4		
5	A & D	1(Normal)	Début: 6, 8 Fin: 4		
6	B & C	1(Normal)	Début: 8 Fin : 4		

*\*S'il y a seulement 2 joueurs, ce sont toujours les joueurs A & B qui jouent*

*3 joueurs = 4 questionnaires (« après chaque partie ») par participant*

*2 joueurs = 6 questionnaires (« après chaque partie ») par participant*

### 8.3.3 Contrôle Winchester : 4 joueurs, Condition 3

Numéro de l'expérience : \_\_\_\_

Nom des joueurs avec leur lettre :

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Partie	Joueurs	Difficulté	Touches	Fait	Erreurs?
Pratique	ABCD	0 (Easy)	Début: 9 Fin: 4		
1	A & B	1(Normal)	Début: 6, 8 Fin: 4		
2	C & D	1(Normal)	Début: 8 Fin: 4		
3	A & C	0 (Easy)	Début: 5, 8 Fin: 4		
4	B & D	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
5	A & D	2 (Hard)	Début: 7, 8 Fin: 4		
6	B & C	2 (Hard)	Début: 8 Fin : 4		

*\*S'il y a seulement 2 joueurs, ce sont toujours les joueurs A & B qui jouent*

*3 joueurs = 4 questionnaires (« après chaque partie ») par participant*

*2 joueurs = 6 questionnaires (« après chaque partie ») par participant*

### 8.3.4 Contrôle Winchester : 2 ou 3 joueurs, Condition 1

Numéro de l'expérience : \_\_\_\_\_

Nom des joueurs avec leur lettre :

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Partie	Joueurs *	Difficulté	Touches	Fait	Erreurs?
Pratique	ABC	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
1	A & B	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
2	A & C	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
3	B & C	1(Normal)	Début: 6, 8 Fin: 4		
4	A & B	1(Normal)	Début: 8 Fin: 4		
5	A & C	2 (Hard)	Début: 7, 8 Fin: 4		
6	B & C	2 (Hard)	Début: 8 Fin : 4		

*\*S'il y a seulement 2 joueurs, ce sont toujours les joueurs A & B qui jouent*

*3 joueurs = 4 questionnaires (« après chaque partie ») par participant*

*2 joueurs = 6 questionnaires (« après chaque partie ») par participant*

### 8.3.5 Contrôle Winchester : 2 ou 3 joueurs, Condition 2

Numéro de l'expérience : \_\_\_\_\_

Nom des joueurs avec leur lettre :

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Partie	Joueurs *	Difficulté	Touches	Fait	Erreurs?
Pratique	ABC	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
1	A & B	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
2	A & C	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
3	B & C	2 (Hard)	Début: 7, 8 Fin: 4		
4	A & B	2 (Hard)	Début: 8 Fin: 4		
5	A & C	1(Normal)	Début: 6, 8 Fin: 4		
6	B & C	1(Normal)	Début: 8 Fin : 4		

*\*Sil y a seulement 2 joueurs, ce sont toujours les joueurs A & B qui jouent*

*3 joueurs = 4 questionnaires(« après chaque partie ») par participant*

*2 joueurs = 6 questionnaires(« après chaque partie ») par participant*

### 8.3.6 Contrôle Winchester : 2 ou 3 joueurs, Condition 3

Numéro de l'expérience : \_\_\_\_\_

Nom des joueurs avec leur lettre :

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Partie	Joueurs *	Difficulté	Touches	Fait	Erreurs?
Pratique	ABC	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
1	A & B	1(Normal)	Début: 6, 8 Fin: 4		
2	A & C	1(Normal)	Début: 8 Fin: 4		
3	B & C	0 (Easy)	Début: 5, 8 Fin: 4		
4	A & B	0 (Easy)	Début: 8 Fin: 4		
5	A & C	2 (Hard)	Début: 7, 8 Fin: 4		
6	B & C	2 (Hard)	Début: 8 Fin : 4		

*\*Sil y a seulement 2 joueurs, ce sont toujours les joueurs A & B qui jouent*

*3 joueurs = 4 questionnaires (« après chaque partie ») par participant*

*2 joueurs = 6 questionnaires (« après chaque partie ») par participant*

## 8.4 Protocole de l'assistante physio

### *Assistante 1 - Physio*

#### Protocole pour l'expérience 20\_Winchester

PROCÉDURE avant l'arrivée des participants

#### **Séparation des tâches**

Une assistante sera la responsable physio (biopac, xt, facereader) et suivra ce protocole. L'autre assistante sera la responsable de jeu (protocole de jeu), et devra se tenir devant le mac et informer les joueurs à chaque changement de partie.

#### **Autres**

Allumez tous les ordinateurs nécessaires, session Tech3admin.

Allumez les trois télévisions dans la salle de groupe.

Mette le panneau de porte à « occupé ».

Placez les documents (et les stylos) à côté des ordinateurs des participants (poste 2,3 5 et 6). Dans le cas de 4 participants, il y a 3 questionnaires « Entre chaque partie, » 1 « Questionnaire final » et 1 « Feuille de rappel des contrôles » par participant. Dans le cas de 3 participants, il y a 4 questionnaires « Entre chaque partie » chacun, et dans le cas de 2 participants, le nombre de questionnaires s'élève à 6 « Entre chaque partie » chacun. (Il y a toujours un total de 12 questionnaires « Entre chaque partie » par expérimentation)

Allez chercher l'équipement physio dans la salle individuelle

#### **MediaRecorder**

Ouvrez le raccourci *MediaRecorder* « 20\_Winchester »

Sur les interrupteurs (Atlona), assurez-vous qu'ils soient sur le 1 (PC).

Assurez-vous de la visibilité de MediaRecorder sur les télés au plafond dans la salle de groupes

*Si les télévisions n'affichent aucun signal, assurez-vous que les fils sont bien branchés derrière l'ordinateur MediaRecorder.*

## **Biopac**

Allumez l'amplificateur BIOPAC (bouton à l'arrière)

Ouvrez le fichier « 20\_Winchester - Vérification »

Dans l'onglet MP150, sélectionnez MP150 puis cliquer sur Ok.

## **Observer XT**

Cliquez sur le raccourci *Observer XT* « 20\_Winchester » sur le bureau.

Il est possible qu'une page Internet Explorer s'ouvre, il suffit de la fermer.

Créer une nouvelle observation avec la nomenclature obs\_20\_XX (suivre le numéro dans le Workflow).

Mettre la syncbox à **30 secondes**.

## PROCÉDURE POUR L'ACCUEIL DES PARTICIPANTS

Accueil des participants

*Bonjour,*

*Je m'appelle XXX, et voici XXX. Merci beaucoup de vous être déplacé pour faire cette expérience. Votre participation ici va durer environ 2h. On vous remettra ensuite une carte-cadeau COOP d'une valeur de 25\$»*

Demandez de mettre dans une case boucles d'oreille, piercing, lunettes et cellulaires. Demandez de jeter la gomme.

Faire signer les formulaires de consentement (sur un pad brun).

*« Voici un formulaire mentionnant que vous acceptez de participer à la présente étude. Lisez-le attentivement et signez-le. »*

Dix minutes après l'heure officielle de l'expérimentation, vous pouvez amener les participants dans la salle de groupe afin de commencer à poser les senseurs. L'assistante-jeu s'occupera d'accueillir les retardataires jusqu'à 20 minutes de retard.

Amenez les participants dans la salle de groupe

Assignez les participants aux lettres A,B,C,D correspondant au matériel physio 1,2,3 & 4 respectivement. Informez les participants de leur lettre respective et indiquez avec votre doigt les collants devant les postes afin qu'ils se reconnaissent.

*Assignez toujours les premières lettres aux participants (ex 2 participants présents, ils deviennent A & B)*

*« Voici des questionnaires papiers que vous devrez remplir après chaque partie jouée, excepté pour la première partie de pratique (pointez les documents que vous avez déjà placés). Il y a aussi une feuille de rappel de contrôle. Je vais d'abord placer les senseurs sur le participant A, en attendant je vous invite maintenant à vous asseoir et à répondre à un questionnaire dans un fichier Excel. Veuillez répondre à tous les énoncés, même si vous n'êtes pas tout à fait certain(e) de votre réponse.*

*Après avoir rempli le questionnaire, cliquez sur enregistrer et ne fermez pas la fenêtre. Avertissez XXXX (pointez l'assistante-jeu) afin qu'elle vous montre le vidéo tutoriel. »*

Posez les senseurs physiologiques :

Pour la pose des senseurs derrière le rideau, vous devez passer les sujets un à la fois par ordre alphabétique.

**ENLEVEZ LE RIDEAU À LA FIN** afin qu'on puisse bien voir la synchbox.

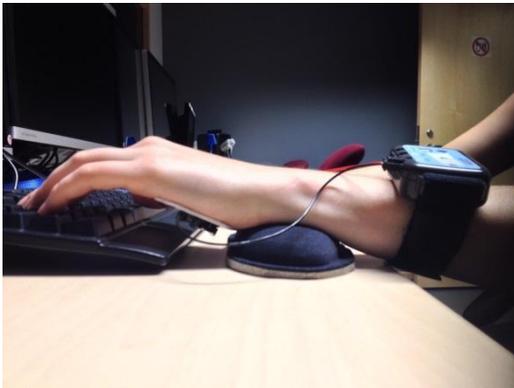
Particularités pour EDA



Les fils doivent pointer vers l'extérieur et toujours être placés sur la main gauche, même si le participant est gaucher (il n'aura pas le choix de bouger la souris de la main droite)



Placez le coussin dans cette position. Dites au participant de placer ses doigts au-dessus des touches W,A,S,D.



Assurez-vous que les senseurs ne soient pas en contact avec le clavier.

***« S'il vous plait, gardez cette position pour votre main gauche. Évitez de frapper les senseurs sur le clavier lorsque vous jouez. »***

Pendant ce temps, l'assistante 2 s'assure que les joueurs regardent le tutoriel. Elle vérifie aussi que la webcam facereader est bien placée à l'aide des télés au plafond.

Avant de retourner dans la salle d'observation, fermez les télévisions au plafond (assurez-vous que l'assistante-jeu n'a plus besoin du Mediarecorder)

Après la pose de senseurs, retournez dans la salle d'observation. Cliquez sur « start » dans Acqknowledge *vérification* pour vérifier la qualité des signaux.

Fermez Acqknowledge (sans sauvegarder).

Ouvrir le fichier « 20\_Winchester - Acquisition ».

Dans l'onglet MP150, sélectionnez MP150 puis cliquez sur Ok.

Cliquez *Start* sur Acqknowledge Acquisition

Juste avant la **première partie de jeu** (l'assistante 2 devrait vous indiquer quand lancer l'observation):

**GO !** : Lancer observation dans Observer XT.

Vérifiez les graphiques physio et reposez les senseurs pendant les pauses si nécessaire.

Vous pouvez ensuite vous occuper de remplir le Workflow, effectuer les mises à jour sur le panel et préparer les compensations.

La terminologie est eXX pour l'expérimentation, pXX\_eXX\_A (ou B/C/D) pour les participants

Créez les noms pour tous les participants ABCD de l'expérience. Si personne n'est inscrit, laissez la ligne vide sauf pour le nom. Si le participant ne s'est pas présenté, marquer « no-show ».

PROCÉDURE POUR TERMINER L'EXPÉRIENCE

Arrêtez l'observation dans *Observer XT* lorsque la dernière partie est terminée.

Sauvegardez le projet *Observer XT*.

Cessez l'enregistrement dans Acqknowledge.

« Save as » dans le dossier 20\_Winchester sur le Bureau et inscrire la bonne nomenclature :  
acq\_20\_eXX

Après que les questionnaires finaux et que les Test\_Personnalite sur Excel aient été complétés, faire remplir et signer le formulaire de compensation.

Remettre les cartes cadeaux de 25\$ de la COOP HEC et les sélectionner dans l'intranet.

Placez le formulaire de consentement signé dans le cartable.

Placez le formulaire de compensation signé dans le cartable.

## 8.5 Flow short scale original

	not at all		partly		very much		
<b>I feel just the right amount of challenge.</b>	○	○	○	○	○	○	○
<b>My thoughts/activities run fluidly and smoothly.</b>	○	○	○	○	○	○	○
<b>I don't notice time passing.</b>	○	○	○	○	○	○	○
<b>I have no difficulty concentrating.</b>	○	○	○	○	○	○	○
<b>My mind is completely clear.</b>	○	○	○	○	○	○	○
<b>I am totally absorbed in what I am doing.</b>	○	○	○	○	○	○	○
<b>The right thoughts/movements occur of their own accord.</b>	○	○	○	○	○	○	○
<b>I know what I have to do each step of the way.</b>	○	○	○	○	○	○	○
<b>I feel that I have everything under control.</b>	○	○	○	○	○	○	○
<b>I am completely lost in thought.</b>	○	○	○	○	○	○	○

<b>Compared to all other activities which I partake in, this one is ...</b>	easy	○	○	○	○	○	○	○	○	difficult
<b>I think that my competence in this area is ...</b>	low	○	○	○	○	○	○	○	○	high
<b>For me personally, the current demands are ...</b>	too low	○	○	○	○	just right	○	○	○	too high

Rheinberg 2003; tel que cité par Engeser 2008



## 8.7 Coefficient de l'alpha de Cronbach pour le construit de flow, 10 questions

<b>Cronbach Coefficient Alpha</b>	
<b>Variables</b>	<b>Alpha</b>
Raw	<b>0.760141</b>
Standardized	0.766690

<b>Cronbach Coefficient Alpha with Deleted Variable</b>				
<b>Deleted Variable</b>	<b>Raw Variables</b>		<b>Standardized Variables</b>	
	<b>Correlation with Total</b>	<b>Alpha</b>	<b>Correlation with Total</b>	<b>Alpha</b>
<b>q1</b>	0.281243	0.761607	0.280381	0.766951
<b>q2</b>	0.597001	0.715694	0.597861	0.724036
<b>q3</b>	0.389717	0.744746	0.399129	0.751444
<b>q4</b>	0.522554	0.726852	0.523730	0.734477
<b>q5</b>	0.358285	0.752255	0.369528	0.755369
<b>q6</b>	0.424790	0.741256	0.425580	0.747902
<b>q7</b>	0.642930	0.710196	0.643547	0.717470

<b>q8</b>	0.538450	0.726115	0.540207	0.732178
<b>q9</b>	0.582336	0.715961	0.586826	0.725606
<b>q10</b>	0.004200	0.794173	-0.004281	0.801602

*Sortie SAS*

## 8.8 Coefficient d'alpha de Cronbach pour le construit de flow, 9 premières questions

<b>Cronbach Coefficient Alpha</b>	
<b>Variables</b>	<b>Alpha</b>
Raw	0.794173
Standardized	0.801602

<b>Cronbach Coefficient Alpha with Deleted Variable</b>				
<b>Deleted Variable</b>	<b>Raw Variables</b>		<b>Standardized Variables</b>	
	<b>Correlation with Total</b>	<b>Alpha</b>	<b>Correlation with Total</b>	<b>Alpha</b>
<b>q1</b>	0.281548	0.803212	0.280110	0.808895
<b>q2</b>	0.637761	0.752876	0.636903	0.762855
<b>q3</b>	0.384732	0.786710	0.393554	0.794871
<b>q4</b>	0.564701	0.763428	0.565229	0.772565
<b>q5</b>	0.329171	0.799735	0.340868	0.801453
<b>q6</b>	0.434965	0.780673	0.435209	0.789580
<b>q7</b>	0.655676	0.751305	0.654932	0.760375

<b>q8</b>	0.558019	0.765401	0.558948	0.773404
<b>q9</b>	0.589945	0.758470	0.593014	0.768829

*Sortie SAS*

## 8.9 Nombre de facteur pour le flow suggérés par la méthode d'estimation ml

Nombres de facteurs	AIC	SBC	P-Value du test H0 : le modèle n facteur est adéquat
1	138.22769	8.94707	<.0001
2	30.332652	-65.704383	<.0001
3	8.048397	-58.438781	0.0008
4	-2.480955	-43.112009	0.0599
5	-3.236344	-21.705005	0.2528

*Sortie SAS*

## 8.10 Liste des variables de l'étude

	Variable	Source
x1	challenge	Question 12 du questionnaire après chaque partie
x2	diffSubj	Question 11 du questionnaire après chaque partie
x3	diffObj	Difficulté 1,2 ou 3 de l'ordinateur
x4	hoursPerWeekVideoGames	Question 1 du questionnaire final
x5	hoursPerWeekFps	Question 2 du questionnaire final
x6	experienceFps	Question 6 du questionnaire final
x7	self_comp	Question 13 du questionnaire après chaque partie
x8	partner_comp	Question 14 du questionnaire après chaque partie
x9	honestyHumility	Questionnaire Hexaco - Honnêteté-humilité
x10	emotionality	Questionnaire Hexaco - Émotivité
x11	extraversion	Questionnaire Hexaco - Extraversion
x12	agreeableness	Questionnaire Hexaco - Agréabilité
x13	conscientiousness	Questionnaire Hexaco - Conscience
x14	opennessToExperience	Questionnaire Hexaco – Ouverture aux expériences
x15	altruism	Questionnaire Hexaco - Altruisme
x16	valenceAvg	Moyenne de valence

x17	valenceStd	Écart type de valence
x18	valenceAbsAvg	Moyenne de valence absolue
x19	valenceAbsStd	Écart type de valence absolue
x20	valenceMarcAvg	Moyenne de valence personnalisée (Marc Fredette)
x21	valenceMarcStd	Écart type de valence personnalisée (Marc Fredette)
x22	neutralAvg	Moyenne de l'état neutre
x23	neutralStd	Écart type de l'état neutre
x24	happyAvg	Moyenne de content
x25	happyStd	Écart type de content
x26	sadAvg	Moyenne de triste
x27	sadStd	Écart type de triste
x28	angryAvg	Moyenne de fâché
x29	angryStd	Écart type de fâché
x30	surprisedAvg	Moyenne de surpris
x31	surprisedStd	Écart type de surpris
x32	scaredAvg	Moyenne d'effrayé
x33	scaredStd	Écart type d'effrayé
x34	disgustedAvg	Moyenne de dégouté
x35	disgustedStd	Écart type de dégouté
x36	arousalAvg	Moyenne de l'éveil
x37	arousalStd	Écart type de l'éveil

x38	edaAvg	Moyenne électrodermale ( $\mu\text{S}$ )
x39	edaStd	Écart type électrodermale ( $\mu\text{S}$ )
x40	hrAvg	Moyenne de rythme cardiaque (bpm)
x41	hrStd	Écart type de rythme cardiaque (bpm)
x42	P_challenge	Question 12 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur
x43	P_diffSubj	Question 11 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur
x45	P_hoursPerWeekVideoGames	Question 1 du questionnaire final de l'autre joueur
x46	P_hoursPerWeekFps	Question 2 du questionnaire final de l'autre joueur
x47	P_experienceFps	Question 6 du questionnaire final de l'autre joueur
x49	P_self_comp	Question 13 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur
x50	P_partner_comp	Question 14 du questionnaire après chaque partie de l'autre joueur
x51	P_honestyHumility	Questionnaire Hexaco de l'autre joueur - Honnêteté-humilité
x52	P_emotionality	Questionnaire Hexaco de l'autre joueur - Émotivité
x53	P_extraversion	Questionnaire Hexaco de l'autre joueur - Extraversion
x54	P_agreeableness	Questionnaire Hexaco de l'autre joueur - Agréabilité

x55	P_conscientiousness	Questionnaire Hexaco de l'autre joueur - Conscience
x56	P_opennessToExperience	Questionnaire Hexaco de l'autre joueur – Ouverture aux expériences
x57	P_altruism	Questionnaire Hexaco de l'autre joueur - Altruism
x58	P_valenceAvg	Moyenne de valence de l'autre joueur
x59	P_valenceStd	Écart type de valence de l'autre joueur
x60	P_valenceAbsAvg	Moyenne de valence absolue de l'autre joueur
x61	P_valenceAbsStd	Écart type de valence absolue de l'autre joueur
x62	P_valenceMarcAvg	Moyenne de valence personnalisée (Marc Fredette) de l'autre joueur
x63	P_valenceMarcStd	Écart type de valence personnalisée (Marc Fredette) de l'autre joueur
x64	P_neutralAvg	Moyenne de l'état neutre de l'autre joueur
x65	P_neutralStd	Écart type de l'état neutre de l'autre joueur
x66	P_happyAvg	Moyenne de content de l'autre joueur
x67	P_happyStd	Écart type de content de l'autre joueur
x68	P_sadAvg	Moyenne de triste de l'autre joueur
x69	P_sadStd	Écart type de triste de l'autre joueur
x70	P_angryAvg	Moyenne de fâché de l'autre joueur
x71	P_angryStd	Écart type de fâché de l'autre joueur
x72	P_surprisedAvg	Moyenne de surpris de l'autre joueur
x73	P_surprisedStd	Écart type de surpris de l'autre joueur

x74	P_scaresAvg	Moyenne d'effrayé de l'autre joueur
x75	P_scaresStd	Écart type d'effrayé de l'autre joueur
x76	P_disgustedAvg	Moyenne de dégouté de l'autre joueur
x77	P_disgustedStd	Écart type de dégouté de l'autre joueur
x78	P_arousalAvg	Moyenne de l'éveil de l'autre joueur
x79	P_arousalStd	Écart type de l'éveil de l'autre joueur
x80	P_edaAvg	Moyenne électrodermale ( $\mu$ S) de l'autre joueur
x81	P_edaStd	Écart type électrodermale ( $\mu$ S) de l'autre joueur
x82	P_hrAvg	Moyenne de rythme cardiaque (bpm) de l'autre joueur
x83	P_hrStd	Écart type de rythme cardiaque (bpm) de l'autre joueur
x84	connaissance	Question 15 du questionnaire après chaque partie
x86	Performance	Le total des dégâts infligés divisé par le nombre de minutes jouées
x87	P_Performance	Le total des dégâts infligés divisé par le nombre de minutes jouées du partenaire

## 8.11 Variables sélectionnées pour les modèles

Modèles principaux	Variabiles utilisées pour le modèle (toutes en interaction ordre 2)	Variabiles sélectionnées par la procédure GLMSELECT
Modèle traditionnel	x1-x7	x7 i_x4_x4 i_x6_x4
Modèle individuel	x1-x7 x9x41	i_x11_x9 i_x13_x7 i_x14_x10 i_x23_x1 i_x25_x3 i_x29_x12 i_x30_x16 i_x34_x32 i_x37_x2 i_x38_x34 i_x41_x4
Modèle avec joueur B	x1-x84	i_x13_x7 i_x14_x10 i_x29_x22 i_x30_x16 i_x41_x4 i_x41_x18 i_x42_x30 i_x43_x7 i_x43_x33 i_x54_x30 i_x61_x33 i_x64_x8 i_x70_x5 i_x71_x9 i_x72_x25 i_x73_x19 i_x73_x53 i_x75_x4 i_x76_x8 i_x79_x76 i_x80_x23 i_x82_x80 i_x83_x29 i_x84_x1
Modèle traditionnel sans variable contraignantes	x3-x6	i_x6_x6
Modèle individuel sans variable contraignante	x3-x6 x9-41	x10 i_x6_x6 i_x24_x9 i_x24_x12 i_x30_x16 i_x33_x16 i_x34_x24 i_x37_x14 i_x38_x9 i_x40_x13 i_x41_x4
Modèle avec joueur B sans variable contraignante	x3-x6 x9-41 x45-x47 x51-x84	x10 i_x6_x4 i_x9_x4 i_x10_x10 i_x31_x29 i_x33_x18 i_x34_x24 i_x34_x29 i_x37_x31 i_x38_x35 i_x40_x13 i_x54_x11 i_x54_x12 i_x55_x10 i_x61_x4 i_x62_x26 i_x67_x35 i_x71_x9 i_x71_x14 i_x81_x73 i_x84_x31

<b>Modèles Psychologique</b>	<b>Variables utilisées pour le modèle (toutes en interaction ordre 2)</b>	<b>Variables sélectionnées par la procédure GLMSELECT</b>
Toutes les dimensions physiologiques	x3-x6 x9-x15 x45-x47 x51-x57 x84	i_x6_x4 i_x13_x9 i_x14_x10 i_x56_x14 i_x57_x11 i_x84_x5 i_x84_x13
Émotivité	x3-x6 x10 x45-x47 x52 x84	x10 i_x6_x4 i_x84_x10
Conscience	x3-x6 x13 x45-x47 x55 x84	i_x6_x4 i_x13_x6 i_x84_x6 i_x84_x13
Honnêteté-Humilité	x3-x6 x9 x45-x47 x51 x84	i_x6_x6 i_x84_x4 i_x84_x6 i_x84_x9
Ouverture aux expériences	x3-x6 x14 x45-x47 x56 x84	x84 i_x6_x4 i_x6_x6 i_x14_x14
Extraversion	x3-x6 x11 x45-x47 x53 x84	i_x6_x6 i_x84_x4 i_x84_x6 i_x84_x11
Agréabilité	x3-x6 x12 x45-x47 x54 x84	x84 i_x6_x6 i_x84_x4 i_x84_x6
Altruisme	x3-x6 x15 x45-x47 x57 x84	i_x5_x5 i_x6_x6 i_x84_x15
Aucune dimension	x3-x6 x45-x47 x84	x84 i_x6_x6 i_x84_x4 i_x84_x6

<b>Modèles physiologiques</b>	<b>Variables utilisées pour le modèle (toutes en interaction ordre 2)</b>	<b>Variables sélectionnées par la procédure GLMSELECT</b>
Tous les outils physiologiques	x3-x6 x16-x41 x45-x47 x58-x84	i_x20_x4 i_x24_x4 i_x31_x5 i_x37_x6 i_x40_x6 i_x26_x24 i_x30_x16 i_x30_x20 i_x30_x24 i_x33_x18 i_x38_x23 i_x40_x33 i_x77_x4 i_x64_x31 i_x81_x28 i_x75_x47 i_x84_x71
Émotions faciales	x3-x6 x16-x37 x45-x47 x58-x79 x84	i_x6_x6 i_x22_x6 i_x31_x5 i_x25_x23 i_x26_x24 i_x31_x16 i_x31_x18 i_x33_x18 i_x64_x6 i_x64_x37 i_x84_x21 i_x84_x71
Rythme cardiaque	x3-x6 x40 x41 x45-x47 x82-x84	i_x6_x6 i_x83_x4 i_x84_x4 i_x84_x6 i_x84_x40
Activité électrodermale	x3-x6 x38 x39 x45-x47 x80 x81 x84	x81 x84 i_x6_x6 i_x81_x6 i_x84_x4 i_x84_x6
Aucune dimension	x3-x6 x45-x47 x84	x84 i_x6_x6 i_x84_x4 i_x84_x6

## 8.12 Autres corrélations directes significatives avec le flow

Corrélation de Pearson

<b>Variables</b>	<b>Nom</b>	<b>Corrélation avec le flow</b>	<b>Pvalue</b>
X7	Compétence perçue	0,54	<0,0001
X6	Expérience FPS	0,44	<0,0001
X5	Heures par semaine FPS	0,32	<0,0001
X4	Heures par semaine jeux vidéo	0,32	<0,0001
X8	Compétence perçue du partenaire	0,14	0,025
X1	Défi perçu	-0,13	0,047