

Université du Québec en Outaouais

**Utilisation du biofeedback en réalité virtuelle comme outil de gestion de stress :
Évaluation de la pertinence d'une nouvelle tâche**

Projet d'essai doctoral
Présenté au
Département de psychoéducation et de psychologie

Comme exigence partielle du doctorat en psychologie,
Profil psychologie (D.Psy.)

Par
© Charles-Étienne LECLERC-TERRIEN

Avril 2024

Composition du jury

Utilisation du biofeedback en réalité augmentée comme outil de gestion de stress : Évaluation de la pertinence d'une nouvelle tâche

Par
Charles-Étienne Leclerc-Therrien

Cet essai doctoral sera évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Stéphane Bouchard, Ph. D., directeur de recherche, Département de psychologie et de psychoéducation, Université du Québec en Outaouais.

Michel Dugas, Ph. D., examinateur interne, Département de psychologie et de psychoéducation, Université du Québec en Outaouais.

Jérémie Verner-Fillion, Ph. D., examinateur interne, Département des sciences de l'éducation, Université du Québec en Outaouais

France Talbot, Ph.D., examinatrice externe, Université de Moncton

Remerciements

Je souhaite en premier lieu remercier mon directeur de thèse, Stéphane Bouchard, pour son implication indispensable sur ce projet. Merci de m'avoir fait une place dans ton équipe dès le baccalauréat, il y a déjà plusieurs années de cela. Durant toutes ces années, tu as été un mentor engagé, drôle et agréable à côtoyer. Je suis très reconnaissant des apprentissages que j'ai accomplis à tes côtés grâce à ton incroyable capacité à bien vulgariser des concepts complexes. Je tiens à offrir un remerciement spécial à Anne Pereira, mon assistante de recherche pour ce projet, pour son implication et son dévouement, et ce, malgré les embûches. Je tiens également à remercier Jérémie Verner-Filion et Marie-Christine Rivard pour leur implication importante dans ce projet. Finalement, j'aimerais également souligner ma reconnaissance pour tous les participants ayant contribué à l'étude pour le temps et pour la confiance qu'ils m'ont accordée et sans qui ce projet n'aurait pas eu lieu.

Sur une note personnelle, j'aimerais remercier tous les membres de ma famille ; ma conjointe Chantal, mes parents, Suzanne et Gilles, ainsi que mes deux sœurs, Cindy et Joanie, pour leur amour et pour leur soutien inconditionnel. Vous avez tous toujours cru en moi et vous m'avez offert la confiance nécessaire afin d'entreprendre et de terminer ce grand projet malgré les difficultés. Sans votre soutien, votre aide et votre écoute, ce long parcours n'aurait pu être possible. Un grand merci du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait pour moi au courant des années et je vous aime tous énormément. Finalement, un grand merci à tous mes amis qui m'ont encouragé et qui m'ont aidé à apprécier chaque journée de ces dernières années jusqu'à cette destination.

Résumé

Le biofeedback constitue une méthode d'entraînement à la gestion du stress éprouvée et dont l'intérêt se renouvelle dans la communauté scientifique. L'entraînement avec le biofeedback peut cependant être confronté à certains obstacles, notamment en ce qui a trait à la transférabilité des acquis. À l'aide de la réalité virtuelle, il serait possible d'offrir un entraînement avec le biofeedback dans un contexte où l'utilisateur peut pratiquer dans des contextes où l'on contrôle l'intensité du stress. Malgré le potentiel intéressant de la combinaison du biofeedback et de la réalité virtuelle, il n'existe présentement que peu d'études explorant cette modalité d'entraînement à la gestion du stress ainsi que les variables qui influencent son efficacité. La présente étude fut menée sur un échantillon de 60 hommes et femmes adultes provenant d'une population non clinique. Ceux-ci furent aléatoirement assignés à l'une des trois conditions : contrôle (CTRL), biofeedback en réalité virtuelle avec tâche neutre (BIO-RV) et biofeedback en réalité virtuelle avec tâche stressante (BIO-RA-STR) pour pratiquer la gestion du stress dans contexte stressant. La tâche MIST fut administrée aux participants avant et après chaque tâche expérimentale à titre de stresser standardisé. Des données (questionnaires et mesures physiologiques) furent recueillies avant, pendant et après la tâche expérimentale. Les résultats ne révèlent pas de différence entre les groupes BIO-RV et BIO-STR sur les mesures de stress objectives et subjectives avant, pendant et après la tâche expérimentale. Aucune différence significative entre les groupes n'est observée sur les mesures objectives et subjectives lors des tâches MIST avant et après l'expérimentation. Ces résultats inattendus mettent en lumière l'importance d'une rigoureuse méthodologie dans la présente étude, comparative à d'autres effectuées dans le domaine. Des pistes de recommandations sont proposées afin d'optimiser les prochaines versions de l'outil et les recherches dans ce domaine.

Mots clés

Réalité virtuelle, stress, biofeedback, gestion de stress, coping

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	i
RÉSUMÉ.....	ii
TABLE DES MATIÈRES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vi

CHAPITRE I

CONTEXTE THÉORIQUE

1. Stress.....	4
1.1. Conceptualisation du stress.....	4
1.2. Effets physiologiques du stress.....	5
1.2.1. Rythme cardiaque	5
1.3. Induction du stress.....	7
1.3.1. Montreal Imaging Stress Task (MIST).....	8
1.3.2. Les jeux vidéo	10
1.4. Coping.....	11
1.4.1. « Entraînement à la gestion du stress » (EGS).....	12
1.4.2 Respiration Diaphragmatique.....	13
2. Biofeedback.....	14
2.1. Biofeedback comme technique de gestion de stress.....	16
3. Réalité virtuelle.....	19
3.1. Biofeedback en réalité virtuelle.....	20
4. Limites des études précédentes.....	24
5. Synthèse.....	26
5.1. Objectifs.....	27
5.2. Hypothèses.....	27

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

6. Participants.....	30
7. Matériel.....	30
7.1. Visiocasque.....	30
7.2. Rythme cardiaque et biofeedback.....	31
7.3. Montreal Imaging Stress Task (MIST).....	33
7.4 Tâche virtuelle du laboratoire.....	35
8. Procédure.....	36

9. Mesures.....	39
9.1. Mesures descriptives.....	39
9.1.1. Données sociodémographiques.....	39
9.1.2. Scale of Perfectionism and Excellencism (SCOPE).....	39
9.1.3. Inventaire de Risque et d'Activation (IRA).....	40
9.1.4. Brief Coping Orientation of Problems Experiences Inventory (Brief COPE)..	40
9.1.5 Perceived Stress Scale (PSS).....	41
9.2. Mesure principale.....	41
9.2.1. Rythme cardiaque.....	41
9.3. Mesures secondaires.....	42
9.3.1. Mesure de Stress Psychologique (MSP-9).....	42
9.3.2. Coping Self-Efficacy Scale (CSE).....	42
9.4. Mesure tertiaire.....	43
9.4.1. Positive and Negative Affect Schedule : Short Form (I-PANAS-SF).....	43
9.5. Mesure Contrôle.....	43
9.5.1. Performance au MIST.....	43
CHAPITRE III	
RÉSULTATS	
10. Description de l'échantillon.....	44
11. Exploration des données.....	47
12. Résultats des analyses principales.....	47
CHAPITRE IV	
DISCUSSION	
13. Retour sur les hypothèses et résultats.....	53
14. Forces et limites de l'étude.....	60
CHAPITRE IV	
CONCLUSIONS.....	62
Références.....	64
ANNEXE A – Formulaire de consentement.....	77
ANNEXE B – Questionnaires.....	82
ANNEXE C – Manuel d'intervention et instructions standardisées.....	99
ANNEXE D – Document de psychoéducation sur le stress et la respiration diaphragmatique...	103
ANNEXE E – Reçu de participation.....	113

Liste des tableaux

Tableau 1. <i>Description des variables sociodémographiques et descriptives, selon la condition expérimentale.....</i>	46
Tableau 2. <i>Stress des participants aux quatre temps de mesure mesuré à l'aide du rythme cardiaque et d'un questionnaire autorapporté.....</i>	48
Tableau 3. <i>Résultats aux ANOVAs à mesures répétées pour le rythme cardiaque et le stress perçu.....</i>	49
Tableau 4. <i>Résultats aux moyennes et écarts-types pour les variables secondaires avant et après l'intervention.....</i>	52
Tableau 5. <i>Résultats aux ANOVAs à mesures répétées pour les variables secondaires.....</i>	52

Liste des figures

Figure 1. <i>Casque de réalité virtuelle Oculus S et ses manettes Oculus Touch des compagnies Lenovo</i>	31
Figure 2. <i>Ceinture Polar T31-coded de la compagnie Tought Technology</i>	31
Figure 3. <i>Moniteur de fréquence cardiaque Rythm24™ utilisé pour la rétroaction biofeedback</i>	32
Figure 4. <i>Tâche MIST telle que présentée à l'ordinateur</i>	34
Figure 5. <i>Illustrations du jeu en immersion virtuelle de la condition avec stress</i>	36
Figure 6. <i>Illustrations de la forêt immersion virtuelle de la condition neutre</i>	37
Figure 7. <i>Représentation visuelle des résultats sur la fréquence cardiaque des participants aux différents moments de l'expérimentation</i>	49
Figure 8. <i>Représentation visuelle des résultats sur la mesure de stress perçu par les participants aux différents moments de l'expérimentation</i>	51

Contexte théorique

Le stress représente un phénomène ayant de nombreux effets sur le bien-être des individus, autant sur le plan physique que sur plan psychologique (Lupien et al., 2009). Notamment, le stress constitue un facteur de risque contribuant à des difficultés en lien avec les maux de tête, la raideur musculaire, les problèmes de santé chroniques, l'insomnie, la dépression, l'anxiété et les comportements à risques tels que l'abus de substance (Bulo & Sanchez, 2014 ; Byrd & McKinney, 2012 ; Ribeiro et al., 2018). L'autorégulation en présence de facteurs de stress constitue une compétence qui peut être entraînée afin de développer notre capacité à faire face à différentes situations, à réduire les effets négatifs sur la santé physique et psychologique et à améliorer la qualité de vie globale (Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2015).

Face à une problématique de cette envergure, il est intéressant de se pencher sur la question à savoir comment mettre en place des outils thérapeutiques afin de faciliter l'accessibilité au traitement considérant que les interventions traditionnelles pour la gestion du stress, notamment la thérapie cognitive-comportementale et la pleine conscience, requièrent beaucoup de temps et de ressources (Henriques et al., 2011). En ce sens, la réalité virtuelle (RV) devient un outil intéressant puisque nous assistons présentement à une démocratisation au grand public de l'accès aux systèmes de visiocasques supportant la RV (Freeman et al., 2017). Dans le cadre de cette étude, la RV sert de médium afin d'offrir un entraînement à la gestion du stress basé sur le biofeedback. Le biofeedback se veut un outil technologique qui permet de prendre conscience des processus physiologiques sous-jacents au stress et ainsi mieux contrôler la réponse de symptômes qui peuvent devenir envahissants (Schwartz & Andrasik, 2003). Par contre, une critique courante de l'entraînement traditionnel à l'aide du biofeedback est que cette modalité d'intervention peut devenir monotone et peu intuitive (Wang, Parnandi & Gutierrez-

Osuna, 2017). La RV permet la création d'environnements simulés interactifs, contrôlés et immersifs qui suscitent l'apprentissage de nouvelles compétences, tel que la relaxation (Bouchard et al, 2012 ; Rockstroh, Blum & Goritz, 2019). L'étude qui sera détaillée dans les prochaines pages met au premier plan les défis de l'implantation d'un protocole de recherche centré sur l'intégration de l'autorégulation du stress à des tâches potentiellement stressantes à l'aide de la combinaison de deux outils technologiques. Par exemple, la création d'environnements virtuels demande initialement beaucoup de ressources, et que ces ressources permettent d'assurer de cibler les variables pertinentes à l'efficacité de l'environnement de RV. L'objectif de cette étude est de valider un nouvel environnement virtuel à l'aide d'un protocole de recherche rigoureux afin d'utiliser le biofeedback en réalité virtuelle comme un outil efficace afin d'améliorer la gestion du stress dans un contexte stressant. Dans la présente recherche, les participants seront amenés à participer à une tâche stressante, le MIST, avant et après l'intervention expérimentale afin d'évaluer si des changements significatifs opèrent quant à leur capacité de gérer le stress. On retrouve la condition contrôle, une condition d'immersion dans un environnement virtuel sans stresser avec biofeedback et une condition d'immersion dans un environnement virtuel avec stresser avec biofeedback. À long terme, des études subséquentes à celles-ci tenteront, à partir des résultats obtenus, de maximiser le potentiel du protocole de recherche pour des populations spécifiques à risque de faire face à de potentiels stresser, notamment la gestion du stress chez les athlètes de haut niveau.

Il est important dans un premier temps de bien définir le stress et ses effets, notamment dans l'optique de la sélection des stresser expérimentaux. Ensuite, un tour d'horizon des méthodes employées dans la gestion du stress, notamment le biofeedback et l'entraînement à la

relaxation, sera effectué. Finalement, les différentes modalités d'utilisation de la RV et son potentiel en tant qu'outil thérapeutique en conjonction avec le biofeedback seront explorées.

1. Stress

1.1. Conceptualisation du stress

Le stress, de manière générale, fait référence à la qualité de l'expérience produite dans la transaction entre un individu et son environnement, qui, à travers la surexcitation ou l'hypoexcitation physiologique, résulte en une détresse physiologique ou psychologique (Aldwin, 2009). Le stress se caractérise comme une expérience provenant de transactions avec l'environnement où il semble y avoir un déséquilibre entre les ressources de l'individu et le défi, ou le besoin, perçu. En d'autres mots, le stress constitue une réponse naturelle du corps lorsque l'individu fait face à un danger réel ou perçu (Lazarus, 1993 ; Lupien, 2009). Le cerveau est un organe clé dans la réponse au stress puisqu'il détermine ce qui est menaçant, et par conséquent stressant, et il contrôle également les réponses physiologiques et comportementales au stress (McEwen, 2022).

Afin d'expliquer le processus de stress, Lazarus et Folkman (1984) définissent deux types d'évaluation cognitive : l'évaluation primaire et l'évaluation secondaire. Lors de l'évaluation primaire, l'individu détermine s'il est en danger ou en péril face à un défi potentiel et comment cette situation peut interférer avec l'accomplissement des objectifs de l'individu. S'il est déterminé qu'il y a un danger potentiel, l'évaluation secondaire consiste à déterminer la responsabilité personnelle par rapport à cette situation et l'accessibilité des ressources de coping qui permettent d'y faire face. Ainsi, ce processus montre que la réponse au stress n'est ni universelle ni constante (Giannakakis et al., 2019).

1.2. Effets physiologiques du stress.

Les effets physiologiques de la réponse au stress sont nombreux. Le stress se veut particulièrement lié à l'activation du système nerveux autonome, qui se divise en deux parties, soit le système nerveux autonome sympathique et parasympathique (Chaloult, 2008). Le système sympathique est associé à l'anticipation du danger et de l'action. Il prépare l'organisme pour une réponse de défense ou de fuite, ce qui a pour effet d'accélérer le rythme cardiaque et la respiration, à augmenter la tension artérielle, l'activité électrodermale, la température de la peau, la sudation, la tension musculaire, la dilatation des pupilles, une diminution des sécrétions des glandes salivaires et le ralentissement du système digestif. Le système sympathique se trouve en constant équilibre avec le système parasympathique. Lorsque le système parasympathique s'active, il augmente la sécrétion des glandes salivaires et l'activité du système digestif, il ralentit le rythme respiratoire et le rythme cardiaque et finalement, il diminue la tension artérielle. D'un côté, la réponse d'activation du système nerveux autonome sympathique nous permet de copier avec la menace ou le défi auquel nous faisons face, mais une chronicité de ces réponses peut rendre le corps plus à risques de différents troubles, notamment les difficultés cardiovasculaires (McEwen, 2022).

1.2.1. Rythme cardiaque

Parmi les mesures physiologiques du stress, on retrouve notamment le rythme cardiaque (RC). Cette mesure représente bien la balance entre le système nerveux sympathique et parasympathique (Acharya et al., 2006 ; McCraty & Shaffer, 2015). La stimulation sympathique, qui se produit lors de la réponse au stress, occasionne une augmentation du rythme cardiaque et une réduction de la variabilité du rythme cardiaque (VRC). D'autre part, l'activité parasympathique provoque une réduction du rythme cardiaque et l'augmentation de la VRC, ce

qui permet d'obtenir une balance entre les deux systèmes régulant l'intervalle entre les battements dans le RC (Acharya et al., 2006). La VRC réfère aux variations observées dans les intervalles entre les battements du cœur, car un cœur en santé ne bat pas à une régularité absolue (Paul & Garg, 2012). En d'autres mots, il s'agit de la fluctuation du rythme cardiaque autour de la moyenne du rythme cardiaque. La VRC reflète la capacité du cœur à s'adapter aux changements de circonstances en détectant et en répondant rapidement aux stimuli imprévisibles (Acharya et al., 2006). Il importe de noter la relation naturelle entre le RC et la VRC. Lorsque le RC augmente, il y a moins de temps entre les battements pour que la variabilité survienne, ce qui fait en sorte que la VRC diminue (McCraty & Shaffer, 2015). Inversement, lorsque le RC diminue, il y a plus de temps entre les battements et la VRC augmente. La VRC est corrélée négativement de manière significative au RC (Sacha, 2014).

Plusieurs études sur le biofeedback utilisent la VRC comme variable principale sur lequel l'entraînement au biofeedback opère. L'association entre la VRC et le RC est un phénomène à la fois physique et mathématique. La corrélation entre la VRC et le RC se trouve près de 1, ce qui n'indique pas nécessairement une redondance d'information, mais plutôt une synergie entre les deux mesures (Coumel, Maison-Blanche & Catuli, 1994). Compte tenu de la complexité accrue concernant la collecte de données et des analyses mathématiques liées à l'utilisation de la VRC, le RC constitue un bon indicateur des déséquilibres du système nerveux autonome et peut se révéler la mesure la plus facile à effectuer (Sacha, 2014). La corrélation entre le RC et la VRC en font deux variables pertinentes dans l'entraînement à la gestion du stress à l'aide du biofeedback.

1.3. Induction du stress.

La réaction au stress diffère d'une personne à l'autre, mais la recherche met en lumière quatre éléments communs à tout stressor, soit le sentiment de contrôle faible sur une situation, l'imprévisibilité d'une situation, la nouveauté d'une situation et le sentiment de ne pas avoir les compétences nécessaires pour faire face à une situation (Kirschbaum et al., 1995 ; Pruessner et al., 2005). Ce sont des éléments à prendre en compte dans la sélection d'un stressor expérimental. Les études expérimentales avec des êtres humains nécessitent des procédures d'induction du stress qui rencontrent les standards éthiques nécessaires afin d'éviter les effets à long terme sur les participants tout en induisant un niveau de stress modéré par des mesures non invasives (Ferreira, 2019). Les protocoles expérimentaux traditionnels comportent tous des avantages et des inconvénients. Par exemple, le *Sing-a-Song StressTest (SSST)* (Brouwer & Hogervorst, 2014) induit un stress lorsque l'expérimentateur, accompagné de deux complices, demande au participant de chanter une chanson suite à une tâche devant une caméra vidéo. La procédure demande la mobilisation de plusieurs assistants de recherche et il est possible que la performance et les habiletés du participant en chant influencent les résultats de la procédure. Un autre exemple serait le *Trier Social Stress Test (TSST)* qui est une méthode bien établie afin d'induire un stress psychosocial en laboratoire (Skoluda et al., 2015). Dans ce test, les participants reçoivent l'instruction de faire une présentation orale devant un groupe de trois personnes qui vont évaluer la performance, suivi d'une tâche d'arithmétique mentale devant ce même groupe. Il s'agit ici aussi d'un test qui demande beaucoup de ressources et la mobilisation d'assistants de recherche afin de composer l'audience. Certaines études se sont intéressées à l'utilisation du TSST à l'aide de la réalité virtuelle, mais les résultats furent mitigés, alors que dans certain cas, la réponse au test ne montre pas de changements significatifs sur le plan des

niveaux de cortisol des participants (Kotlyar et al., 2008), et d'autres études observent des résultats significatifs sur l'augmentation de la réponse neuroendocrine des participants (Jordanova et al., 2007). Très peu de stressseurs expérimentaux basés sur la RV existent présentement en raison de la nouveauté de ces procédures et du développement récent des technologies qui les rendent possibles (Ferreira, 2019). Les résultats présentés sur ces procédures sont encore préliminaires et il est nécessaire que la recherche collecte un plus grand nombre de données afin de consolider la validité des résultats et considérer les effets collatéraux de l'utilisation des appareils de RV.

1.3.1. Montreal Imaging Stress Task (MIST)

Le MIST est un stressseur cognitif expérimental qui utilise des problèmes d'arithmétique mentale à l'ordinateur (Dedovic et al., 2005) et ne requiert pas le recours à un auditoire. Ce programme informatique comprend un algorithme qui s'adapte au taux d'erreur du participant, qui est volontairement maintenu entre 20 et 45 %. Il comprend aussi des rétroactions visuelles sur la performance, ainsi qu'une composante d'évaluation sociale conçue pour être menaçante bâtie à l'intérieur du programme et qui est amenée également par l'évaluateur, ce qui accentue le sentiment de ne pas avoir les compétences nécessaires pour faire face à la situation. Le programme affiche une tâche de calcul mental, un cadran rotatif pour soumettre une réponse, un champ de texte qui fournit une rétroaction sur la réponse donnée et deux indicateurs de performance, un pour la performance individuelle du participant et un pour la performance moyenne de tous les participants. Le protocole du MIST comprend une session d'entraînement pour permettre à l'utilisateur de se familiariser avec le programme et d'une condition expérimentale où le participant s'acquitte des tâches d'arithmétiques.

Lors de la session de pratique, la capacité de l'utilisateur à effectuer des calculs mentaux est évaluée en enregistrant le temps moyen nécessaire pour résoudre des problèmes de différents niveaux de difficulté. À cet effet, aucune limite de temps n'est imposée et aucun indicateur de performance n'est affiché. Cependant, le temps est quand même enregistré et utilisé pour définir une limite de temps par défaut pour la session expérimentale.

Lors de chaque session expérimentale, le programme est réglé sur une limite de temps inférieure de 10 % au temps de réponse moyen du sujet, ce qui induit un taux d'échec élevé. De plus, au cours des cinq blocs expérimentaux de la tâche, la limite de temps diminue ou augmente selon la performance du participant, soit, de 10 % moins longue après trois bonnes réponses de suite ou 10 % plus longue après trois mauvaises réponses de suite. Les blocs expérimentaux durent entre deux et cinq minutes. De plus, pendant ces sessions, la barre de couleur en haut de l'écran affiche les deux indicateurs de performance mentionnés plus haut. La flèche de performance moyenne apparaît dans la zone verte, à droite de l'écran, tandis que la performance individuelle du sujet apparaît généralement dans la zone rouge, à gauche de l'écran, indiquant une mauvaise performance. Entre les essais expérimentaux, l'investigateur informe le sujet de sa performance, lui rappelant que la performance moyenne est d'environ 80 à 90 % de bonnes réponses, qu'il y a donc une performance minimale requise, et que sa performance individuelle doit être proche ou égale à la performance moyenne de tous les sujets si l'on veut pouvoir utiliser ses données dans l'étude.

Une méta-analyse de Noack et ses collègues (2019) documente l'utilisation du MIST comme stressor expérimental. Les résultats montrent une augmentation significative du niveau de cortisol dans 10 études. Les auteurs notent également un phénomène de diminution du niveau de cortisol durant le MIST dans 5 études. Lorsqu'on observe les effets du MIST sur le rythme

cardiaque, 5 études indiquent une augmentation du rythme cardiaque lors de la phase stressante du MIST. Dix études rapportent également une augmentation du niveau de stress perçu chez les participants qui utilisent le MIST. Les auteurs notent que le MIST semble éliciter un stress physiologique et psychologique dans la majorité des études, quoique certains résultats concernant le niveau de cortisol indiquent des résultats inconsistants avec cette tendance. En résumé, le MIST constitue un outil bien documenté et nécessitant peu de ressources pour étudier de façon standardisée la réponse physiologique à un stresser.

1.3.2. Les jeux vidéo

Il y a généralement trois façons dont les jeux vidéo peuvent être utilisés dans la recherche, soit à travers la ludification, en tant que condition de traitement et comme paradigme expérimental (Gray, 2017). Utilisés en tant que paradigmes expérimentaux pour générer du stress, les jeux vidéo présentent des caractéristiques communes avec les paradigmes simples utilisés dans la majorité des laboratoires comportementaux, notamment l'accent sur les processus de base en cognition, la perception, l'action, la prise de décision dynamique et l'acquisition de compétences (Lindstedt, 2017).

Hébert et ses collègues (2005) ont étudié les effets physiologiques du stress dans les jeux vidéo. Ceux-ci rapportent que la musique dans les jeux constitue une composante intégrale du stress généré par les jeux vidéo. Les sons intégrés à l'environnement du jeu vidéo, dans le cas de leur étude, il s'agissait de musique pop et techno, produit une réponse physiologique mesurable dans l'organisme significativement différente que l'expérience de jeux vidéo en silence. Les résultats de leur étude concordent avec des études sur les effets physiologiques des types de musique, notamment une étude de Gerra et ses collègues (1998) qui a montré une augmentation significative du rythme cardiaque, de la pression sanguine systolique et du cortisol suite à

l'écoute de musique techno. D'ailleurs, dans l'étude d'Hébert et ses collègues (2005), le groupe expérimental avec musique et le groupe contrôle en silence n'ont pas montré de différences significatives sur le plan de la performance, ce qui montre que l'ajout de la musique à l'expérience du jeu vidéo n'atteint pas la performance au niveau comportemental dans ce paradigme.

Les jeux vidéo sont des expériences interactives complexes qui peuvent produire différentes influences sur la réponse de stress. Certains jeux vidéo peuvent induire une réponse significative de stress chez les usagers (Ballard et al., 2006 ; Porter & Goolkasian, 2019), tandis que d'autres études montrent que les jeux vidéo peuvent avoir un effet bénéfique sur la régulation des émotions alors que certaines personnes rapportent utiliser les jeux vidéo afin de réduire leur niveau de stress (Lobel et al., 2014 ; Reinecke, 2009).

1.4. Le coping.

En plus des connaissances scientifiques sur la façon de générer le stress, il importe de s'intéresser aux connaissances scientifiques sur la façon de composer avec le stress. Le coping se définit par l'ensemble des efforts cognitifs et comportementaux mis en place pour gérer des situations internes et externes évaluées comme stressantes ou représentant une situation de défi (Folkman & Moskowitz, 2004 ; Lazarus & Folkman, 1984). Le coping peut être explicite (c.à-d., conscient) ou implicite (c. à-d., moins ou non conscient), ainsi qu'amener des réponses adaptées ou non, dépendamment de la situation et du stresser. L'efficacité des stratégies de coping dépend notamment de la nature et l'intensité du stresser, des différences individuelles sur le plan de la personnalité, des ressources disponibles à la personne et des expériences antérieures. Les stratégies de coping impliquent une variété de comportements, pensées et émotions,

notamment la résolution de problèmes, la recherche de support social, l'évitement, la distraction, la relaxation, l'acceptation et la réévaluation cognitive du stress. Les stratégies de coping adaptées permettent à l'individu de gérer efficacement le stress, de maintenir un bien-être émotionnel et de s'adapter aux circonstances changeantes, tandis que les stratégies de coping maladaptées peuvent exacerber le stress, nuire au fonctionnement et provoquer des conséquences négatives telles que l'augmentation de l'anxiété, des sentiments dépressifs et des maladies physiques (Folkman, 2011).

1.4.1. Entraînement à la gestion du stress (EGS).

Il n'y a pas de définition officielle de l'EGS ou un ensemble bien défini de techniques. De nos jours, l'EGS regroupe l'ensemble des techniques ayant pour objectif d'améliorer la capacité de gestion de stress et des stratégies de coping. Parmi toutes les techniques, on retrouve notamment la relaxation, l'exposition, la restructuration cognitive et la résolution de problèmes (pour plus de détails, voir la recension de Bouchard, Guitard et al., 2012). L'application des stratégies d'EGS se réalise selon trois modalités d'intervention (Murphy & Sauter, 2003). Les interventions primaires servent à changer la source du stress en modifiant l'environnement. Les interventions secondaires cherchent à réduire la sévérité des symptômes associés au stress. Les interventions tertiaires sont les applications des techniques d'EGS dédiées au traitement de troubles physiques et psychologiques

Richardson et Rothstein (2008) ont examiné dans leur méta-analyse l'efficacité des stratégies d'EGS, tout en catégorisant celles-ci. Ils ont regroupé les stratégies d'EGS à l'aide de cinq grandes catégories, soit les interventions structurées cognitives-comportementales, la relaxation et les techniques de méditation, les interventions de changement organisationnel, les approches holistiques et multimodales, et les stratégies alternatives, qui réfèrent aux différentes stratégies

de coping qui ne peuvent être incluses dans les catégories précédentes, ce qui inclut notamment le biofeedback, l'exercice physique, les cours psychoéducatifs et la rédaction de journal intime. Les interventions structurées cognitives-comportementales furent les plus efficaces, suivies des stratégies alternatives énumérées plus haut. Les autres stratégies se sont montrées significativement moins efficaces. Malgré l'effet plus marqué des interventions cognitives-comportementales et des stratégies alternatives, l'intervention la plus utilisée fut la relaxation et les techniques de méditation. Selon les auteurs, la popularité de la relaxation et des techniques de méditation s'explique par la simplicité de ces techniques, leur facilité d'implantation et leur coût plus modique (Richardson & Rothstein, 2008). De leur côté, les interventions cognitives-comportementales requièrent l'implantation d'un programme plus complexe dispensé par un professionnel formé en la matière.

L'entraînement à la relaxation, qui inclut la technique de respiration diaphragmatique, est une méthode qui se prête bien à l'intégration avec le biofeedback. Le biofeedback est un outil qui permet de prendre conscience des processus qui surviennent dans le corps, sans toutefois offrir davantage d'instruction sur la façon dont l'utilisateur peut gérer ces nouvelles informations. C'est ainsi l'entraînement à la relaxation qui oriente les efforts de l'utilisateur. La respiration diaphragmatique est une technique de relaxation très polyvalente, ce qui rend plus intuitive son utilisation avec le biofeedback.

1.4.2. Respiration diaphragmatique

L'apprentissage de la respiration diaphragmatique favorise le développement d'un meilleur contrôle de la fonction respiratoire (Chaloult, 2008). L'objectif principal consiste à amener la personne à respirer lentement et à utiliser davantage son diaphragme afin de favoriser une activation accrue du système nerveux parasympathique, duquel découlent d'importantes

modifications physiologiques favorisant une plus grande détente. Une série d'étapes peuvent guider les interventions des thérapeutes qui appliquent cette technique (Chaloult, 2008). La première étape consiste à effectuer une séance de psychoéducation. Il importe d'expliquer à la personne la technique, la raison pour laquelle on l'utilise et quelles sont ses étapes. La deuxième étape consiste à préciser l'objectif principal de l'exercice, comme mentionné plus haut, concernant l'augmentation du contrôle des symptômes physiologiques du stress à l'aide de la détente. La troisième étape consiste à enseigner la respiration diaphragmatique et favoriser le ralentissement respiratoire (les instructions à cet effet sont précisées dans le manuel d'expérimentation). Le thérapeute peut assister la personne en faisant lui-même la démonstration des techniques pour ralentir le rythme respiratoire. Finalement, la dernière étape consiste à généraliser les acquis en encourageant la personne à utiliser cette méthode dans son quotidien.

Comme mentionné précédemment, cette technique de relaxation s'agence bien avec le biofeedback qui permet d'offrir de l'information supplémentaire à son utilisateur en temps réel afin de peaufiner et maximiser les acquis durant l'apprentissage du contrôle de la respiration.

2. Biofeedback

Le biofeedback suscite l'intérêt de la recherche depuis les années 1960, alors que les premières études montrèrent que les animaux étaient capables d'apprendre à autoréguler leur activité cérébrale (Schwartz & Andrasik, 2003 ; Wyrwicka & Sternman, 1968). Le biofeedback représente un outil qui permet la mesure et la transmission explicite d'information en lien avec les processus physiologiques d'un individu afin de l'aider à altérer ses comportements et sa réponse physiologique, notamment l'activité musculaire, le rythme cardiaque, l'activité des glandes sudorifiques, la pression sanguine et l'activité électrique cérébrale (Schwartz &

Andrasik, 2003). Il requiert l'utilisation d'équipement spécialisé, tel que des moniteurs et des senseurs afin de détecter et offrir la rétroaction des signaux physiologiques en temps réel.

Schwartz & Andrasik proposent une définition inclusive du biofeedback comme :

... un groupe de procédures thérapeutiques qui utilisent des instruments électroniques ou électromécaniques afin de mesurer précisément, traiter et offrir une rétroaction aux gens et leurs thérapeutes, sur des informations avec des propriétés éducationnelles et renforçantes à propos de leur activité neuromusculaire et autonome, que ce soit normal ou anormal, sous la forme de signaux rétroactifs analogues ou binaires, auditifs, et/ou visuels. (Schwartz & Andrasik, 2003, p.35)

En psychologie, l'intérêt pour le biofeedback découle du fait que la physiologie est intimement liée aux réponses émotionnelles (Niedenthal, 2007) et cet outil permet d'intervenir sur un nombre important de troubles psychologiques, ainsi que sur la maximisation de la performance et du bien-être (Gevirtz, 2013 ; Lehrer & Gevirtz, 2014). L'objectif principal du biofeedback consiste à améliorer l'autorégulation tout en permettant l'atteinte d'un état psychologique et physiologique désiré. L'entraînement de biofeedback permet le développement d'une plus grande conscience de soi, une plus grande confiance et l'augmentation du contrôle volontaire sur les processus physiologiques qui sont autrement hors de la conscience, ou sous un faible contrôle volontaire, en utilisant les cognitions, les sensations et autres indices à travers l'accès aux informations sur ses propres processus physiologiques pour prévenir, arrêter ou réduire les symptômes (Khazan, 2013). Malgré l'intérêt de longue date pour le biofeedback, il ne s'agit toujours pas d'un type d'intervention répandu pour le stress et il reste perçu comme un type de traitement alternatif. Certaines limitations pratiques, tel que les besoins en équipement, le coût, l'investissement en temps et un manque d'engagement permettent en partie d'expliquer les limitations du développement du biofeedback dans ce domaine. Malgré tout, les avancées technologiques dans les dernières années permettent d'adresser certaines de ces limites,

notamment la démocratisation de l'accès aux équipements technologiques et physiologiques (Weerdmmester et al., 2020).

2.1. Biofeedback comme technique de gestion de stress.

Comme outil de gestion de stress, le biofeedback permet à son utilisateur : a) d'apprendre à identifier ses signes de stress et de tension, b) de concrétiser l'impact des stratégies de gestion du stress et leur application, et c) d'augmenter le sentiment d'efficacité personnelle à gérer le stress (Schwartz & Andrasik, 2003). Récemment, Goessl, Curtiss et Hofmann (2017) ont conduit une méta-analyse incluant un total de 24 études rigoureuses ayant porté sur les effets du biofeedback sur l'anxiété et le stress. Les résultats de cette étude permettent de conclure que le biofeedback est efficace afin de réduire l'anxiété et le stress. Dans une autre étude, Carroll et Winslow (2017) ont mesuré l'effet d'un entraînement de biofeedback condensé sur 90 minutes sur la réponse du stress et sur la performance dans une tâche stressante. Les participants procédaient à un TSST avant l'entraînement et encore une fois après l'entraînement. Les résultats ont montré que les participants de la condition relaxation assistée par biofeedback présentaient une réduction significative de leurs niveaux de cortisol lors de la tâche stressante après l'entraînement de biofeedback, tandis que le groupe contrôle n'a pas présenté de réduction des niveaux de cortisol. Les résultats sur la mesure comportementale de performance montrent une amélioration dans la condition de biofeedback, mais contrairement à la mesure hormonale, les résultats ne furent pas significatifs. Les conclusions de cette étude montrent qu'une séance condensée d'entraînement de biofeedback a le potentiel pour être une méthode efficace de gestion du stress. À noter également qu'un plus grand temps de pratique pourrait avoir des bénéfices sur la mesure comportementale.

De manière générale, l'intérêt de la recherche s'est peu penché sur les mécanismes derrière l'efficacité de l'entraînement au biofeedback comme outil de gestion de stress (Weerdmeester et al., 2020). Weerdmeester et son équipe mettent en lumière certains mécanismes qui permettent d'identifier les variables contribuant à l'efficacité de l'entraînement du biofeedback. Le conditionnement opérant constitue un processus clé au biofeedback. En contexte clinique et d'apprentissage, la présentation de la rétroaction s'effectue sous forme de graphiques, d'images ou de sons (Peper, Harvey & Takebayashi, 2009). La présentation simple de cette rétroaction ne suffit toutefois pas et le conditionnement opérant permet de renforcer les tentatives de régulation de l'utilisateur (Simkin, Thatcher & Lubar, 2014). Dans l'apprentissage opérant, le façonnement du comportement de l'individu se fait à l'aide du renforcement positif, soit en utilisant des récompenses afin de favoriser le comportement désiré. Dans les paradigmes typiques de biofeedback, la rétroaction sur la physiologie est présentée au participant sous forme d'une réponse agréable lorsque le comportement désiré augmente ou le comportement indésirable diminue (Schwartz & Andrasik, 2003).

En addition au conditionnement opérant, les techniques similaires à la méditation sont également fondamentales dans l'entraînement au biofeedback. Tout comme dans la méditation, le biofeedback encourage son utilisateur à porter attention à ses expériences internes (Baer, 2015). La respiration diaphragmatique se trouve à être une technique couramment utilisée dans le biofeedback et qui fait également part intégrale des techniques de méditation (Lehrer & Gevirtz, 2014). Le biofeedback amène donc son participant à porter explicitement attention à son expérience interne à travers la rétroaction et encourage l'utilisateur à utiliser la respiration pour réguler ses états internes. La combinaison du conditionnement opérant et des techniques de méditation amène ainsi l'utilisateur à développer une meilleure conscience intéroceptive. La

conscience intéroceptive réfère à la capacité de ressentir et interpréter les signaux internes et physiologiques, qui sont des qualités importantes dans la régulation émotionnelle (Garfinkel et al., 2015).

Une critique de l'entraînement à la relaxation avec biofeedback traditionnel repose sur le fait que le biofeedback se trouve à être souvent pratiqué dans un environnement sans stressseurs. L'utilisation de stressseurs expérimentaux ou de jeux permet de pratiquer l'autorégulation par le biofeedback dans des conditions qui produisent une excitation physiologique, ce qui pourrait amener une meilleure capacité de transfert des acquis dans le monde réel (Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2015).

Bouchard, Bernier et ses collègues (2012) ont conduit une étude intéressante afin d'évaluer l'efficacité de l'utilisation du biofeedback comme méthode de gestion de stress. Les 41 participants de l'étude étaient des soldats de l'armée canadienne assignés au hasard entre un groupe contrôle et un groupe qui pratiquait la gestion du stress à l'aide de trois séances de biofeedback en jouant à un jeu vidéo de tir à la première personne de catégorie horreur. Par la suite, les participants des deux groupes ont effectué une simulation de situation d'urgence en contexte militaire à l'aide de la réalité virtuelle afin d'observer si les acquis faits à l'aide de l'entraînement au biofeedback allaient être transférés à cette situation. Les résultats ont montré que les participants du groupe expérimental indiquaient des niveaux moins élevés de stress que les participants du groupe contrôle. Il est intéressant de comparer ces résultats à ceux d'une étude de Taylor et ses collègues (2011) qui n'a pas montré de différences entre le groupe contrôle et le groupe expérimental lorsqu'ils ont entraîné des militaires à gérer leur stress à l'aide de techniques de respiration en se remémorant des événements stressants, mais sans biofeedback. Conformément au principe d'immersion, qui consiste à placer la personne directement devant

une situation anxiogène en demandant d'y rester jusqu'à ce que les symptômes de stress et d'anxiété disparaissent ou diminuent significativement (Chaloult, 2008), ces résultats montrent qu'il importe de pratiquer les techniques de gestion du stress dans des conditions stressantes afin de maximiser la transférabilité des acquis de l'entraînement à la gestion de stress.

3. Réalité virtuelle

Afin d'augmenter la transférabilité de la pratique d'habiletés à divers contextes, il peut être intéressant de se tourner vers la réalité virtuelle (RV). La RV réfère à un environnement généré par ordinateur qui simule une expérience immersive tridimensionnelle qui peut être explorée et qui élicite un sentiment de présence et d'être transporté dans une autre réalité (Wierderhold & Bouchard, 2014). Le visiocasque est l'équipement de RV ayant le plus gagné en popularité dans les dernières années en raison de son coût, son accessibilité et sa capacité à induire l'immersion chez ses utilisateurs (Freeman et al., 2017). Le visiocasque affiche des images, à l'aide d'un écran pour chaque œil, et transmet des sons stéréos à son utilisateur. Chaque image est générée séparément à partir d'une description mathématique d'une scène virtuelle en trois dimensions (3D). À travers une saisie continue de sa position et de son orientation, le visiocasque permet à son utilisateur de bouger et tourner la tête pour regarder autour d'eux alors que les images sont générées à une fréquence élevée. Les participants peuvent ainsi voir et entendre un environnement 3D dynamique avec lequel ils peuvent interagir, notamment à l'aide d'équipement complémentaire tel que des gants ou des manettes de jeu (Freeman et al., 2017).

La RV est un outil puissant pour permettre aux individus de faire de nouveaux apprentissages bénéfiques à leur bien-être psychologique puisqu'elle permet la réalisation

d'immersions dans des environnements virtuels écologiques et contrôlés et d'adapter les caractéristiques de ces environnements aux besoins spécifiques de son utilisateur (Bouchard, Côté & Richard, 2007). Entre autres, la RV peut recréer des situations d'immersions bénéfiques sur le plan thérapeutique qui sont difficilement reproductibles dans la réalité. Elle permet de répéter ces situations de manière immédiate et ainsi réduire l'inconsistance dans le processus thérapeutique (Freeman et al., 2017).

Les applications de la RV en psychologie se sont principalement intéressées au traitement des troubles anxieux, notamment la phobie spécifique, le trouble panique, l'agoraphobie, la phobie sociale et le trouble de stress post-traumatique ; l'évaluation neuropsychologique, le traitement de la douleur chronique et le traitement de troubles alimentaires (Wiederhold & Bouchard, 2014). Dans la plupart des applications existantes, la réalité virtuelle est utilisée pour simuler le monde réel et pour assurer au chercheur un contrôle total sur tous les paramètres importants. La VR constitue un outil très flexible, qui permet la programmation d'une grande variété de procédures afin d'intervenir sur la détresse psychologique de ses usagers. La possibilité de structurer une grande quantité de stimuli contrôlés et, simultanément, de surveiller les possibles réponses générées par l'utilisateur du programme offre le potentiel d'une augmentation considérable de la probabilité d'efficacité thérapeutique par rapport aux procédures traditionnelles.

3.1. Biofeedback en réalité virtuelle.

Rockstroh, Blum et Göritz (2019) se sont intéressés à l'application du biofeedback en réalité virtuelle. Ils ont comparé le biofeedback en réalité virtuelle au biofeedback traditionnel et à un groupe contrôle sans traitement. L'environnement virtuel utilisé consistait en un

environnement naturel destiné à être relaxant. Les résultats lors d'un stresser post-intervention montrent que la réponse du stress ne différait pas du groupe de biofeedback en RV au groupe de biofeedback traditionnel. Malgré tout, les participants rapportaient être plus motivés par la condition avec RV, ce qui permet de justifier l'argument en faveur de l'ajout de la RV à la relaxation assistée par biofeedback. Une autre étude de Blum, Rockstroh et Göritz (2019) suggère qu'un environnement virtuel relaxant permet d'augmenter le sentiment d'efficacité personnelle à la relaxation, la focalisation sur le moment présent et réduit la distractibilité. Toutefois, lorsque l'on compare l'effet du biofeedback en RV au biofeedback traditionnel, on ne retrouve pas de différence significative au niveau des marqueurs du stress. Les résultats de ces deux études montrent la faisabilité de l'utilisation du biofeedback en RV, mais on peut se demander quels sont les avantages à devoir composer avec l'augmentation des coûts associés à l'environnement virtuel.

Il semblerait que le biofeedback à l'aide de la RV possède un avantage sur le biofeedback traditionnel sur les variables de la motivation, l'expérience de l'utilisateur et son implication dans le traitement (Lüddecke & Felnhofner, 2022). Les résultats mitigés du biofeedback en RV en ce qui a trait à la gestion du stress peuvent partiellement s'expliquer par l'absence de stresser lors de l'entraînement en biofeedback, ainsi que la transférabilité des acquis lorsque l'on pratique certaines compétences dans un environnement virtuel (p.ex., sur une plage virtuelle) et que l'on tente de les appliquer dans un contexte de réalité objective qui est différent (Baus & Bouchard, 2014 ; Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2015 ; Waterworth et al., 2010).

Les avantages de la réalité virtuelle entrent en ligne de compte puisqu'elle peut fournir des stimuli spécifiques qui peuvent être modulés selon les besoins et elle permet de créer des environnements qui attirent l'attention des sujets et augmentent leur concentration. La RV peut

retenir l'attention de son utilisateur plus longtemps que d'autres méthodes parce qu'elle est immersive, interactive et imaginaire, ce qui a la capacité d'induire un sentiment de présence plus grand (Buttussi & Chittaro, 2018 ; Cho et al., 2002 ; Rockstroh et al., 2019).

Il fut montré que la rétroaction à l'aide de scores ou de changements naturels dans les scènes de RV par exemple, facilite le processus d'apprentissage (Lüddecke & Felnhofner, 2022). Cette méthode consiste à adapter la scène naturellement et à récompenser les comportements relaxants, ce qui rend la tâche plus agréable ou plus facile et plus motivante. Cette approche permet aux utilisateurs de se concentrer sur l'expérience plutôt que de surveiller leurs signaux physiologiques, ce qui rend l'entraînement beaucoup plus engageant puisque les modifications réalistes du biofeedback ont un impact plus métaphorique, intuitif et donc plus significatif que les indicateurs numériques ou graphiques qui doivent alors se faire attribuer une valence moins intuitive (Buckley & Anderson, 2006 ; Rockstroh et al., 2019). On comprend donc qu'avec une rétroaction abstraite et centrée sur les données, l'utilisateur ne ferait que la regarder ou l'observer. Cependant, dans des environnements virtuels réalistes, on permet à l'utilisateur de ressentir la rétroaction, ce qui aurait un impact plus fort sur les émotions de l'utilisateur et l'expérience d'apprentissage (Riva et al., 2007). De plus, selon l'étude de Kosunen et ses collègues (2016), le fait d'être mis dans un environnement immersif pendant la rétroaction du biofeedback pourrait rendre l'utilisateur plus détendu et confiant de même que contrer les impacts de rétroactions potentiellement négatives.

Récemment, Weerdmeester et ses collègues (2017) se sont intéressés à l'utilisation du biofeedback dans un jeu vidéo de RV afin de favoriser la régulation de l'anxiété. Le jeu qu'ils ont conçu, DEEP, est un jeu d'exploration d'un monde sous-marin immersif et relaxant. La respiration diaphragmatique est utilisée afin de permettre à l'utilisateur de bouger dans

l'environnement et lui permettre d'explorer l'environnement. Une étude subséquente de Weerdmeester et ses collègues (2021) a exploré l'utilisation de DEEP pour évaluer la réduction des symptômes anxieux d'une population étudiante. Ceux-ci ont démontré que quatre sessions d'immersion dans le jeu permettaient d'observer une diminution des symptômes anxieux des participants, et ce jusqu'à trois mois après les interventions. Ils ont également montré que la diminution des symptômes anxieux était associée à des changements observés chez les participants sur leur niveau d'efficacité personnelle, du locus de contrôle et l'évaluation menace/défi.

Puisqu'apprendre à s'autoréguler nécessite une concentration attentionnelle soutenue sur la rétroaction ainsi que des renforcements positifs, certaines études (Bouchard et al., 2012 ; Lüddecke & Felnhofer, 2022 ; Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2016 ; Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2017) ont commencé à étudier l'utilisation de biofeedback dans des tâches stimulantes de jeux vidéo qui peuvent être joués en RV. Cette méthode enseigne aussi aux utilisateurs à s'autoréguler dans leur réponse au stress tout en effectuant une tâche connue pour augmenter l'excitation soit une forme d'apprentissage contextualisée qui favorise plus facilement le transfert de nouvelles compétences dans le monde réel (Buckley & Anderson, 2006).

Quelques études offrent des exemples intéressants de l'intégration de la ludification au protocole d'entraînement au biofeedback à l'aide de la RV. Le jeu « StressJam » de Maarsingh et ses collègues (2019) intègrent les exercices de biofeedback avec une histoire cohésive où les participants doivent prévenir une île d'être détruite par un volcan en éruption. Ceux-ci ont observé des résultats préliminaires en faveur de l'utilisation de StressJam comme un outil qui avait un effet positif sur la perception du stress des participants, tout en étant un environnement motivant pour ses usagers. Houzangbe et ses collègues (2020) ont conçu un programme

d'entraînement au biofeedback qui demandait à l'utilisateur d'effectuer différentes tâches en lien avec le biofeedback afin d'explorer un environnement de laboratoire futuristique en passant d'une pièce à l'autre. Ceux-ci ont observé que le biofeedback permettait un fort engagement de leurs participants. Notons que le rôle de la ludification dans la motivation des utilisateurs du biofeedback en RV est encore peu clair en raison du petit nombre d'études s'étant intéressé à ce sujet (Lüddecke & Felnhofer, 2022).

4. Limites des études précédentes

Les études ayant tenté de combiner la réalité virtuelle et le biofeedback présentent certaines limites sur le plan méthodologique. Les études de Rockstroh, Blum & Goritz (2019) et Blum, Rockstroh & Goritz (2019) se sont principalement intéressées à offrir du biofeedback dans un contexte où les participants étaient dans un environnement relaxant pour pratiquer la relaxation. Ceux-ci ont évité d'enseigner la relaxation dans un environnement accompagné de stressseurs, ce qui peut avoir pour effet de limiter la transférabilité des acquis dans différents contextes où l'utilisation de techniques de relaxation est nécessaire, notamment en présence de stressseurs (Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2017). Les auteurs notent également qu'il s'agissait de leur première tentative à combiner ces deux techniques, ce qui les amenait à douter de leur capacité à avoir optimisé le potentiel des deux outils utilisés ensemble. Finalement, les auteurs ont également noté avoir obtenu un échantillon homogène comprenant surtout des femmes, ce qui limite les généralisations qui peuvent être tirées de l'étude.

L'étude de Weerdmeester et ses collègues (2021) offre beaucoup d'informations pertinentes quant au potentiel de l'utilisation du biofeedback à l'aide de la RV. Cette étude ne comprenait cependant pas de groupe contrôle qui ne recevait aucune intervention. Tous les

groupes recevaient soit l'intervention totale, ou des parties de l'intervention. Il est donc peu clair de déterminer dans quelle mesure les changements observés par cette recherche se seraient comparés à un groupe contrôle. Une autre limite notable de cette étude concerne les mesures utilisées. Seules des mesures subjectives autorapportées furent utilisées. Il est possible que les participants de l'étude rapportaient une diminution de l'anxiété, sans toutefois que leur niveau d'excitation physiologique ait changé. Il est également possible que les participants aient rapporté le sentiment d'être plus efficaces à utiliser les techniques de relaxation, sans toutefois observer de changements réels. Tout comme l'étude de Rockstroh, Blum & Goritz (2019), nous notons également l'aspect relaxant de l'environnement virtuel choisi pour offrir le biofeedback aux usagers. L'échantillon de l'étude était également homogène, consistant principalement de femmes aux études universitaires, limitant encore une fois les généralisations possibles.

Les études Maarsingh et ses collègues (2019) et Houzangbe et ses collègues (2020) sont intéressantes en raison de la complexité du processus de ludification pour offrir le biofeedback dans la RV. Notons cependant que les deux études n'ont pas expérimenté avec des groupes contrôle, ce qui limite les conclusions que l'on peut tirer concernant l'efficacité de ces protocoles sur les marqueurs du stress. Ils n'ont également pas exploré leurs protocoles respectifs au-delà de trois rencontres, ce qui limite les conclusions à tirer sur les effets potentiels à long terme de ces protocoles. L'étude de Maarsingh et ses collègues (2019) utilisait des mesures subjectives autorapportées, ce qui permet d'identifier les mêmes limites que les études nommées plus haut. Dans l'étude de Houzangbe et ses collègues (2020), les auteurs se sont intéressés aux variables subjectives autorapportées concernant la motivation à l'entraînement au biofeedback, mais ils ont également tenté de recueillir des mesures objectives. Ils n'ont toutefois pas enregistré de mesures en lien avec le niveau de stress ressenti par les participants, tel que le rythme cardiaque, mais

plutôt des mesures de la performance à la tâche, comme le temps passé dans chaque pièce par les participants, ce qui limite les conclusions possibles en lien avec les effets directs de l'intervention sur les marqueurs de stress.

Sommairement, les limites des études précédentes concernent principalement la méthodologie. Il importe de s'intéresser à l'impact des interventions lorsque les participants font face à un stresser, ce qui ne fut pas le cas dans ces études où la pratique de la relaxation à l'aide du biofeedback en RV s'effectuait dans un environnement relaxant. L'absence de groupes contrôle limite les conclusions qu'il est possible de tirer concernant l'impact des interventions. Finalement, l'absence de mesures objectives amène également un questionnement quant aux possibles biais.

5. Synthèse et mise en contexte

Somme toute, la problématique du stress continue à pousser les chercheurs à tenter d'élaborer de nouveaux outils afin d'aider la population générale à améliorer leurs stratégies de coping. Le biofeedback semble être un outil prometteur dans le domaine de la gestion du stress. La RV est aussi un outil récent et intéressant qui gagne en popularité et dont les applications sont encore à explorer. La combinaison de ces deux outils est une avenue intéressante puisque ces technologies semblent pouvoir bénéficier des forces de l'autre, ce qui sera exploré dans cette étude. Jusqu'à maintenant, la recherche dans ce domaine est encore très récente et de nature exploratoire, ce qui justifie le recours à une méthodologie plus rigoureuse (p.ex., utilisation de mesures physiologiques, de mesures lors d'un stresser standardisé et de plus d'une condition contrôle lors de la création et la validation d'environnements virtuels).

5.1 Objectifs.

Le principal objectif de cette étude est de valider un nouvel environnement virtuel à l'aide d'un protocole de recherche rigoureux afin d'utiliser le biofeedback en réalité virtuelle comme un outil efficace afin d'améliorer la gestion du stress dans un contexte stressant. Cette recherche constitue une première étape pour guider la création d'un environnement virtuel offrant la possibilité de l'utilisation de l'entraînement à la gestion du stress à l'aide du biofeedback dans différents contextes. Elle se démarque aussi par le recours à un stresser standardisé pour évaluer l'impact de l'intervention, à une mesure physiologique et à deux conditions contrôle, soit une sans intervention et une avec l'application du biofeedback en immersion dans un environnement sans stresser. Le travail de validation pourra, à long terme, maximiser le potentiel du protocole de recherche et ainsi ouvrir la voie vers des utilisations ultérieures plus appliquées, par exemple un projet de recherche sur l'utilisation de la technologie pour améliorer les stratégies de gestion de stress des athlètes de haut niveau.

5.2. Hypothèses.

Les participants ont été assignés aléatoirement à l'une des trois différentes conditions, soit une condition contrôle sans intervention (condition CTRL), une condition avec biofeedback en RV dans un environnement neutre (condition BIO-RV) et une condition avec biofeedback en RV en accomplissant une tâche stressante récemment conçue par le laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO (condition BIO-RV-STR). La tâche MIST effectuée avant et après la tâche expérimentale servira à évaluer la capacité à appliquer les habiletés développées.

La première hypothèse propose que le stress, tel que mesuré par le rythme cardiaque, soit plus élevé lors de la tâche expérimentale pour les participants de la condition BIO-RV-STR en comparaison aux participants de la condition BIO-RV et CTRL.

La deuxième hypothèse propose que le stress, tel que mesuré par la mesure de stress psychologique (MSP-9), soit plus élevé lors de la tâche expérimentale pour les participants de la condition BIO-RV-STR en comparaison aux participants de la condition BIO-RV et CTRL.

La troisième hypothèse propose que le stress, tel que mesuré par le rythme cardiaque, soit plus faible lors de la tâche MIST post-intervention en comparaison avec la tâche MIST pré-intervention pour les participants de la condition BIO-RV et BIO-RV-STR, tandis qu'aucune différence significative ne devrait être observée pour la condition CTRL.

La quatrième hypothèse propose que le stress, tel que mesuré par le rythme cardiaque, soit plus faible lors de la tâche MIST post-intervention pour les participants de la condition BIO-RV-STR en comparaison avec les participants des conditions CTRL et BIO-RV.

La cinquième hypothèse propose que le stress, tel que mesuré par la mesure de stress psychologique (MSP-9), soit plus faible lors de la tâche de MIST post-intervention en comparaison avec la tâche MIST pré-intervention pour les participants de la condition BIO-RV et BIO-RV-STR, tandis qu'aucune différence significative ne devrait être observée pour la condition CTRL.

La sixième hypothèse propose que le stress, tel que mesuré par la mesure de stress psychologique (MSP-9), soit plus faible lors de la tâche MIST post-intervention pour les participants de la condition BIO-RV-STR en comparaison avec les participants des conditions CTRL et BIO-RV

La septième hypothèse propose que l'augmentation de la perception d'efficacité personnelle à gérer le stress prédise de façon significative le changement dans le stress, tel que mesuré par la Coping Self-Efficacy Scale (CSE). Nous émettons l'hypothèse que les participants des groupes BIO-RV et BIO-RV-STR verront leur sentiment d'efficacité personnelle à gérer leur stress augmenté de manière significative, tandis qu'aucune différence significative ne devrait être observée pour le groupe contrôle.

Méthodologie

6. Participants

Dans le cadre de l'étude, nous avons rencontré 60 participants à raison d'une séance d'environ 2 h par participant. Le recrutement fut réalisé par des publications sur Facebook et par des publicités affichées sur les babillards au campus universitaire de l'Université du Québec en Outaouais et par du recrutement en personne lors de cours au baccalauréat en psychologie de l'UQO. Les personnes incluses furent des hommes et des femmes âgés de plus de 18 ans aptes à communiquer en français.

7. Matériel

7.1. Visiocasque

L'immersion en RV fut réalisée à l'aide du casque de réalité virtuelle *Oculus Rift S* commercialisé par la compagnie *Lenovo* (voir Figure 1). Le système audio intégré du visiocasque a permis une immersion auditive spatiale en 3 D. Les manettes *Oculus Touch* de *Lenovo* utilisaient le suivi *Oculus Insight* qui traduit les mouvements du participant dans la réalité virtuelle, peu importe de quel côté il regarde. De plus, c'est grâce aux manettes *Oculus Touch* que les mains et gestes furent directement transposés dans l'environnement virtuel.

Figure 1

Casque de réalité virtuelle Oculus S et ses manettes Oculus Touch des compagnies Lenovo



7.2. Rythme cardiaque et biofeedback.

L'information physiologique concernant le rythme cardiaque destinée aux analyses statistiques fut obtenu l'aide d'un électrocardiogramme (ECG) à partir d'une ceinture *Polar ProCompt+* (voir Figure 2). La ceinture *Polar*, avec courroie élastique, est un émetteur fin, léger, totalement étanche qui évite les interférences avec d'autres appareils électriques et qui est muni d'électrodes qui se portent à la poitrine afin d'effectuer un ECG. Les données furent enregistrées avec le logiciel *Biograph Infinity* de la compagnie Thought Technology.

Figure 2

Ceinture Polar T31-coded compatible avec les produits de Thought Technology



Le moniteur de fréquence cardiaque *Rythm24™* fut utilisé pour la rétroaction biofeedback. Celui-ci (voir Figure 3) est placé sur l'avant-bras du participant afin de capter, avec une précision supérieure à l'aide des capteurs *PerformTek™*, le rythme cardiaque et d'envoyer une rétroaction sur la physiologie en temps réel du participant en étant connecté à la réalité virtuelle par sa connexion *Ant + Bluetooth® Low Energy*. Une mesure du niveau de base de deux minutes sera enregistrée alors que le participant sera au repos. Ainsi, l'expérimentateur pouvait ajuster en temps réel la sensibilité du biofeedback en relation au niveau de base afin de favoriser l'efficacité du biofeedback.

Figure 3

Moniteur de fréquence cardiaque Rythm24™ utilisé pour capter les données physiologiques



La rétroaction sur l'excitation physiologique fut prodiguée à travers le visiocasque où une texture ressemblant à un brouillard obstruait progressivement le champ visuel du participant en fonction du stress du participant. Plus que le stress capté par le rythme cardiaque du participant augmentait, plus la texture de brume obstruait le champ visuel du participant et l'empêcher de voir l'environnement physique autour de lui, ce qui a pour effet de nuire aux capacités du participant d'explorer l'environnement de forêt (condition BIO-RV) ou de jouer et performer lors du jeu vidéo (condition BIO-RV-STR). Inversement, lorsque le stress du participant diminuait, la

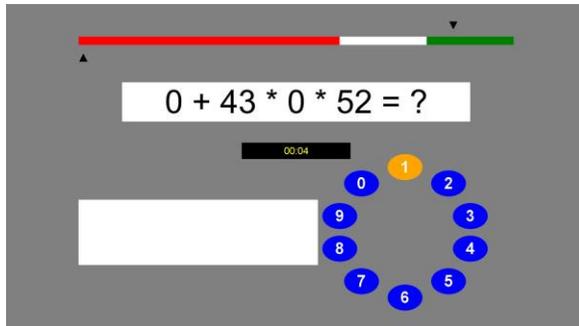
texture de brume diminuait de façon conséquente, ce qui permettait au participant de continuer à performer la tâche qui lui fut assignée.

7.3. Montreal Imaging Stress Task (MIST)

La tâche MIST fut réalisée à partir du logiciel *MIST* et la plateforme *Inquisit* de la compagnie *Millisecond* afin de voir si les participants pouvaient contrôler plus adéquatement leur stress suite à la procédure expérimentale. Tous les participants ont reçu des instructions standardisées concernant la tâche à accomplir (voir annexe C). Nous demandions aux participants de résoudre les problèmes d'arithmétique présentés à l'écran dans leur tête le plus rapidement possible, sans faire d'erreurs et de choisir correctement la bonne réponse parmi les options présentées à l'écran. L'essai se terminait lorsque le temps alloué fut terminé ou que la réponse fut donnée par le participant. La rétroaction sur la performance fut offerte instantanément par le programme. Les participants étaient informés que leur performance était comparée à une moyenne de groupe, ce qui était représenté sur l'écran par une barre de performance qui leur indiquait comment ils se comparaient à la moyenne (voir Figure 4). Le protocole standardisé du MIST fut établi avec une session de pratique durant 2 minutes et 30 secondes suivi de 5 sessions expérimentales durant également 2 minutes et 30 secondes, pour une durée totale de 15 minutes pour la tâche. Lors de la tâche, tous les participants portaient des écouteurs dans lesquels ils pouvaient entendre un enregistrement audio standardisé servant de rétroaction à leur performance entre chaque session expérimentale (voir Annexe C).

Figure 4

Tâche MIST telle que présentée à l'ordinateur



Lors de la séance de pratique, la capacité du sujet à effectuer des calculs mentaux fut évaluée en enregistrant le temps moyen nécessaire pour résoudre des problèmes de différents niveaux de difficulté. À cet effet, aucune limite de temps n'était imposée et aucun indicateur de performance n'était affiché (Dedovic et al., 2005). Cependant, le temps fut tout de même enregistré et utilisé pour définir une limite de temps par défaut pour la condition expérimentale.

Lors de chaque séance expérimentale, le programme était réglé sur une limite de temps inférieure de 10 % au temps de réponse moyen du sujet afin d'induire un taux d'échec élevé. De plus, au cours des cinq blocs expérimentaux de la tâche, la limite de temps diminuait ou augmentait selon la performance du participant, soit de 10 % plus courte après trois bonnes réponses de suite ou 10 % plus longue après trois mauvaises réponses de suite (Dedovic et al., 2005). De plus, pendant ces sessions, la barre de couleur en haut de l'écran affichait les deux indicateurs de performance mentionnés plus haut. La flèche de performance moyenne apparaissait dans la zone verte, à droite de l'écran, tandis que la performance individuelle du sujet apparaissait généralement dans la zone rouge, à gauche de l'écran. Entre les essais expérimentaux, l'investigateur informait le sujet de sa performance, lui rappelant que la performance moyenne est d'environ 80 à 90 % de bonnes réponses, qu'il y avait donc une

performance minimale requise, et que sa performance individuelle devait être près ou égale à la performance moyenne de tous les sujets afin de pouvoir utiliser les données dans l'étude (Dedovic et al., 2005). La tâche MIST fut effectuée avant et après la tâche expérimentale afin d'évaluer la capacité à appliquer les habiletés développées.

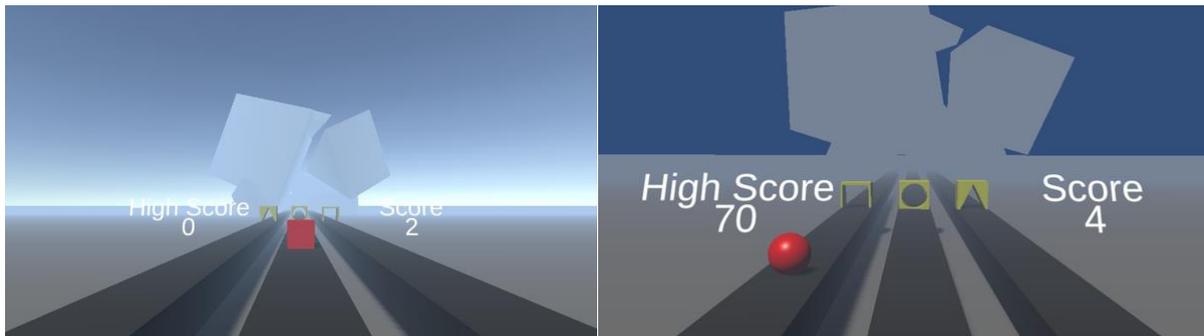
7.4. Tâche en réalité virtuelle développée au laboratoire

Une tâche de RV fut conçue par le Laboratoire de Cyberpsychologie de l'Université du Québec en Outaouais pour une étude ultérieure avec des athlètes de haut niveau et fut testée dans la présente étude. Il s'agissait d'une adaptation du jeu *Coureur infini* où l'utilisateur fut plongé dans un environnement virtuel où il contrôlait une forme géométrique qui avançait pendant une durée infinie tout en devant éviter des obstacles. L'objectif de l'utilisateur fut d'atteindre un score élevé tout en survivant le plus longtemps possible. La forme géométrique de l'utilisateur pouvait être déplacée de gauche à droite sur trois différents tracés (voir Figure 5). La forme géométrique pouvait prendre celle d'un cercle, d'un carré ou d'un triangle et changeait de manière aléatoire à chaque fois qu'un obstacle était franchi. Des obstacles prenant la forme de contour de triangle, de carré et de cercle apparaissaient et se déplaçaient vers le joueur sur les trois tracés. Le joueur devait alors déplacer la forme géométrique de manière à ce qu'il puisse traverser les obstacles. Le joueur amassait des points en traversant les obstacles et en amassant des cristaux parsemés aléatoirement sur les tracés. Ce jeu nécessitait des commandes simples pour se déplacer à gauche ou à droite, mais demandait au joueur de réagir rapidement aux obstacles. Une bande sonore de style techno à haut tempo fut ajoutée au jeu afin d'augmenter l'activation physiologique du participant. Les participants se furent offrir la consigne de tenter d'obtenir le plus haut score possible durant le temps alloué à la tâche. Sur l'interface, l'utilisateur

pouvait percevoir son score ainsi que le score à atteindre. Ils furent également informés qu'il s'agissait du meilleur score obtenu par les participants de l'étude.

Figure 5

Illustrations du jeu en immersion virtuelle de la condition avec stress



8. Procédure

Cette étude s'inscrivait dans un devis expérimental à mesures répétées, donc les participants furent assignés aléatoirement à l'une des 3 conditions, soit la condition contrôle (CTRL), la condition biofeedback en réalité virtuelle sans stress (BIO-RV) ou la condition biofeedback en réalité virtuelle avec stress (BIO-RV-STR). Des instructions standardisées pour les trois groupes invitant à la relaxation furent transmises aux participants durant la séance de 15 minutes (voir annexe C), incluant sur la pratique des techniques de respiration diaphragmatique.

Les participants du groupe CTRL ne recevaient aucune intervention durant la tâche expérimentale. Ceux-ci devaient lire une revue *National Geographic* durant le temps d'attente de 15 minutes avant de faire la tâche MIST post-intervention.

Les participants du groupe BIO-RV utilisaient un visiocasque de RV afin de pratiquer la relaxation assistée par biofeedback dans un environnement virtuel neutre de forêt (voir Figure 6).

Le biofeedback fut représenté par un brouillard qui obstruait la vue du participant lorsque son rythme cardiaque augmentait, et ce afin de motiver les participants à réduire le brouillard pour mieux profiter de l'expérience immersive.

Figure 6

Illustrations de la forêt immersion virtuelle de la condition neutre



Les participants du groupe BIO-RV-STR utilisaient un visiocasque de RV afin de recevoir le biofeedback tandis qu'ils accomplissaient une tâche virtuelle conçue par le laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO (voir Figure 5). La tâche avait pour fonction de favoriser l'excitation physiologique du participant. Le biofeedback fut représenté par un brouillard qui obstruait la vue du participant lorsque son rythme cardiaque augmentait, et ce afin de motiver les participants à réduire le brouillard pour mieux performer dans le jeu.

Dans un premier temps, nous présentions le formulaire de consentement aux participants. Nous les informions de la procédure et des différentes étapes de l'étude selon la condition à laquelle ils étaient assignés. Nous procédions ensuite à une courte séance de psychoéducation standardisée pour tous les participants sur le stress, les fonctions biologiques et sur des techniques de respiration diaphragmatique afin de gérer le stress (environ 20 minutes ; voir Annexe D). Cette période permettait également aux participants de poser des questions et d'exprimer leurs questionnements face à l'expérimentation.

Les participants remplissaient ensuite des questionnaires autoadministrés ayant pour but de récolter les informations nécessaires à la description de l'échantillon et afin d'évaluer différentes variables en lien avec l'étude et les études subséquentes utilisant les données de la présente étude, telles que le stress, les affects, la propension à la recherche de sensations, les stratégies de coping, le sentiment d'efficacité personnelle et le perfectionnisme (environ 30 minutes ; voir Annexe B).

Nous aidions ensuite, au besoin, les participants à installer les capteurs du rythme cardiaque. Une mesure du niveau de base de deux minutes fut enregistrée alors que les participants restèrent assis en silence afin d'enregistrer leurs données physiologiques au repos sans biais. Par la suite, tous les participants ont accompli la tâche stressante MIST (environ 15 minutes). Suite à cette tâche, les participants furent invités à remplir le questionnaire situationnel sur le stress concernant la première tâche du MIST.

Par la suite, selon le groupe dans lequel ils furent aléatoirement assignés au préalable (CTRL, BIO-RV ou BIO-RV-STR), les participants ont reçu les instructions standardisées pour la tâche expérimentale à laquelle ils allaient participer (voir Annexe C). La durée de la tâche expérimentale était de 15 minutes pour chacune des conditions. Le temps de l'intervention est basé sur les résultats de l'étude de Sherlin et al. (2009) qui a montré des effets significatifs sur les mesures du stress suite à un entraînement de 15 minutes de biofeedback lors d'une unique séance. Suite à l'intervention, les participants furent invités à remplir le questionnaire situationnel sur le stress concernant la tâche expérimentale.

Par la suite, tous les participants ont effectué une seconde fois la tâche MIST (environ 15 minutes). Les participants ont rempli une dernière fois le questionnaire situationnel sur le stress en lien avec la dernière tâche MIST. Ils remplissaient également les questionnaires post-

interventions sur les affects et le sentiment d'efficacité personnelle à gérer le stress (voir Annexe B).

Les participants retiraient ensuite l'équipement physiologique et furent remerciés pour leur participation. Nous leur avons offert la compensation de 30 \$ par carte-cadeau *Amazon* et nous les avons invités à signer le reçu (Annexe E). L'étude prenait alors formellement fin.

9. Mesures

9.1. Mesures Descriptives.

9.1.1. Données sociodémographiques.

Certaines variables sociodémographiques (sexe, âge, niveau de scolarité, statut socioéconomique) furent compilées afin de décrire l'échantillon et d'observer les impacts sur les résultats de l'expérimentation. Nous avons également interrogé les participants sur leur fréquence d'utilisation des jeux vidéo et leur niveau de compétence avec les jeux vidéo afin d'observer des différences potentielles entre les participants.

9.1.2. Scale of Perfectionism and Excellencism (SCOPE ; Gaudreau, 2019)

Le SCOPE est une échelle de 22 items composée de deux sous-échelles comprenant 11 items chacune : l'excellence et le perfectionnisme. Chaque item est gradé selon une échelle de Likert en 7 points allant de 1 (pas du tout) à 7 (totalement). Un score moyen plus élevé indique des niveaux plus élevés de recherche d'excellence ou de perfectionnisme. La structure à deux facteurs du SCOPE ainsi que sa validité convergente et divergente, et sa fiabilité interne ont été démontrées dans une récente étude de validation sur sept échantillons (Gaudreau, 2019). Les alphas de Cronbach sont de 0.98 pour les deux sous-échelles de l'outil, ce qui démontre une bonne consistance interne. Cette mesure visait à observer si des différences se présentaient chez

les participants sur le plan du perfectionnisme et de l'excellentisme suite à l'assignation aléatoire.

9.1.3 Inventaire de risque et d'activation (IRA ; Lafollie, Le Scanff & Fontayne, 2008)

L'Inventaire de risque et d'activation permet une explication de la recherche de sensations des personnes ayant tendance à prendre des risques : les « fuyeurs » ont tendance à réagir aux difficultés émotionnelles en tentant de fuir la réalité dans des conduites à risques (ex. la prise de drogues), alors que les « compensateurs » ont plutôt tendance à tenter de trouver un moyen de se valoriser face aux difficultés. Le travail de Lafollie, Le Scanff et Fontayne a permis de traduire le questionnaire Risk and Excitement Inventory (REI) de Taylor et Hamilton (1997). Les analyses montrent que le questionnaire traduit possède une validité de construit satisfaisante : la structure factorielle et les niveaux de consistance interne sont adéquats ($\chi^2(53) = 185.07, p < 0.001, d = 0.25$). Les alphas de Cronbach pour l'échantillon de leur étude sont satisfaisants pour huit échelles sur treize (> 0.68). La version finale de l'IRA comporte deux facteurs de six items chacun. Cette mesure visait à identifier des caractéristiques chez les participants pouvant expliquer des différences potentielles entre les conditions sur le plan de l'activation physiologique.

9.1.4. Brief Coping Orientation to Problems Experiences Inventory (Brief COPE ; Carver, 1997).

Le Brief COPE est une version abrégée du COPE (Carver, Scheier & Weintraub, 1989) qui permet d'évaluer les réponses de coping survenant dans le contexte quotidien de la personne. Le Brief COPE contient 28 items qui permettent d'évaluer 14 réactions de coping. Les options de réponses varient de 0 (Je ne fais pas ça du tout) à 3 (Je fais cela souvent). Le Brief-COPE présente une consistance interne allant d'acceptable à excellente avec des alphas de

Cronbach variant de 0.50 à 0.90. Cette mesure visait à identifier des différences entre les participants sur les capacités et les moyens de coping utilisés dans le quotidien.

9.1.5. Perceived Stress Scale (PSS-10 ; Cohen & Williamson, 1988)

Cet outil est l'un des plus utilisés pour mesurer la perception du stress vécu dans le dernier mois. Il permet de mesurer à quel point la personne perçoit ses situations de vie comme stressantes. Les questions sont orientées sur les sentiments et les pensées vécues pendant le dernier mois. Chaque item est répondu avec une échelle de Likert de cinq points (0 : jamais à 4 : très souvent). L'alpha de Cronbach pour le score total est de 0,89, de 0,85 pour le facteur sentiment d'impuissance et 0.82 pour le facteur sentiment d'efficacité personnelle (Roberti, Harrington & Storch, 2006). Ces données témoignent d'une consistance interne élevée de l'outil. Cette mesure visait à identifier si des stressseurs quotidiens pouvaient influencer les résultats des participants suite à l'assignation aléatoire.

9.2. Mesure principale.

9.2.1. Rythme cardiaque

Le rythme cardiaque lors du MIST, mesuré en battements par minute selon une réponse phasique, constitue la mesure principale de stress. La mesure du rythme cardiaque constitue une indication du niveau de stress ressenti dans le moment présent (Schwartz & Andrasik, 2003). Plus précisément, l'augmentation du rythme cardiaque est généralement une indication de l'augmentation du niveau de stress ressenti. Avant les analyses, un nettoyage des données fut effectué afin d'éliminer les données extrêmes et aberrantes (c.-à-d., une fréquence cardiaque sous 40 ou au-dessus de 120) qui auraient pu être momentanément observées. Le rythme cardiaque fut enregistré comme mesure de base et à la suite de chaque étape de l'expérimentation.

9.3. Mesures secondaires.

9.3.1. Mesure de Stress Psychologique (MSP-9 ; Lemyre & Tessier, 2003)

Le PSM-9 est une version abrégée de neuf items du MSP développé par Lemyre et Tessier (1988) dans le but d'évaluer le concept du stress d'un point de vue biopsychosocial et non pathologique (Goyal et al., 2016). Cet outil présente les mêmes propriétés psychométriques de validité et fidélité que la version originale à 49 items et une consistance interne excellente avec un alpha de Cronbach de 0.89 (Lemyre & Tessier, 2003). Le MPS possède une bonne validité discriminante et se distingue des mesures d'anxiété et de stress (Lemyre & Tessier, 1988). Les items sont évalués sur une échelle de huit points (1 : pas du tout à 8 : extrêmement). Il est important de mentionner que ce questionnaire demande généralement aux participants d'évaluer les items en fonction des quatre à cinq dernières journées. Dans le cadre de cette étude, la consigne sera légèrement modifiée afin de demander aux participants d'évaluer les items au moment présent. Cette mesure permettait de quantifier l'expérience subjective de stress du participant. La mesure fut administrée comme mesure de base et à la suite à chaque étape de l'expérimentation.

9.3.2. Coping Self-Efficacy Scale(CSE ; Chesney et al., 2006)

L'échelle CSE est un outil de 26 items développé afin d'évaluer la confiance du participant à performer des comportements de coping face à des événements de vie pouvant représenter un défi. Les items sont évalués sur une échelle de 11 points (0 : Je suis certain que je ne peux pas le faire à 10 : Je suis certain que je peux le faire). L'outil est composé de trois sous-échelles, soit le coping axé sur le problème, le coping axé sur l'émotion et le support social qui présentent respectivement des alphas de Cronbach de 0.91, 0.91 et 0.80, ce qui montre la consistance interne élevée de l'outil. Cette mesure permettait de documenter si des changements

étaient perçus par les participants sur leurs capacités à faire face à des stressseurs avant et après l'expérimentation.

9.4. Mesure tertiaire.

9.4.1. Positive and Negative Affect Schedule : Short Form (I-PANAS-SF ; Thompson, 2007).

Le PANAS fut développé afin d'évaluer les affects positifs et les affects négatifs (Watson, Clark & Tellegen, 1988). Le I-PANAS-SF est une version abrégée de 10 items. Les items sont évalués sur une échelle de cinq points (1 : jamais à 5 : toujours). Le I-PANAS-SF présente une consistance interne satisfaisante avec des alphas de Cronbach de 0.78 pour la sous-échelle affect positif et de 0.76 pour la sous-échelle affect négatif. Cette mesure permettait de documenter si les changements physiologiques étaient associés à des changements affectifs avant et après l'expérimentation.

9.5 Mesure contrôle.

9.5.1 Performance au MIST (Dedovic et al., 2005)

Afin de contrôler pour la fiabilité de la tâche MIST, la performance des participants aux tâches MIST fut mesurée afin d'assurer un taux d'erreur du participant, qui est maintenu entre 20 et 45 %, comme prévu par la tâche.

RÉSULTATS

10. Description de l'échantillon

Les renseignements généraux décrivant l'échantillon sont décrits au Tableau 1. Au total, 60 individus ont participé à l'expérimentation. La plupart des participants sont des femmes célibataires, d'ethnie caucasienne, ayant terminé leurs études collégiales et possédant un revenu moyen faible. Des analyses statistiques non paramétriques (Chi-carré) et des analyses de variances (ANOVA) furent effectuées auprès des variables descriptives afin de vérifier s'il y avait présence de différences préexistantes entre les trois groupes de participants. Aucune différence significative n'est ressortie entre les groupes suite aux analyses concernant les variables sociodémographiques et descriptives. Également, aucune différence sur la fréquence d'utilisation de jeux vidéo, la compétence autorapportée aux jeux vidéo, le rythme cardiaque de base (Tableau 2), le niveau de stress perçu et l'utilisation des stratégies de coping n'est observée. Des différences significatives sont présentes entre les groupes concernant la sous-échelle fuite de l'IRA. Une analyse post-hoc LSD révèle des résultats significativement plus élevés pour le groupe BIO-RV en comparaison au groupe contrôle suite à l'assignation aléatoire. Les résultats sont également significativement plus élevés pour le groupe BIO-RV en comparaison au groupe BIO-RV-STR. Finalement, des différences significatives existent également entre les groupes concernant la sous-échelle excellentisme du SCOPE. Une analyse post-hoc LSD révèle des résultats significativement plus élevés pour le groupe CTRL en comparaison au groupe BIO-RV-STR.

Compte tenu des différences observées ci-dessus entre les groupes, les analyses principales ont aussi été effectuées en mettant en covariables la sous-échelle de fuite de l'IRA et d'excellentisme du SCOPE. La présence de ces covariables n'a pas modifié les résultats. Par

conséquent, les ANCOVAs et leurs résultats ne sont pas rapportés dans le texte afin de simplifier la présentation des résultats. Toutefois, la représentation des résultats dans les Figures repose sur les moyennes marginales estimées suite aux ANCOVAs afin d'éviter la redondance avec les moyennes rapportées dans les tableaux tout en offrant une représentation visuelle des résultats.

Tableau 1. Description des variables sociodémographiques et descriptives, selon la condition expérimentale.

	CTRL	BIO-RV	BIO-RV-	Test
	(n=20)	(n=20)	STR (n=20)	statistique
Âge	30.15 (13.72)	27.00 (11.37)	27.70 (11.30)	$F(2,59)=0.37$
Sexe, %				$\chi^2(2)=0.42$
Homme	40.00	35.00	45.00	
Femme	60.00	65.00	55.00	
Ethnie, %				$\chi^2(2)=1.29$
Caucasien	95.00	85.00	85.00	
Autres	5.00	15.00	15.00	
Niveau de scolarité, %				$\chi^2(8)=6.32$
Non-diplômé	5.00	10.00	0.00	
Secondaire	5.00	15.00	25.00	
Cégep	40.00	45.00	45.00	
Baccalauréat	30.00	20.00	20.00	
Maîtrise ou doctorat	20.00	10.00	10.00	
Revenu, %				$\chi^2(4)=2.05$
Faible	35.00	50.00	40.00	
Moyen	40.00	20.00	35.00	
Élevé	25.00	30.00	25.00	
État civil, %				$\chi^2(2)=0.19$
Célibataire/divorcé/veuf	75.00	75.00	80.00	
Marié/Conjoint de fait	25.00	25.00	20.00	
Fréquence jeux vidéo	1.95 (0.89)	2.30 (0.92)	2.20 (0.77)	$F(2,59)=0.88$
Compétence perçue aux jeux vidéo	2.40 (1.39)	2.45 (1.32)	2.50 (1.10)	$F(2,59)=0.03$
PSS	34.85 (3.28)	33.80 (2.91)	34.80 (2.71)	$F(2,59)=0.79$
COPE	66.15 (7.67)	64.75 (5.60)	65.05 (4.37)	$F(2,59)=0.30$
IRA				
Compensation	19.20 (6.05)	21.55 (5.40)	20.20 (5.03)	$F(2,59)=0.92$
Fuite	13.35 (4.76)	17.40 (4.51)	14.00 (3.74)	$F(2,59)=4.98^{**}$
SCOPE				
Excellence	5.75 (0.77)	5.60 (0.81)	5.13 (0.80)	$F(2,59)=3.33^*$
Perfection	4.13 (1.53)	4.11 (1.63)	3.28 (1.22)	$F(2,59)=2.19$

Note. CTRL, Condition contrôle ; BIO-RV, condition biofeedback avec réalité virtuelle sans stresser ; BIO-RV-STR, condition biofeedback avec réalité virtuelle avec stresser ; PSS, Perceived Stress Scale ; COPE, Coping Orientation to Problems Experienced ; IRA, Inventaire de Risque et d'Activation ; SCOPE, Scale of Perfectionnism and Excellentism. * $p<0.05$. ** $p<0.01$.

11. Exploration des données

Les variables dépendantes à l'étude étaient le rythme cardiaque, la mesure de stress autorapportée mesurée à l'aide du MSP, le sentiment d'efficacité à gérer le stress, tel que mesuré par le CSE avant et après les interventions, et les affects positifs et négatifs des participants, tel que mesuré par le PANAS. En guise d'étape préliminaire, une exploration des données fut réalisée sur ces mesures d'impact de l'intervention afin de s'assurer du respect des postulats requis pour les analyses paramétriques. Le postulat d'homogénéité de la variance des groupes fut évalué à l'aide du test de Levene. Celui-ci a validé le postulat d'homoscédasticité. La normalité de la distribution a été observée à l'aide du test statistique Shapiro-Wilk et du test de Kolmogorov-Smirnov. Les analyses ont montré que les distributions des données respectent le postulat de normalité de distribution des observations.

12. Résultats des analyses principales

Des analyses de variance (ANOVAs) à mesures répétées furent réalisées pour les trois conditions expérimentales (CTRL, BIO-RV et BIO-RV-STR) et quatre temps de mesures pour la variable du rythme cardiaque et du questionnaire MSP-9 (mesure au niveau de base, tâche MIST pré-intervention, intervention expérimentale et la tâche MIST post-intervention). Le Tableau 2 présente les moyennes et les écarts-types pour les quatre temps des mesures du rythme cardiaque et du MSP-9 et le Tableau 3 les résultats des ANOVAs à mesures répétées. La Figure 7 illustre les résultats afin d'en faciliter l'interprétation à l'aide des moyennes marginales estimées. Les effets principaux qui s'avèrent statistiquement significatifs ont été décomposés avec des contrastes orthogonaux afin d'identifier où se situent les différences.

Tableau 2. *Stress des participants aux quatre temps de mesure mesuré à l'aide du rythme cardiaque et d'un questionnaire autorapporté.*

	Rythme cardiaque	MSP-9
Niveau de base		
CTRL	76.82 (13.48)	32.15 (7.39)
BIO-RV	77.80 (11.12)	33.20 (12.08)
BIO-RV-STR	73.08 (8.90)	34.25 (7.06)
MIST pré-intervention		
CTRL	80.46 (12.97)	32.80 (5.22)
BIO-RV	81.39 (12.02)	33.50 (9.27)
BIO-RV-STR	78.20 (11.89)	32.80 (6.53)
Intervention		
CTRL	78.88 (27.44)	26.85 (5.19)
BIO-RV	90.23 (12.04)	28.05 (7.93)
BIO-RV-STR	86.19 (12.66)	29.20 (6.17)
MIST post-intervention		
CTRL	80.17 (23.07)	30.00 (5.74)
BIO-RV	76.48 (10.52)	31.30 (9.97)
BIO-RV-STR	74.61 (10.21)	30.55 (7.46)

Note. MSP-9, *Mesure de stress psychologique* ; CTRL, *Condition contrôle* ; BIO-RV, *condition biofeedback avec réalité virtuelle sans stressueur* ; BIO-RV-STR, *condition biofeedback avec réalité virtuelle avec stressueur* ; MIST, *Montreal Imaging Stress Task*.

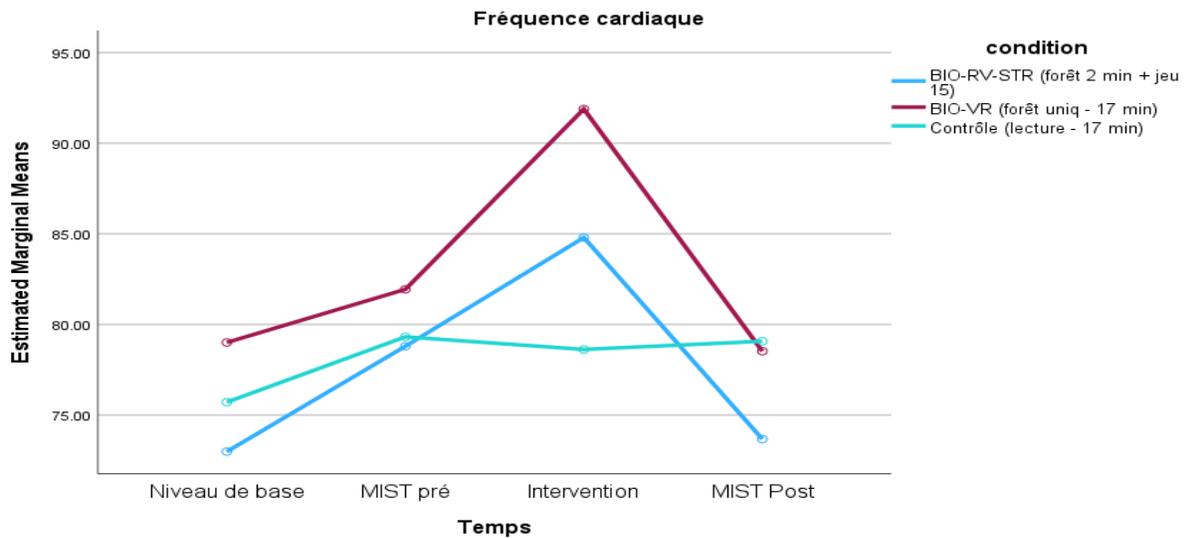
Comme montre le Tableau 3, il y a un changement statistiquement significatif à l'effet Temps sur la mesure du rythme cardiaque et les contrastes à mesures répétées montrent qu'il se manifeste à chaque étape de l'expérimentation comparativement à la précédente (voir aussi la Figure 7), soit du niveau de base à la première tâche de MIST [$F_{(1,57)} = 21.97, p < .001, \text{éta-carré partiel} = .27$], puis lors de l'intervention [$F_{(1,57)} = 9.43, p = .003, \text{éta-carré partiel} = .14$] et à la seconde passation du MIST [$F_{(1,57)} = 96.84, p < .001, \text{éta-carré partiel} = .54$].

Tableau 3. Résultats aux ANOVAs à mesures répétées pour le rythme cardiaque et le stress perçu.

Variables	ANOVAs					
	Effet temps		Effet condition		Effet interaction	
	F	n ²	F	n ²	F	n ²
Rythme cardiaque	21.38 ***	0.27	0.34	0.01	5.3***	0.61
MSP-9	14.04***	0.20	0.22	0.01	0.33	0.01

Notes. n² = Eta-Carré partiel ; MSP-9, Mesure de stress psychologique ; ***p<0.001.

Figure 7. Représentation visuelle des résultats sur la fréquence cardiaque des participants aux différents moments de l'expérimentation.



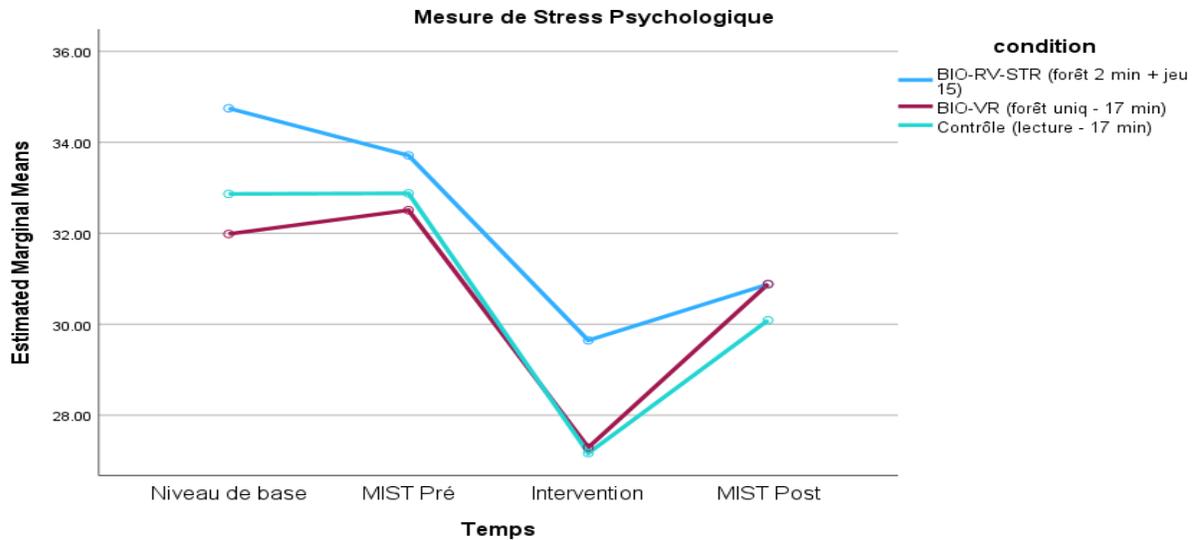
Note. Les moyennes illustrées ici correspondent aux moyennes marginales estimées suite à une ANCOVA où les sous-échelles de fuite de l'IRA et d'excellentisme du SCOPE sont utilisées comme covariables.

L'interaction Condition par Temps rapportée au Tableau 3 s'avère elle aussi statistiquement significative (voir Figure 7). Les contrastes à mesures répétées révèlent deux interactions statistiquement significatives, alors que l'effet d'interaction annoncé a priori comme hypothèse entre les deux tâches au MIST n'est pas statistiquement significatif [$F_{(2,57)} = 1.38$, $p = .26$, éta-carré partiel = .05] et par conséquent ne sera pas décomposé entre les trois conditions.

Des contrastes à mesures répétées effectués pour décomposer l'interaction à la mesure du rythme cardiaque permettent d'identifier où se situent les deux effets statistiquement significatifs, soit lors du passage de la première tâche au MIST à l'intervention [$F_{(2,57)} = 4.06$, $p = .022$, éta-carré partiel = .13] et de l'intervention à la seconde tâche de MIST [$F_{(2,57)} = 33.23$, $p < .001$, éta-carré partiel = .54]. Des contrastes-contrastes d'interaction orthogonaux ont par la suite été effectués afin de décomposer les deux interactions statistiquement significatives, en débutant par celle observée lorsque l'on passe du MIST à l'intervention. Cette analyse révèle que : (a) les deux interventions en réalité virtuelle s'accompagnent d'une augmentation du rythme cardiaque significativement plus grande, lorsqu'analysées conjointement, que la condition contrôle ($t = -2.49$, $p = .006$), et (b) l'interaction n'est pas statistiquement significative lorsque l'on compare les deux interventions entre elles ($t = .2$, $p = .8$). Les contrastes-contrastes d'interaction orthogonaux effectués afin de décomposer l'interaction observée lorsque l'on passe de l'intervention au second MIST révèle que : (a) les deux interventions en réalité virtuelle s'accompagnent d'une réduction du rythme cardiaque significativement plus grande, lorsqu'analysées conjointement, que la condition contrôle ($t = 8.09$, $p < .001$), et (b) l'interaction n'est pas statistiquement significative lorsque l'on compare les deux interventions entre elles ($t = -1.1$, $p = .3$).

Pour le MSP, des contrastes à mesures répétées ont été effectués pour décomposer l'effet Temps rapporté au Tableau 3 (voir aussi Figure 8). Ces analyses révèlent un changement statistiquement significatif à deux étapes de l'expérimentation comparativement à la précédente, soit une diminution du stress autorapporté de la première tâche de MIST à l'intervention [$F_{(1,57)} = 33.76$, $p < .001$, éta-carré partiel = .37] et une augmentation à la seconde passation du MIST suivant l'intervention [$F_{(1,57)} = 10.05$, $p = .002$, éta-carré partiel = .15].

Figure 8. Représentation visuelle des résultats sur la mesure de stress perçu par les participants aux différents moments de l'expérimentation.



Note. Les moyennes illustrées ici correspondent aux moyennes marginales estimées suite à une ANCOVA où les sous-échelles de fuite de l'IRA et d'excellentisme du SCOPE sont utilisées comme covariables.

Des ANOVAs à mesures répétées sur deux temps (pré-intervention et post-intervention) furent réalisées pour les questionnaires CSE et PANAS. Le Tableau 4 présente les moyennes et les écarts-types pour les deux temps des mesures du CSE et les deux sous-échelles du PANAS. Nous retrouvons au Tableau 5 les résultats des ANOVAs à mesures répétées pour ces variables.

Tableau 4. Résultats aux moyennes et écarts-types pour les variables secondaires avant et après l'intervention

Variables	Pré-intervention			Post-intervention		
	CTRL	BIO-RV	BIO-RV-STR	CTRL	BIO-RV	BIO-RV-STR
CSE	175.40 (44.44)	156.95 (32.23)	155.45 (16.29)	183.85 (43.08)	155.80 (41.35)	158.55 (20.25)
PANAS						
Échelle A. Positif	32.85 (5.90)	30.05 (6.68)	31.70 (5.43)	28.55 (7.48)	27.85 (7.54)	28.35 (6.23)
Échelle A. Négatif	16.75 (5.94)	16.20 (6.86)	15.60 (3.59)	16.40 (5.72)	16.10 (5.45)	16.90 (4.24)

Notes. CTRL, Condition contrôle ; BIO-RV, condition biofeedback avec réalité virtuelle sans stresser ; BIO-RV-STR, condition biofeedback avec réalité virtuelle avec stresser ; CSE, Coping Self-efficacy Scale; PANAS, Positive and Negative Affect Scale; Échelle A. Positif, échelle affect positif ; Échelle A. Négatif, échelle affect négatif.

Tableau 5. Résultats aux ANOVAs à mesures répétées pour les variables secondaires.

Variables	ANOVAs					
	Effet temps		Effet condition		Effet interaction	
	F	n ²	F	n ²	F	n ²
CSE	1.96	0.03	3.14	0.10	1.26	0.04
PANAS						
Positif	18.47***	0.25	0.45	0.02	0.63	0.02
Négatif	0.23	0.00	0.04	0.00	0.76	0.03

Notes. n² = Eta-Carré partiel ; CSE, Coping Self-efficacy Scale; PANAS, Positive and Negative Affect Scale. ***p<0.001.

En observant le Tableau 5, nous pouvons constater que le seul changement statistiquement significatif fut une réduction à l'effet Temps sur la sous-échelle positive du PANAS. Les résultats ne sont pas statistiquement significatifs pour l'effet condition et l'interaction Temps par Condition.

DISCUSSION

L'objectif de cette étude était d'explorer l'utilisation du biofeedback en réalité virtuelle en tant que méthode de gestion du stress. Plus précisément, nous tentions d'explorer si la pratique de la gestion du stress en réalité virtuelle était plus efficace dans un nouvel environnement virtuel avec tâche stressante en comparaison à un environnement virtuel neutre. Cette exploration permettait d'établir les bases d'un outil de gestion de stress pouvant être appliquées à des études ultérieures s'intéressant à différentes populations, notamment les jeunes athlètes de haut niveau. L'étude se distingue de celles déjà publiées par le recours à des ajouts méthodologiques importants, soit le recours à un stresser standardisé pour documenter l'impact de l'intervention, une mesure physiologique en plus des mesures subjectives, et deux conditions contrôles, soit une sans intervention et une avec une immersion sans stresser pour pratiquer l'auto-régulation avec biofeedback.

13. Retour sur les hypothèses et résultats

La première hypothèse proposait que le stress, tel que mesuré par le rythme cardiaque, soit plus élevé lors de la tâche expérimentale pour les participants de la condition BIO-RV-STR en comparaison aux participants de la condition BIO-RV et CTRL. Les résultats ne permettent pas d'appuyer cette hypothèse puisque les participants de la condition BIO-RV ainsi que ceux de la condition BIO-RV-STR ont montré une différence significativement plus élevée lors de la tâche expérimentale en comparaison au groupe contrôle. Aucune différence significative n'existait entre les conditions BIO-RV et BIO-RV-STR, bien que la différence fut statistiquement significative avec la condition contrôle où les participants lisaient un texte. On constate ici l'importance d'une condition contrôle avec immersion en réalité virtuelle sans

stresseur pour interpréter les résultats, ce qui n'est pas toujours le cas dans les études dans le domaine (p.ex., Maarsingh et al. 2019) comme nous le verrons plus loin.

La deuxième hypothèse proposait que le stress, tel que mesuré par la mesure de stress psychologique (MSP-9), soit plus élevé lors de la tâche expérimentale pour les participants de la condition BIO-RV-STR en comparaison aux participants de la condition BIO-RV et CTRL. Les résultats ne permettent pas d'appuyer cette hypothèse puisque les participants des trois conditions ont montré une diminution statistiquement significativement lors de la tâche expérimentale. On constate ici l'importance d'une condition contrôle sans aucune intervention pour interpréter les résultats, alors qu'une telle condition n'est pas toujours présente dans les études dans le domaine (p.ex., Rockstroh et al., 2019).

Il appert que les choix de conditions et tâches expérimentales se sont avérés particulièrement utiles méthodologiquement et nous amènent à relativiser les résultats observés dans d'autres études qui n'ont pas pris les mêmes précautions méthodologiques. L'augmentation significative du rythme cardiaque observée lors de l'intervention dans la condition expérimentale et pas dans la condition contrôle passive aurait pu être interprétée en faveur de l'utilisation de la RV. Des études comme celle de Rockstroh et al. (2019) ont déjà tiré ce type de conclusion. Ces auteurs ont comparé le biofeedback traditionnel au biofeedback prodigué en réalité virtuelle dans un environnement relaxant. Les résultats à un stresseur post-intervention ne montraient aucune différence significative entre le groupe de biofeedback traditionnel et le biofeedback en RV avec un environnement relaxant. Toutefois, l'utilisation d'une condition contrôle active avec réalité virtuelle (BIO-RV) permet de relativiser les résultats et suggère que l'environnement virtuel avec tâche stressante ne fut probablement pas en mesure d'induire un niveau de stress suffisamment significatif chez les participants, ce qui rend difficiles les comparaisons entre les groupes BIO-

RV et BIO-RV-STR. Toutefois, la présence d'une mesure subjective de stress et l'absence d'effet spécifique de la RV sur cette mesure suggèrent que l'effet observé sur le rythme cardiaque relève de variables confondantes. Il est possible que le fait que les participants étaient debout et bougeaient durant l'intervention ait biaisé les résultats liés au rythme cardiaque.

Par ailleurs, la réduction du stress subjectif des participants aurait pu être interprétée comme un effet de l'intervention, comme l'ont fait Maarsingh et al. (2019). Toutefois, la présence d'une condition témoin passive a permis de nuancer l'interprétation des résultats. Finalement, le recours à une tâche de gestion d'un stresser objectif permet de tirer des conclusions plus justes à propos de l'environnement virtuel proposé, c'est-à-dire qu'il n'a pas eu les effets escomptés. On peut notamment supposer ce que cela s'explique par une tâche en réalité virtuelle qui ne serait pas assez stressante (en raison de l'absence d'effet mesuré sur le MSP-9) ou qui ne permet pas assez de pratiquer les habiletés de gestion de stress (en raison de l'absence d'effet mesuré par la CSE).

La troisième hypothèse proposait que le stress, tel que mesuré par le rythme cardiaque, soit plus faible lors de la tâche MIST post-intervention en comparaison avec la tâche MIST pré-intervention pour les participants de la condition BIO-RV et BIO-RV-STR, tandis qu'aucune différence significative ne devrait être observée pour la condition CTRL. La quatrième hypothèse proposait que le stress, tel que mesuré par le rythme cardiaque, soit plus faible lors de la tâche MIST post-intervention pour les participants de la condition BIO-RV-STR en comparaison avec les participants des conditions CTRL et BIO-RV. Les résultats ne permettent pas d'appuyer ces hypothèses puisque les participants des trois conditions ne montrent aucune différence significative entre le rythme cardiaque lors de la tâche MIST pré-intervention et MIST post-intervention.

La cinquième hypothèse proposait que le stress, tel que mesuré par la mesure de stress psychologique (MSP-9), soit plus faible lors de la tâche de MIST post-intervention en comparaison avec la tâche MIST pré-intervention pour les participants de la condition BIO-RV et BIO-RV-STR, tandis qu'aucune différence significative ne devrait être observée pour la condition CTRL. La sixième hypothèse propose que le stress, tel que mesuré par la mesure de stress psychologique (MSP-9), soit plus faible lors de la tâche MIST post-intervention pour les participants de la condition BIO-RV-STR en comparaison avec les participants des conditions CTRL et BIO-RV. Les résultats ne permettent pas d'appuyer ces hypothèses puisque les participants des trois conditions ne montrent aucune différence significative entre le MSP lors de la tâche MIST pré-intervention et MIST post-intervention.

Les résultats entre les troisième et sixième hypothèses de l'étude sont intéressants puisqu'ils suggèrent la possibilité que les manipulations expérimentales n'aient pas réussi à induire un niveau de stress significatif chez les participants. En premier lieu, le MIST ne semble pas avoir réussi à induire un niveau de stress significatif chez les participants, autant sur le plan objectif (rythme cardiaque) que subjectif (MSP-9). Ces résultats vont à l'encontre des résultats obtenus par Dedovic et son équipe (2005) qui ont réussi à induire un stress significativement élevé avec le MIST et leurs participants. Notons que Dedovic et al., (2005) utilisaient le niveau de cortisol comme mesure principale du niveau de stress plutôt que le rythme cardiaque. Nous notons également que suite à l'expérimentation, plusieurs participants de la présente étude ont mentionné aux expérimentateurs que le taux de succès des autres participants, évoqués par le test comme étant entre 80 et 90 %, semblait excessivement élevé. Certains ont rapporté un certain découragement à effectuer l'exercice alors que d'autres ont mentionné avoir soupçonné qu'il ne s'agissait pas du réel taux de succès. La composante d'évaluation sociale du MIST semblait donc

partiellement compromise. Par ailleurs, la rétroaction négative donnée aux participants à travers des enregistrements audio semblait une embûche à la validité écologique du protocole expérimental. Cette méthode fut choisie afin d'assurer la standardisation des instructions pour tous les participants, mais nos observations amènent à croire que ceux-ci ne furent pas autant affectés par la rétroaction négative que si celle-ci avait été donnée directement par l'expérimentateur. D'autant plus, les résultats du PANAS indiquant une diminution des sentiments positifs durant l'expérimentation peuvent traduire un sentiment d'ennui qui s'est développé chez les participants de l'étude, ce qui corrobore l'hypothèse que les tâches de l'expérimentation n'ont pas réussi à induire un stress significatif chez les participants, en plus du sentiment de découragement.

Finalement, les différences observées entre les groupes représentent également une avenue intéressante pour explorer les résultats mitigés de l'étude. Malgré que la différence ne s'avère pas statistiquement significative, nous observons un rythme cardiaque plus élevé dans le groupe BIO-RV que le groupe BIO-RV-STR durant la phase d'expérimentation de l'étude, ce qui allait à l'encontre de nos hypothèses. Les participants du groupe BIO-RV différaient des autres groupes notamment sur leur tendance à utiliser plus souvent des comportements de fuite comme moyens de coping, tel que rapporté par la sous-échelle fuite de l'IRA. Les participants ont du faire face aux différentes tâches leur étant présenté, leur faisant utiliser des moyens de coping avec lesquels ils pouvaient être moins à l'aise que pour les deux autres groupes. L'impact de cette différence ne s'est pas manifesté sur les analyses de covariance, mais le recours aux ANCOVAs demeure une approche statistique a posteriori pour tenter de compenser pour une différence dont les effets sont difficiles à bien cerner.

La septième hypothèse proposait que l'augmentation de la perception d'efficacité personnelle à gérer le stress prédise de façon significative le changement dans le stress, tel que mesuré par la Coping Self-Efficacy Scale (CSE). Nous émettions l'hypothèse que les participants des groupes BIO-RV et BIO-RV-STR verraient leur sentiment d'efficacité personnelle à gérer leur stress augmenter de manière significative, tandis qu'aucune différence significative ne devrait être observée pour le groupe contrôle. Les résultats ne permettent pas d'appuyer cette hypothèse puisque aucune différence significative ne fut décelée sur le plan de la perception d'efficacité personnelle à faire face au stress pour les participants de tous les groupes. De prime abord, il est possible qu'une seule rencontre d'environ 2 heures ne fût pas suffisante pour induire des changements sur le plan de la perception de la capacité des clients à gérer leur stress. En fait, les résultats à l'échelle émotion positive du PANAS montre une diminution significative des sentiments positifs des participants pour tous les groupes, ce qui pourrait indiquer des sentiments d'ennui durant la rencontre. La tâche à effectuer pour pratiquer le biofeedback mérite donc probablement d'être revue.

L'étude de Blum, Rockstroh et Göritz (2019) suggère qu'un environnement virtuel relaxant permet d'augmenter le sentiment d'efficacité personnelle à la relaxation, la focalisation sur le moment présent et réduit la distractibilité. Toutefois, lorsque l'on compare l'effet du biofeedback en RV au biofeedback traditionnel, on ne retrouve pas de différence significative au niveau des marqueurs du stress dans leur étude. Comme l'ont étudié Weerdmeester et ses collègues (2017) dans leur recherche explorant le rôle du sentiment d'efficacité personnelle dans des jeux vidéo avec biofeedback, celle-ci joue un rôle significatif dans son activation physiologique. Cependant, au contraire de la présente étude dans laquelle le jeu en RV a été conçu pour être stressant et pour interférer avec la performance des participants, les protocoles

de Weerdmeester et ses collègues et de Blum, Rockstroh et Göritz n'impliquaient pas de jeux stressants ou de performance, mais un jeu de contrôle par la respiration diaphragmatique et un environnement virtuel relaxant. Ces différences peuvent s'avérer importantes au niveau du sentiment d'efficacité personnelle ressenti lors des tâches. Comme rapporté par Pereira, Leclerc-Therrien et Bouchard (2023) qui ont analysé les données de la présente étude et plus les participants croyaient en leurs compétences à jouer à des jeux vidéo, plus ils étaient affectés négativement par le biofeedback dans l'environnement de jeu virtuel. Puisque le sentiment d'efficacité personnelle à jouer à des jeux vidéo de ces participants prédit l'augmentation de leur niveau de stress, il se pourrait que le biofeedback ait eu un impact contraire à ce qui était attendu en raison de la nature de la tâche. Cette dernière s'apparente à un jeu vidéo et le biofeedback peut nuire à la performance dans le jeu. Cela aurait pu alors engendrer des différences au niveau du stress psychologique perçu par les participants en remettant plus fortement en doute leur sentiment d'efficacité personnelle.

Les études de Maarsingh et ses collègues (2019) et d'Hougangbe et ses collègues (2020) offrent également des comparatifs intéressants puisque celles-ci comptaient sur des environnements virtuels complexes en termes de ludification, ce qui avait un effet motivant sur leurs participants. Considérant les résultats du PANAS et la simplicité de la tâche à effectuer dans l'environnement BIO-RV-STR, où nos participants ont vu leur niveau d'affect positif diminuer après l'expérimentation, nous concluons que la tâche s'est avérée peu motivante pour les participants. Il est possible que l'absence d'objectif ludique dans l'environnement virtuel neutre (forêt) ait contribué à ne pas avoir d'effet motivateur pour les participants, bien que cette tâche constituait une condition contrôle.

14. Forces et limites de l'étude

La présente étude présente des forces sur le plan méthodologique. Le recours à deux conditions contrôles, une passive et une active, permet un contrôle plus rigoureux que ce que l'on voit dans les autres études. On peut ajouter aussi l'assignation aléatoire des participants, et la standardisation du protocole et des interventions. De plus, l'étude comprend plusieurs mesures variées, notamment des mesures subjectives (questionnaires) et objectives (rythme cardiaque) pour évaluer l'impact de l'intervention dans une tâche d'induction standardisée de stress. En raison de la présence de plusieurs mesures, nous avons tenté de choisir des questionnaires brefs et les versions courtes des questionnaires afin de diminuer le potentiel biais de réponses. L'étude permet d'enrichir notre compréhension de la combinaison de différentes méthodes d'intervention, soit le biofeedback et la réalité virtuelle, qui offrent de grands potentiels comme outils de gestion du stress en raison de l'avancée rapide et la démocratisation de l'utilisation d'outils technologiques dans le domaine de la gestion de la santé et de la santé mentale. Il s'agit d'une avenue de recherche novatrice qui mérite d'être plus amplement explorée à l'avenir, mais à l'aide d'une tâche plus motivante, plus stressante et moins influencée par la confiance envers l'habileté à jouer à des jeux vidéo.

L'étude comporte également certaines limites sur le plan méthodologique. Une des limites consiste à avoir eu une seule séance afin de conduire l'expérimentation et pratiquer la gestion du stress dans un jeu stressant. Pour des raisons logistiques, il aurait été difficile de conduire plusieurs séances d'expérimentation avec 60 participants. En augmentant le nombre de séances, le potentiel d'abandon augmente également et ainsi diminue la taille de l'échantillon. Cependant, avec plusieurs séances, les participants auraient pu bénéficier de plus de temps pour pratiquer l'entraînement à la relaxation en contexte stressant afin de mieux maîtriser la technique

et sa généralisation. Avec une seule séance, le niveau de maîtrise de la technique pouvait différer d'un participant à l'autre en raison de la variation sur le plan du niveau de base et de la capacité à intégrer l'information rapidement. Cette variation aurait pu être diminuée avec plusieurs séances. D'autant plus, une autre limite consiste en le potentiel biais de l'échantillon, ce qui peut affecter la généralisation à une plus grande population. Il s'agissait d'un échantillon homogène composé principalement de jeunes femmes aux études universitaires.

CONCLUSION

La combinaison du biofeedback et de la réalité virtuelle demeure une technique novatrice qui unit deux outils technologiques ayant un fort potentiel dans les traitements en santé et en santé mentale avec des applications cliniques qui méritent d'être davantage étudiés. Les études futures peuvent s'inspirer des forces méthodologiques de l'étude, qui combinait des mesures objectives et subjectives et des conditions contrôles passives et actives, afin de bonifier les conclusions pouvant être tirées de telles études. Une augmentation du nombre de séances de pratique du biofeedback en immersion semble probablement nécessaire, de même que des adaptations à l'environnement virtuel.

Il serait intéressant d'explorer le potentiel d'un outil similaire avec des populations cliniques ou cibler des populations à risque de vivre des stressors importants, et ainsi adapter l'expérimentation à des stressors potentiels pertinents pour les participants. Cela permettrait d'adresser le besoin de choisir des stressors expérimentaux plus efficaces que le MIST. Par exemple, il serait intéressant de choisir une population de sportifs et ainsi adapter les stressors expérimentaux afin que l'environnement virtuel représente une situation stressante dans un environnement de compétition sportive. Ainsi, le sentiment d'ennui pourrait être évité dans la future recherche si les interventions sont plus engageantes et motivantes pour les participants en raison de leurs implications pour ceux-ci. Le choix des stressors est fondamental pour la future recherche puisque certains éléments contribuant à la rigueur de l'étude peuvent avoir eu une incidence sur la qualité des stressors, notamment la standardisation des critiques de l'expérimentateur, qui enlevait une validité écologique à ces critiques.

Finalement, si les objectifs des futures recherches concernent des effets thérapeutiques durables pour les participants, il serait également pertinent d'étudier l'entraînement à la relaxation à l'aide

de la combinaison de ces méthodes avec un protocole de traitement étalé sur plusieurs séances d'entraînement prenant fin à terme de l'atteinte d'objectifs fixés afin d'augmenter le potentiel de changements significatifs chez les participants. Une approche plus individualisée permettrait aux participants de bénéficier pleinement des effets thérapeutiques de cette approche. Une telle approche plus durable et personnalisée permettrait également d'explorer différentes approches, notamment une approche séquentielle qui permettrait aux participants d'apprendre à maîtriser le biofeedback dans un environnement sans stresser pour ensuite évoluer à un environnement avec stresser. Si, par contre, les objectifs concernent des recherches sur la gestion du stress chez les jeunes sportifs de haut niveau, il faudrait modifier le stresser pour tenir compte de l'impact que les habitudes de jouer à des jeux vidéo peuvent avoir sur leur perception d'efficacité personnelle.

Références

- Acharya, U. R., Joseph, K. P., Kannathal, N., Lim, C. M., & Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: A review. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 44(12), 1031-1051.
- Aldwin, C. M. (2009). *Stress, coping, and development: An integrative perspective* (2^e éd.). Guilford Press.
- Baer, R. A. (Ed.). (2015). *Mindfulness-based treatment approaches: Clinician's guide to evidence base and applications*. Elsevier.
- Baus, O., & Bouchard, S. (2014). Moving from virtual reality exposure-based therapy to augmented reality exposure-based therapy: A review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00112>
- Blum, J., Rockstroh, C. & Goritz, A.S. (2019). Heart rate variability biofeedback based on slow-paced breathing with immersive virtual reality nature scenery. *Frontiers in Psychology*, 10(2172). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02172>
- Bouchard, S., Bernier, F., Boivin, É., Morin, B., & Robillard, G. (2012). Using biofeedback while immersed in a stressful videogame increases the effectiveness of stress management skills in soldiers. *PLOS ONE*, 7(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036169>
- Bouchard, S., Côté, S., & Richard, D. C. S. (2007). Virtual reality applications for exposure In D. C. S. Richard & D. Lauterbach (Eds.), *Handbook of exposure therapies* (pp. 247-254). Burlington, MA : Academic Press.
- Bouchard, S., Guitard, T., Laforest, M., Dumoulin, S., Boulanger, J., & Bernier, F. (2012). The potential of stress management training as a coping strategy for stressors experienced in theater of operation: A systematic review. In E. Ovuga (ed), *Traumatic Stress Disorders in a Global Context* (pp. 271-286). InTech. <https://doi.org/10.5772/39184>

- Brouwer, A. M., & Hogervorst, M. A. (2014). A new paradigm to induce mental Stress: The Sing-a-Song Stress Test (SSST). *Frontiers in Neuroscience*, 8, 224.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00224>
- Bulo, J. G., & Sanchez, M. G. (2014). Sources of stress among college students. *CVCITC Research Journal*, 1(1), 16-25.
- Byrd, D. R., & McKinney, K. J. (2012). Individual, interpersonal, and institutional level factors associated with the mental health of college students. *Journal of American College Health*, 60(3), 185-193.
- Carroll, M., & Winslow, B. (2017). Examination of the impact of condensed biofeedback training on acute stress responses. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 7, 287-303.
<https://doi.org/10.4236/jbbs.2017.77021>
- Carver, C. S. (1997). You want to measure coping but your protocol's too long: Consider the brief cope. *International Journal of Behavioral Medicine*, 4(1), 92.
- Carver, C. S., Scheier, M. F., & Weintraub, J. K. (1989). Assessing coping strategies: A theoretically based approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56(2), 267-283. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.56.2.267>
- Chaloult, L. (2008). *La thérapie cognitivo-comportementale : Théorie et pratique*. Éditions de la Chenelière. Montréal.
- Chesney, M. A., Neilands, T. B., Chambers, D. B., Taylor, J. M., & Folkman, S. (2006). A validity and reliability study of the coping self-efficacy scale. *British Journal of Health Psychology*, 11 (3), 421-437. <https://doi.org/10.1348/135910705X53155>

- Cohen, S., & Williamson, G. (1988). Perceived stress in a probability sample of the United States. In S. Spacapan & S. Oskamp (Eds.), *The Social Psychology of Health: Claremont Symposium on Applied Social Psychology* (pp. 31–67). Sage Publications.
- Coumel, P., Maison-Blanche, P., & Catuli, D. (1994). Heart rate and heart rate variability in normal young adults. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 5(11), 899-911.
<https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.1994.tb01130.x>
- Dedovic, K., Renwick, R., Mahani, N. K., Engert, V., Lupien, S. J., & Pruessner, J. C. (2005). The Montreal Imaging Stress Task: Using functional imaging to investigate the effects of perceiving and processing psychosocial stress in the human brain. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 30(5), 319-325.
- Ferreira, S. O. (2019). Emotional activation in human beings: Procedures for experimental stress induction. *Psicologia USP*, 30.
- Folkman, S., & Moskowitz, J. T. (2004). Coping: Pitfalls and promise. *Annu. Rev. Psychol.*, 55, 745-774. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.55.090902.141456>
- Folkman, S. (Ed.). (2011). *The Oxford handbook of stress, health, and coping*. Oxford University Press.
- Freeman, D., Reeve, S., Robinson, A., Ehlers, A., Clark, D., Spanlang, B., & Slater, M. (2017). Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. *Psychological Medicine*, 47(14), 2393-2400.
<https://doi.org/10.1017/S003329171700040X>
- Garfinkel, S. N., Seth, A. K., Barrett, A. B., Suzuki, K., & Critchley, H. D. (2015). Knowing your own heart: Distinguishing interoceptive accuracy from interoceptive

- awareness. *Biological Psychology*, 104, 65-74.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.11.004>
- Gaudreau, P. (2019). On the distinction between personal standards perfectionism and excellencism : A theory elaboration and research agenda. *Perspectives on Psychological Science : A Journal of the Association for Psychological Science*, 14(2), 197-215.
<https://doi.org/10.1177/1745691618797940>
- Gerra, G., Zaimovic, A., Franchini, D., Palladino, M., Guicastro, G., Reali, N., Maestri, D., Caccavari, R., Delsignori, R. & Brambilla, F. (1998). Neuroendocrine responses of healthy volunteers to techno-music: Relationships with personality traits and emotional state. *International Journal of Psychophysiology*, 28, 99–111.
[https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(97\)00071-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(97)00071-8)
- Gevirtz, R. (2013). The promise of heart rate variability biofeedback: Evidence-based applications. *Biofeedback*, 41(3), 110-120. <https://doi.org/10.5298/1081-5937-41.3.01>
- Giannakakis, G., Grigoriadis, D., Giannakaki, K., Simantiraki, O., Roniotis, A., & Tsiknakis, M. (2019). Review on psychological stress detection using biosignals. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 13(1), 440-460. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2019.2927337>
- Goessl, V. C., Curtiss, J. E., & Hofmann, S. G. (2017). The effect of heart rate variability biofeedback training on stress and anxiety: A meta-analysis. *Psychological Medicine*, 47(15), 2578-2586. <https://doi.org/10.1017/S0033291717001003>
- Goyal, A., Singh, S., Vir, D., & Pershad, D. (2016). Automation of stress recognition using subjective or objective measures. *Psychological Studies*, 61 (4), 348-364.
<https://doi.org/10.1007/s12646-016-0379-1>

- Hébert, S., Béland, R., Dionne-Fournelle, O., Crête, M., & Lupien, S. J. (2005). Physiological stress response to video-game playing: The contribution of built-in music. *Life Sciences, 76* (20), 2371-2380. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2004.11.011>
- Henriques, G., Keffer, S., Abrahamson, C., & Jeanne Horst, S. (2011). Exploring the effectiveness of a computer-based heart rate variability biofeedback program in reducing anxiety in college students. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 36*, 101-112. <https://doi.org/10.1007/s10484-011-9151-4>
- Jordanova, V., Stewart, R., Davies, E., Sherwood, R., & Prince, M. (2007). Markers of inflammation and cognitive decline in an African-Caribbean population. *International Journal of Geriatric Psychiatry: A Journal of the Psychiatry of Late Life and Allied Sciences, 22*(10), 966-973. <https://doi.org/10.1002/gps.1772>
- Khazan, I. Z. (2013). *The clinical handbook of biofeedback: A step-by-step guide for training and practice with mindfulness*. John Wiley & Sons.
- Kirschbaum, C., Prussner, J. C., Stone, A. A., Federenko, I., Gaab, J., Lintz, D., & Hellhammer, D. H. (1995). Persistent high cortisol responses to repeated psychological stress in a subpopulation of healthy men. *Psychosomatic Medicine, 57*(5), 468-474. <https://doi.org/10.1097/00006842-199509000-00009>
- Kotlyar, M., Donahue, C., Thuras, P., Kushner, M. G., O'Gorman, N., Smith, E. A., & Adson, D. E. (2008). Physiological response to a speech stressor presented in a virtual reality environment. *Psychophysiology, 45*(6), 1034-1037. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00690.x>
- Lafollie, D., Le Scanff, C., & Fontayne, P. (2008). Adaptation française de l'« Inventaire de risque et d'activation » (IRA). *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue*

canadienne des Sciences du Comportement, 40(2), 113.

<https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0008-400X.40.2.113>

Lazarus, R.S. (1993). Why we should think of stress as a subset of emotion. In L. Goldberger & S. Brenitz (Eds.), *Handbook of Stress: Theoretical and Clinical Aspects* (2nd ed., pp. 21-39). The Free Press.

Lazarus, R.S., & Folkman, S. (1984) *Stress, appraisal, and coping*. Springer.

Lehrer, P. M., & Gevirtz, R. (2014). Heart rate variability biofeedback: How and why does it work?. *Frontiers in Psychology*, 5(756). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00756>

Lemyre, L., & Tessier, R. (1988). Mesure de Stress Psychologique (MSP) : Se sentir stressé-e. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des Sciences du Comportement*, 20 (3), 302. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/h0079945>

Lemyre, L., & Tessier, R. (2003). Measuring psychological stress: Concept, model, and measurement instrument in primary care research. *Canadian Family Physician*, 49(9), 1159-1160.

Lindstedt, J. K. (2017). *The building blocks of expertise: Examining extreme experts in the video game "Tetris" »*. Rensselaer Polytechnic Institute.

Lobel, A., Granic, I., & Engels, R. C. (2014). Stressful gaming, interoceptive awareness, and emotion regulation tendencies: A novel approach. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 17(4), 222-227. <https://doi.org/10.1089/cyber.2013.0296>

Lüddecke, R., & Felhofer, A. (2022). Virtual reality biofeedback in health: A scoping review. *Applied psychophysiology and Biofeedback*, 47(1), 1-15.

<https://doi.org/10.1007/s10484-021-09529-9>

- Lupien, S. J., McEwen, B. S., Gunnar, M. R., & Heim, C. (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, *10*(6), 434-445. <https://doi.org/10.1038/nrn2639>
- Maarsingh, B. M., Bos, J., Van Tuijn, C. F., & Renard, S. B. (2019). Changing stress mindset through Stressjam: A virtual reality game using biofeedback. *Games for Health Journal*, *8*(5), 326-331. <https://doi.org/10.1089/g4h.2018.0145>
- McCraty, R., & Shaffer, F. (2015). Heart rate variability: New perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. *Global Advances in Health and Medicine*, *4* (1), 46-61. <https://doi.org/10.7453/gahmj.2014.073>
- Murphy, L. R., & Sauter, S. L. (2003). The USA perspective: Current issues and trends in the management of work stress. *Australian Psychologist*, *38* (2), 151-157. <https://doi.org/10.1080/00050060310001707157>
- Niedenthal, P. M. (2007). Embodying emotion. *Science*, *316*(5827), 1002-1005. <https://doi.org/10.1126/science.1136930>
- Noack, H., Nolte, L., Nieratschker, V., Habel, U., & Derntl, B. (2019). Imaging stress: An overview of stress induction methods in the MR scanner. *Journal of Neural Transmission*, *126*, 1187-1202. <https://doi.org/10.1007/s00702-018-01965-y>
- Parnandi, A., & Gutierrez-Osuna, R. (2015). Physiological modalities for relaxation skill transfer in biofeedback games. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, *21* (2), 361-371. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2015.2511665>
- Paul, M., & Garg, K. (2012). The effect of heart rate variability biofeedback on performance psychology of basketball players. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, *37*(2), 131-144. <https://doi.org/10.1007/s10484-012-9185-2>

- Peper, E., Harvey, R., & Takebayashi, N. (2009). Biofeedback : An evidence-based approach in clinical practice. *Japanese Journal of Biofeedback Research*, 36 (1), 3-10.
https://doi.org/10.20595/jjbf.36.1_3
- Pereira, A., Leclerc-Therrien, C-E., & Bouchard, S. (2023). Predictors of subjective stress in a competitive performance task used to practice stress management with biofeedback in virtual environments: the role of perfectionism [Poster presentation]. *26th Annual Cyberpsychology, Cybertherapy & Social Networking Conference, University Paris Cité, Paris, France.*
- Porter, A. M., & Goolkasian, P. (2019). Video games and stress: How stress appraisals and game content affect cardiovascular and emotion outcomes. *Frontiers in psychology*, 10, 967.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00967>
- Pruessner, J. C., Baldwin, M. W., Dedovic, K., Renwick, R., Mahani, N. K., Lord, C., & Lupien, S. (2005). Self-esteem, locus of control, hippocampal volume, and cortisol regulation in young and old adulthood. *Neuroimage*, 28(4), 815-826.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.06.014>
- Reinecke, L. (2009). Games and recovery: The use of video and computer games to recuperate from stress and strain. *Journal of Media Psychology*, 21(3), 126-142.
<https://doi.org/10.1027/1864-1105.21.3.126>
- Ribeiro, I. J., Pereira, R., Freire, I. V., de Oliveira, B. G., Casotti, C. A., & Boery, E. N. (2018). Stress and quality of life among university students: A systematic literature review. *Health Professions Education*, 4(2), 70-77.
<https://doi.org/10.1016/j.hpe.2017.03.002>

- Richardson, K. M., & Rothstein, H. R. (2008). Effects of occupational stress management intervention programs: a meta-analysis. *Journal of Occupational Health Psychology, 13*(1), 69.
- Riva, G., Mantovani, F., Capideville, C. S., Preziosa, A., Morganti, F., Villani, D., ... & Alcañiz, M. (2007). Affective interactions using virtual reality: the link between presence and emotions. *Cyberpsychology & Behavior, 10* (1), 45-56.
<https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9993>
- Roberti, J. W., Harrington, L. N., & Storch, E. A. (2006). Further psychometric support for the 10-item version of the perceived stress scale. *Journal of College Counseling, 9*(2), 135-147. <https://doi.org/10.1002/j.2161-1882.2006.tb00100.x>
- Rockstroh, C., Blum, J., & Goritz, A.S. (2019). Virtual reality in the application of heart rate variability biofeedback. *International Journal of Human-Computer Studies, 9* (130), 209-220. <https://doi.org/10.1016/j.ijhsc.2019.06.011>
- Sacha, J. (2014). Interaction between heart rate and heart rate variability. *Annals of Noninvasive Electrocardiology, 19*(3), 207-216. <https://doi.org/10.1111/anec.12148>
- Schwartz, M.S., & Andrasik, F. (2003). *Biofeedback : A practitioner's guide* (3rd ed.). Guilford Press, New York.
- Sherlin, L., Gevirtz, R., Wyckoff, S., & Muench, F. (2009). Effects of respiratory sinus arrhythmia biofeedback versus passive biofeedback control. *International Journal of Stress Management, 16*(3), 233-248. <https://doi.org/10.1037/a0016047>
- Simkin, D. R., Thatcher, R. W., & Lubar, J. (2014). Quantitative EEG and neurofeedback in children and adolescents: Anxiety disorders, depressive disorders, comorbid addiction

- and attention-deficit/hyperactivity disorder, and brain injury. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics*, 23(3), 427-464. <https://doi.org/10.1016/j.chc.2014.03.001>
- Skoluda, N., Strahler, J., Schlotz, W., Niederberger, L., Marques, S., Fischer, S., Thoma, M. V., Spoerri, C., Ehlert, U., & Nater, U. M. (2015). Intra-individual psychological and physiological responses to acute laboratory stressors of different intensity. *Psychoneuroendocrinology*, 51, 227-236. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2014.10.002>
- Taylor, M. K., Stanfill, K. E., Padilla, G. A., Markham, A. E., Ward, M. D., Koehler, M. M., Angelo, A., & Adams, B. D. (2011). Effect of psychological skills training during military survival school: A randomized, controlled field study. *Military Medicine*, 176(12), 1362-1368. <https://doi.org/10.7205/milmed-d-11-00149>
- Taylor, R. L. & Hamilton, J. C. (1997). Preliminary evidence for the role of self-regulatory 3 processes in sensation seeking. *Anxiety, Stress, and Coping*, 10(4), 351-375. <https://doi.org/10.1080/10615809708249309>
- Thompson, E. R. (2007). Development and validation of an internationally reliable short-form of the positive and negative affect schedule (PANAS). *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 38(2), 227-242. <https://doi.org/10.1177/0022022106297301>
- Wang, Z., Parnandi, A., & Gutierrez-Osuna, R. (2017). BioPad: Leveraging off-the-shelf video games for stress self-regulation. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 22(1), 47-55. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2017.2671788>
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS Scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063-1070. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.54.6.1063>

Waterworth, J. A., Waterworth, E. L., Mantovani, F., & Riva, G. (2010). On feeling (the) present: An evolutionary account of the sense of presence in physical and electronically-mediated environment. *Journal of Consciousness Studies*, 17(1-2), 167-188.

Weerdmeester, J., Van Rooij, M., Harris, O., Smit, N., Engels, R. C., & Granic, I. (2017). Exploring the role of self-efficacy in biofeedback video games. In *Extended abstracts publication of the annual symposium on computer-human interaction in play* (pp. 453-461). <https://doi.org/10.1145/3130859.3131299>

Weerdmeester, J., Rooij, M. M. J. W. van, Maciejewski, D. F., Engels, R. C. M. E., & Granic, I. (2021). A Randomized Controlled Trial Assessing the Efficacy of a Virtual Reality Biofeedback Video Game: Anxiety Outcomes and Appraisal Processes. *Technology, Mind, and Behavior*, 2(2). <https://doi.org/10.1037/tmb0000028>

Wiederhold, B.K., & Bouchard, S. (2014). *Advances in Virtual Reality and Anxiety Disorders*. New York, NY : Springer US.

Wyrwicka, W., & Serman, M. B. (1968). Instrumental conditioning of sensorimotor cortex EEG spindles in the waking cat. *Physiology & Behavior*, 3(5), 703-707.

Annexes

Annexe A – Formulaire de consentement



Case postale 1250, succursale B, Hull (Québec), Canada J8X 3X7
Téléphone (819) 595-3900
www.uqo.ca/ethique
Comité d'éthique de la recherche

Formulaire de consentement

Utilisation du biofeedback en réalité virtuelle comme outil de gestion du stress

Responsable du projet : Charles-Étienne Leclerc-Therrien – Candidat au Psy.D.
Directeur de recherche : Stéphane Bouchard, Ph.D. – Université du Québec en Outaouais Département de psychoéducation et de psychologie

Nous sollicitons par la présente votre participation à la recherche en titre, qui vise à valider l'utilisation du biofeedback en réalité augmentée comme outil de gestion du stress. Ce projet est subventionné par le Conseil de Recherche en Sciences Humaines du Canada (CRSH). *Ce projet a reçu l'approbation du Comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec en Outaouais.*

Suite à votre consentement, votre participation à ce projet de recherche consiste à vous présenter à une rencontre qui aura lieu au Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO (situé au 283 Boul. Alexandre-Taché, secteur Hull) d'une durée approximative de 2h00. Dans un premier temps, vous devrez remplir des documents permettant de recueillir des renseignements généraux (données sociodémographiques) ainsi que quelques questionnaires mesurant différents aspects en lien avec l'étude, tels que le stress, les stratégies de coping, le sentiment d'efficacité personnel, la prise de risques, les affects et le perfectionnisme (environ 20 minutes). Ensuite, une séance d'information psychoéducative aura lieu pour vous permettre de bien comprendre le stress, les mécanismes biologiques, le principe derrière le biofeedback et les techniques de respiration utiles à la gestion du stress (environ 20 minutes).

Vous serez ensuite affecté au hasard à l'une des trois conditions suivantes : 1) contrôle ou 2) utilisation du biofeedback en réalité virtuelle sans la présence d'une tâche stressante ou 3) utilisation du biofeedback en réalité virtuelle avec la présence d'une tâche stressante. Avant de procéder à l'expérimentation, le responsable du projet vous guidera pour installer l'équipement servant à enregistrer votre rythme cardiaque. Une fois l'équipement installé, celui-ci vous demandera de demeurer au repos en position assise pour une durée de 2 minutes afin d'effectuer la mesure du niveau de votre activation physiologique de base. Par la suite, vous participerez à une tâche d'arithmétique à l'ordinateur (environ 15 minutes). Vous effectuerez ensuite la tâche assignée dans votre condition expérimentale cible (une des trois conditions énumérées ci-dessus) pour une durée de 15 minutes.

Dans la condition contrôle, nous vous demanderons de pratiquer les techniques de respirations contrôlées.

Si vous êtes dans la condition BIO-RV, nous vous demanderons de pratiquer les techniques de respirations avec le casque de réalité virtuelle dans un environnement virtuel de forêt. Vos mesures physiologiques seront indiquées dans le casque afin de vous aider à mieux réguler votre rythme cardiaque.

Si vous êtes dans la condition BIO-RV-STR, nous vous demanderons de pratiquer les techniques de respirations avec le casque de réalité virtuelle, tout en jouant à un jeu vidéo. Vos mesures physiologiques seront indiquées dans le casque afin de vous aider à mieux réguler votre rythme cardiaque.

Une fois votre tâche expérimentale terminée, vous effectuerez la même tâche d'arithmétique à l'ordinateur réalisée au préalable (environ 15 minutes). En terminant, vous remplirez de nouveau quelques questionnaires ayant pour but de comparer votre état présent à celui qui précédait l'expérimentation (environ 20 minutes).

Confidentialité et diffusion des résultats

La confidentialité des données recueillies dans le cadre de ce projet de recherche sera assurée conformément aux lois et règlements applicables dans la province de Québec et aux règlements et politiques de l'Université du Québec en Outaouais*. Les données recueillies ne pourront en aucun cas mener à votre identification. Votre confidentialité sera assurée puisque tous les questionnaires sont identifiés à l'aide d'un code alphanumérique. Les résultats de la recherche ne permettront pas non plus de vous identifier. Ceux-ci seront diffusés dans des publications scientifiques et des conférences et seuls les résultats de groupes seront présentés.

Les données recueillies seront conservées sous clé dans un classeur à l'Université du Québec en Outaouais et seul le responsable de projet, ses assistants ainsi que le directeur de recherche y auront accès. Les données informatiques seront conservées dans un ordinateur protégé par un mot de passe et dans une salle verrouillée que seul le responsable de projet, ses assistants ainsi que le directeur de recherche auront accès. Elles seront détruites 5 ans suivant la fin de l'étude et ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document.

*Notamment à des fins de contrôle, et de vérification, vos données de recherche pourraient être consultées par le personnel autorisé de l'UQO, conformément au *Règlement relatif à l'utilisation des ressources informatiques et des télécommunications*.

Participation et évaluation des risques

Votre participation à cette étude se fait sur une base volontaire. Une compensation monétaire sous forme de carte-cadeau *Amazon* d'une valeur de 30 \$ vous sera offerte pour participer à l'étude. Vous êtes entièrement libre de participer ou non, et de vous retirer en tout temps sans préjudice ***et sans avoir à vous justifier***. Toutefois, si vous vous retirez de l'étude, vos données seront tout de même conservées pendant cinq ans.

Les risques associés à votre participation sont ***plus que minimaux (légers)*** et le chercheur s'engage à mettre en œuvre les moyens nécessaires pour les réduire ou les pallier. ***Les inconvénients associés à ce projet de recherche sont liés à un certain risque d'inconfort. En effet, vous pourriez ressentir de courts épisodes modérés de stress lors des tâches de l'étude. Toutefois, ceux-ci ne comportent pas de danger. Si le stress ressenti durant l'expérimentation est trop inconfortable***, vous pouvez vous retirer en tout temps de l'étude. Par ailleurs, il est à noter que le responsable du projet est candidat au doctorat en psychologie clinique, formée pour intervenir advenant un inconfort important ou un malaise. En cas de difficultés prolongées suite à une séance, des références vers les ressources appropriées vous seront transmises (dont le Centre

Info-Santé 8-1-1 ; ou le Centre d'aide 24/7, téléphone : 819-595-9999 ; ou Tel-Aide Outaouais, téléphone : 819-776-2649).

De plus, l'utilisation de la réalité augmentée peut occasionner chez certaines personnes des malaises. Les symptômes sont temporaires et peuvent impliquer une fatigue visuelle, une vision embrouillée ou des maux de tête. Si ces malaises deviennent trop inconfortables pour vous, vous pourrez cesser la séance en tout temps, et ce, sans préjudice.

Normes sanitaires COVID-19

Afin d'éliminer tout risque de contagion, nous avons adopté les mesures suivantes :

- Utilisation de gel désinfectant pour les participantes et les assistants de recherche ;
- Utilisation des salles de grandeur appropriée pour garantir une distance physique de 2 mètres ;
- Désinfection avant et après chaque séance ;
- Utilisation du CLEANBOX CX1 : <https://www.cleanboxtech.com/cx-series>
- Collecte de données (questionnaires) en ligne, sur la plateforme LimeSurvey.

Si vous avez un doute sur votre état de santé ou si vous ressentez les symptômes associés à la COVID-19 (une toux, une fièvre, un essoufflement et des difficultés respiratoires, ou encore une perte soudaine de l'odorat sans congestion nasale, avec ou sans perte de goût), l'Agence de la santé publique du Canada recommande vivement à toute personne qui présente l'un de ces symptômes de S'ISOLER chez elle ou dans un endroit convenable.

Accès au chercheur et procédure d'urgence

Si vous avez des questions concernant ce projet de recherche, communiquez avec Charles-Étienne Leclerc-Therrien, responsable du projet, par courriel à l'adresse suivante : lecc19@uqo.ca. Ce projet est réalisé dans le cadre d'un essai doctoral sous la direction de Stéphane Bouchard, professeur du département de psychoéducation et de psychologie de l'UQO. Il peut être joint au (819) 595-3900 poste 2360 ou par courriel à l'adresse : stephane.bouchard@uqo.ca. Si vous avez des questions concernant les aspects éthiques de ce projet, communiquez avec André Durivage, président du Comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec en Outaouais au (819) 595-3900, poste 1781 ou par courriel (andre.durivage@uqo.ca)

Votre signature atteste que vous avez clairement compris les renseignements concernant votre participation au projet de recherche et indique que vous acceptez d'y participer. Elle ne signifie pas que vous acceptez d'aliéner vos droits et de libérer les chercheurs ou les responsables de leurs responsabilités juridiques ou professionnelles. Vous êtes libre de vous retirer en tout temps de l'étude sans préjudice. Votre participation devant être aussi éclairée que votre décision initiale de participer au projet, vous devez en connaître tous les tenants et aboutissants au cours du déroulement de la recherche. En conséquence, vous ne devrez jamais hésiter à demander des éclaircissements ou de nouveaux renseignements au cours du projet.

Après avoir pris connaissance des renseignements concernant ma participation à ce projet de recherche, j'appose ma signature signifiant que j'accepte librement d'y participer. Le formulaire est signé en deux exemplaires et j'en conserve une copie.

Nom du participant : _____

Signature du participant : _____

Date : _____

Responsable de projet : _____

Signature du responsable de projet : _____

Date : _____

Annexe B – Questionnaires

Questionnaire 1

Questionnaire à remplir avant le début de l'expérimentation.
Il y a 15 questions dans ce questionnaire.

Données sociodémographiques

À quel genre vous identifiez-vous? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Femme
- Homme
- Autre

Quel âge avez-vous? *

Veillez écrire votre réponse ici :

Quel est votre dernier niveau de scolarité réussi ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Secondaire non complété
- Secondaire complété
- Études collégiales complétées
- Baccalauréat complété
- Études supérieures complétées

Nationalité/Groupe ethnique :

Veillez écrire votre réponse ici :

Quel est votre statut socio-économique ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Faible (moins de 20 000 \$)
- Moyen (20 000 \$ - 50 000 \$)
- Élevé (Plus de 50 000 \$)

Quel est votre état civil ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Célibataire
- Conjoint(e) de fait
- Marié(e)
- Séparé(e)/Divorcé(e)
- Veuf (ve)

À quelle fréquence jouez-vous à des jeux vidéo ? (ordinateur, console de jeu et téléphone intelligent)

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Jamais
- Occasionnellement
- Quelques fois par semaine
- À chaque jour
- Plusieurs heures par jour

Quel est votre niveau de compétence dans les jeux vidéo? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

Pas vraiment compétent(e)

Un peu compétent(e)

Moyennement compétent(e)

Assez compétent(e)

Très compétent(e)

Brief-COPE

Ce questionnaire vous demande d'indiquer comment vous vous sentez et ce que vous faites lorsque vous expérimentez des situations stressantes. Évidemment, différentes situations entraînent différentes réponses, mais pensez à ce que vous faites généralement lorsque vous vivez beaucoup de stress. Il n'y a pas de bonnes ou mauvaises réponses, choisissez simplement ce qui est le plus représentatif pour vous. Pour ce faire, vous devez utiliser le choix de réponses suivant :

1. Pas du tout 2. De temps en temps 3. Souvent 4. Toujours *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout	De temps en temps	Souvent	Toujours
Je me suis tourné(e) vers le travail ou d'autres activités pour me changer les idées.				
Je me suis tourné(e) vers le travail ou d'autres activités pour me changer les idées.				
Je me suis dit que ce n'était pas réel.				
J'ai consommé de l'alcool ou d'autres substances pour me sentir mieux.				
J'ai recherché un soutien émotionnel de la part des autres.				
J'ai renoncé à essayer de résoudre une situation.				
J'ai essayé de trouver du réconfort dans ma religion ou dans des croyances spirituelles.				
J'ai accepté la réalité de ma nouvelle situation.				
J'ai évacué mes sentiments déplaisants en en parlant.				
J'ai cherché l'aide et le conseil d'autres personnes.				
J'ai essayé de voir la situation sous un jour plus positif.				
Je me suis critiqué(e).				
J'ai essayé d'élaborer une stratégie à propos de ce qu'il y avait à faire.				

J'ai cherché le soutien et la compréhension de quelqu'un.				
J'ai abandonné l'espoir de faire face.				
J'ai pris la situation avec humour.				
J'ai fait quelque chose pour moins y penser (comme aller au cinéma, regarder la TV, lire, rêver tout éveiller, dormir ou aller magasiner).				
J'ai exprimé mes sentiments négatifs.				
J'ai essayé d'avoir des conseils ou de l'aide d'autres personnes à propos de ce qu'il fallait faire.				
J'ai concentré mes efforts pour résoudre ma situation.				
J'ai refusé de croire que ça m'arrivait.				
J'ai consommé de l'alcool ou d'autres substances pour m'aider à traverser la situation.				
J'ai appris à vivre dans ma nouvelle situation.				
J'ai planifié les étapes à suivre.				
Je me suis reproché(e) les choses qui m'arrivaient.				
J'ai recherché les aspects positifs dans ce qu'il m'arrivait.				
J'ai prié ou médité.				
Je me suis amusé(e) de la situation.				

SCOPE

Veillez indiquer à quel point chacun des items représente les buts que vous poursuivez en général dans votre vie.

Comme personne, mon but en général dans la vie est...*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout	Très peu	Un peu	Modérément	Assez	Très fortement	Totalement
... d'avoir de très bonnes performances							
... d'être une personne compétente							
... d'accomplir de grandes choses							
... d'être très productif (ve)							
... d'être une personne très habile							

... de produire un travail de grande qualité							
... d'atteindre des buts difficiles, mais réalistes							
... de réussir à apprendre des choses difficiles							
... d'atteindre l'excellence							
... de très bien performer							
... de travailler très fort jusqu'à atteindre l'excellence							
... d'avoir des performances parfaites							
... d'être une personne parfaite							
... d'accomplir de grandes choses à la perfection							
... d'être extrêmement productif (ve) en tout temps							
... d'être une personne sans défauts							
... de produire un travail sans erreurs							
... d'atteindre la perfection							
... d'apprendre des choses difficiles à la perfection							
... de parvenir à la perfection							
... de performer à la perfection							
... de travailler sans relâche jusqu'à atteindre la perfection							

IRA

Lisez attentivement les 12 affirmations. Après avoir lu l'affirmation, choisissez à quel degré cette affirmation vous correspond le mieux de manière générale. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Faux	Surtout faux	Moyennement vrai	Surtout vrai	Vrai
Je pense moins à moi-même et à mes problèmes quand je suis à une fête.					
Je me sens mieux dans ma peau après avoir participé à une activité vivifiante.					
J'ai tendance à aller plus souvent à des fêtes lorsque je suis « sous pression ».					
J'ai plus conscience de moi-même lorsque je pratique des activités à sensations fortes.					
J'ai plus conscience de mon corps lorsque je pratique des activités à sensations fortes.					
J'aime les gens très fêtards.					
Les activités à sensations fortes me donnent un sentiment d'accomplissement.					
Quand je veux me détendre, j'aime bien boire quelques verres et augmenter le volume de mon système de son.					
Quand je fais quelque chose d'excitant ou à sensations fortes, je me concentre sur l'activité et les sensations fortes que j'en retire.					
Consommer de la drogue ou de l'alcool est un moyen de ne plus penser à moi-même pour un moment.					
Habituellement lorsque je pratique des activités à sensations fortes, j'en apprécie le souvenir longtemps après.					
Quand je prends des risques, je me laisse aller plus que d'habitudes.					

Perceived Stress Scale

Il faut répondre le plus spontanément possible, cocher une seule réponse par question en indiquant la réponse qui paraît la plus proche de la réalité dans le choix proposé. Certaines questions sont proches, mais il existe des différences entre elles.

Au cours du dernier mois... *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Jamais	Presque jamais	Parfois	Assez souvent	Souvent
Avez-vous été dérangé(e) par un événement inattendu ?					
Combien de fois vous a-t-il semblé difficile de contrôler les choses importantes de votre vie ?					
Combien de fois vous êtes-vous senti(e) nerveux (se) ou stressé(e) ?					
Combien de fois vous êtes-vous senti(e) confiant(e) à prendre en main vos problèmes personnels ?					
Combien de fois avez-vous senti que les choses allaient comme vous le vouliez ?					
Combien de fois avez-vous pensé que vous ne pouviez pas assumer toutes les choses que vous deviez faire ?					
Combien de fois avez-vous été capable de maîtriser votre énervement ?					
Combien de fois avez-vous senti que vous dominiez la situation ?					
Combien de fois vous êtes-vous senti(e) irrité(e) parce que les événements échappaient à votre contrôle ?					
Combien de fois avez-vous trouvé que les difficultés s'accumulaient à un tel point que vous ne pouviez les contrôler ?					

CSE

Généralement, lorsque les choses ne vont pas bien pour vous, ou lorsque vous avez des problèmes, dans quelle mesure êtes-vous confiant(e) ou certain(e) de pouvoir : *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	0- Je ne peux pas le faire du tout	1	2	3	4	5- Moyennement certain(e) que je peux le faire	6	7	8	9	10- Certain(e) que je peux le faire
Ne pas se laisser abattre.											
Se parler positivement.											

Faire le tri entre ce qui peut être changé et ce qui ne peut être changé.											
Obtenir un soutien émotionnel de ses amis et de sa famille.											
Trouver des solutions à vos problèmes les plus difficiles.											
Décomposer un problème en plusieurs parties.											
Laisser place à d'autres options lorsque les choses deviennent stressantes.											
Établir un plan d'action et le suivre lorsque confronté à un problème.											
Développer de nouveaux passe-temps ou loisirs.											
Chasser les pensées désagréables de votre esprit.											
Chercher quelque chose de bon dans une situation négative.											
Éviter de se sentir triste.											
Voir les choses du point de vue de l'autre personne lors qu'une discussion animée.											
Essayer d'autres solutions à vos problèmes si vos premières solutions											

ne fonctionnent pas.												
Cesser de s'embêter par des pensées désagréables.												
Se faire de nouveaux amis.												
Vous faire aider par des amis pour les choses dont vous avez besoin.												
Faire quelque chose de positif pour vous-même lorsque découragé.												
Faire disparaître les pensées désagréables.												
Penser à une partie du problème à la fois.												
Visualiser une activité ou un lieu agréable.												
Éviter de vous sentir seul.												
Prier ou méditer.												
Obtenir un soutien émotionnel auprès d'organisation ou de ressources communautaires.												
Tenir bon et se battre pour ce que vous voulez.												
Résister à l'impulsion d'agir à la hâte lorsque sous pression.												

PANAS

Ce questionnaire contient des adjectifs qui décrivent des sentiments et des émotions. Lisez chacun de ces adjectifs. Pour chacun de ces adjectifs, vous devez indiquer à quel il

décrit comment vous vous sentez présentement. Il n'y a pas de bonnes ou mauvaises réponses, il s'agit seulement de savoir comment vous sentez présentement. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout	Peu	Modérément	Beaucoup	Énormément
Intéressé(e)					
Angoissé(e)					
Excité(e)					
Fâché(e)					
Fort(e)					
Coupable					
Effrayé(e)					
Hostile					
Enthousiaste					
Fier(e)					
Irrité(e)					
Alerte					
Honteux (se)					
Inspiré(e)					
Nerveux (se)					
Déterminé(e)					
Attentif (ve)					
Agité(e)					
Actif (ve)					
Crainitif (ve)					

MSP

Cochez la case qui indique le mieux le degré auquel chaque affirmation s'applique à vous en ce moment. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout	Pas vraiment	Très peu	Un peu	Quelque peu	Pas mal	Beaucoup	Énormément
Je suis détendu(e)								
Je me sens débordé(e) ; j'ai l'impression de manquer de temps.								
J'ai des douleurs physiques : maux de tête, maux de dos, mal à la								

nuque, maux de ventre.								
Je me sens préoccupé(e), tourmenté(e) ou anxieux (se).								
Je ne sais plus où j'en suis, je n'ai pas les idées claires, je manque d'attention et de concentration.								
Je me sens plein(e) d'énergie, en forme.								
Je sens peser un grand poids sur mes épaules.								
Je contrôle mal mes réactions, mes émotions mes humeurs et mes gestes.								
Je suis stressé(e).								

Envoyer votre questionnaire.
 Merci d'avoir rempli ce questionnaire.

Questionnaire 2

Il y a 1 question dans ce questionnaire.

MSP

Cochez la case qui indique le mieux le degré auquel chaque affirmation s'applique à vous en ce moment. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout	Pas vraiment	Très peu	Un peu	Quelque peu	Pas mal	Beaucoup	Énormément
Je suis détendu(e)								
Je me sens débordé(e) ; j'ai l'impression de								

manquer de temps.								
J'ai des douleurs physiques : maux de tête, maux de dos, mal à la nuque, maux de ventre.								
Je me sens préoccupé(e), tourmenté(e) ou anxieux (se).								
Je ne sais plus où j'en suis, je n'ai pas les idées claires, je manque d'attention et de concentration.								
Je me sens plein(e) d'énergie, en forme.								
Je sens peser un grand poids sur mes épaules.								
Je contrôle mal mes réactions, mes émotions mes humeurs et mes gestes.								
Je suis stressé(e).								

Envoyer votre questionnaire.
 Merci d'avoir rempli ce questionnaire.

Questionnaire 3

Il y a 1 question dans ce questionnaire.

MSP

Cochez la case qui indique le mieux le degré auquel chaque affirmation s'applique à vous en ce moment. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout	Pas vraiment	Très peu	Un peu	Quelque peu	Pas mal	Beaucoup	Énormément
Je suis détendu(e)								
Je me sens débordé(e) ; j'ai l'impression de manquer de temps.								
J'ai des douleurs physiques : maux de tête, maux de dos, mal à la nuque, maux de ventre.								
Je me sens préoccupé(e), tourmenté(e) ou anxieux (se).								
Je ne sais plus où j'en suis, je n'ai pas les idées claires, je manque d'attention et de concentration.								
Je me sens plein(e) d'énergie, en forme.								
Je sens peser un grand poids sur mes épaules.								
Je contrôle mal mes réactions, mes émotions mes humeurs et mes gestes.								
Je suis stressé(e).								

Envoyer votre questionnaire.
 Merci d'avoir rempli ce questionnaire.

Questionnaire 4

Il y a 3 questions dans ce questionnaire.

MSP

Cochez la case qui indique le mieux le degré auquel chaque affirmation s'applique à vous en ce moment. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout	Pas vraiment	Très peu	Un peu	Quelque peu	Pas mal	Beaucoup	Énormément
Je suis détendu(e)								
Je me sens débordé(e) ; j'ai l'impression de manquer de temps.								
J'ai des douleurs physiques : maux de tête, maux de dos, mal à la nuque, maux de ventre.								
Je me sens préoccupé(e), tourmenté(e) ou anxieux (se).								
Je ne sais plus où j'en suis, je n'ai pas les idées claires, je manque d'attention et de concentration.								
Je me sens plein(e) d'énergie, en forme.								
Je sens peser un grand poids sur mes épaules.								
Je contrôle mal mes réactions, mes émotions mes humeurs et mes gestes.								
Je suis stressé(e).								

CSE

Généralement, lorsque les choses ne vont pas bien pour vous, ou lorsque vous avez des problèmes, dans quelle mesure êtes-vous confiant(e) ou certain(e) de pouvoir : *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	0- Je ne peux pas le faire du tout	1	2	3	4	5- Moyennement certain(e) que je peux le faire	6	7	8	9	10- Certain(e) que je peux le faire
Ne pas se laisser abattre.											
Se parler positivement.											
Faire le tri entre ce qui peut être changé et ce qui ne peut être changé.											
Obtenir un soutien émotionnel de ses amis et de sa famille.											
Trouver des solutions à vos problèmes les plus difficiles.											
Décomposer un problème en plusieurs parties.											
Laisser place à d'autres options lorsque les choses deviennent stressantes.											
Établir un plan d'action et le suivre lorsque confronté à un problème.											
Développer de nouveaux passe-temps ou loisirs.											
Chasser les pensées désagréables de votre esprit.											
Chercher quelque chose de bon dans											

une situation négative.																				
Éviter de se sentir triste.																				
Voir les choses du point de vue de l'autre personne lors qu'une discussion animée.																				
Essayer d'autres solutions à vos problèmes si vos premières solutions ne fonctionnent pas.																				
Cesser de s'embêter par des pensées désagréables.																				
Se faire de nouveaux amis.																				
Vous faire aider par des amis pour les choses dont vous avez besoin.																				
Faire quelque chose de positif pour vous-même lorsque découragé.																				
Faire disparaître les pensées désagréables.																				
Penser à une partie du problème à la fois.																				
Visualiser une activité ou un lieu agréable.																				
Éviter de vous sentir seul.																				
Prier ou méditer.																				
Obtenir un soutien émotionnel auprès d'organisation ou de ressources communautaires.																				

Tenir bon et se battre pour ce que vous voulez.											
Résister à l'impulsion d'agir à la hâte lorsque sous pression.											

PANAS

Ce questionnaire contient des adjectifs qui décrivent des sentiments et des émotions. Lisez chacun de ces adjectifs. Pour chacun de ces adjectifs, vous devez indiquer à quel il décrit comment vous vous sentez présentement. Il n'y a pas de bonnes ou mauvaises réponses, il s'agit seulement de savoir comment vous vous sentez présentement. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout	Peu	Modérément	Beaucoup	Énormément
Intéressé(e)					
Angoissé(e)					
Excité(e)					
Fâché(e)					
Fort(e)					
Coupable					
Effrayé(e)					
Hostile					
Enthousiaste					
Fier(e)					
Irrité(e)					
Alerte					
Honteux (se)					
Inspiré(e)					
Nerveux (se)					
Déterminé(e)					
Attentif (ve)					
Agité(e)					
Actif (ve)					
Crainitif (ve)					

Envoyer votre questionnaire.

Merci d'avoir rempli ce questionnaire.

Annexe C – Manuel d'intervention et instructions standardisées

Ce document présente en détail la rencontre d'approximativement 2 h à laquelle les participants seront appelés à se présenter.

Préparation avant l'accueil

1. Assigner un numéro de dossier et une condition au participant (initiales et numéro du participant)
2. Préparer le formulaire de consentement
3. Préparer les questionnaires Monkeysurvey
4. Préparer l'équipement physiologique et immersif
5. Préparer la tâche du MIST

Accueil du participant (5 minutes)

Expliquer le projet et faire lire et signer le formulaire de consentement. Répondre aux questions au besoin.

Questionnaire préintervention (20 minutes)

Complétion de questionnaires autorapportés : Dans un premier temps, les participants devront remplir le « Questionnaire 1 ». Cette étape se déroule sur la plateforme Monkeysurvey.

Séance de psychoéducation (15 minutes)

Période de question et psychoéducation : Cette période informelle de questions aura pour but de permettre aux participants d'exprimer leurs inquiétudes, de comprendre les mécanismes sous-jacents du stress et le rationnel derrière les techniques de respiration diaphragmatique et du biofeedback. Il sera également question de pratiquer la respiration diaphragmatique à la suite de la séance de psychoéducation.

Installation des mesures physiologique et de biofeedback (5 minutes)

Installation de l'équipement : Avant de procéder à l'immersion, le responsable du projet expliquera aux participants comment installer l'équipement servant à enregistrer le rythme cardiaque. Pour ce faire, les participants installeront une bande élastique recouverte de tissus autour de leur cage thoracique, sous leur chandail. Cette étape se déroule dans le bureau du chercheur. Un bracelet mesurant le rythme cardiaque pour le biofeedback sera également installé. Une fois l'équipement installé, on leur demande de demeurer au repos en position assise pour une durée d'une à deux minutes afin d'effectuer la mesure de leur niveau d'activation physiologique de base. Par la suite, nous les aiderons à installer l'équipement nécessaire à l'expérimentation.

Tâche MIST et instruction (20 minutes)

« Nous effectuerons maintenant une tâche de mathématique à l'ordinateur. Il y aura une période de pratique pour vous familiariser avec le programme. Lisez bien les instructions à l'écran. Durant cette période, je ne pourrai pas vous aider en répondant aux questions. »

Entre chaque bloc, l'expérimentateur va offrir une rétroaction plutôt négative en faisant jouer un enregistrement selon la performance du participant.

Suite à la tâche MIST, administration du « Questionnaire 2 »

Enregistrement parlé selon la moyenne de bonne réponse du participant à la tâche MIST

0-40 %

« Vous faites énormément d'erreurs. Vous êtes vraiment sous la moyenne des autres participants, vous devrez donc faire un effort pour vous améliorer, sinon on risque de ne pas pouvoir garder vos résultats. Réfléchissez plus vite ! »

40-50 %

« Vous faites beaucoup d'erreurs. On s'attendait à mieux ! Vous devrez faire plus d'efforts pour vous rapprocher de la moyenne des autres participants. Essayer de réfléchir plus vite. »

50-70 %

« Vous faites plusieurs erreurs. Vous avez des résultats acceptables, mais vous êtes toujours sous la moyenne des autres participants. »

70-100 %

« Vous faites peu d'erreurs. Ces résultats sont excellents. Vous vous situez dans la moyenne des autres participants. »

Expérimentation et instructions (20 minutes)

Assignation aléatoire : Les participants seront ensuite assignés aléatoirement dans l'une des trois conditions expérimentales suivantes :

Instruction d'immersion selon la condition

Groupe contrôle

« Aujourd'hui, vous faites partie du groupe contrôle, nous ne ferons donc pas d'intervention spécifique. Cependant, nous étudions le biofeedback en réalité virtuelle. Nous captions vos mesures physiologiques à l'aide d'un capteur cardiaque. Vous aurez à votre disposition une revue pour lire durant 15 minutes. Nous vous demandons de minimiser les interactions avec l'expérimentateur afin de ne pas biaiser vos mesures physiologiques. »

Groupe BIO-RV (sans stress)

« Aujourd'hui, nous étudions le biofeedback en réalité virtuelle. Nous captions vos mesures physiologiques à l'aide d'un capteur cardiaque. Le biofeedback va servir à vous aider à prendre conscience de votre corps et porter attention à leurs marqueurs de stress. Lorsqu'une brume commencera à obstruer votre vue, cela veut dire que votre niveau de stress augmente. Vous pouvez utiliser la technique de respiration contrôlée que nous avons pratiquée ensemble afin de réduire votre niveau de stress. Ainsi, la brume dans la lunette disparaîtra et vous pourrez continuer de vaguer à votre occupation. Vous vous promènerez dans un environnement virtuel de forêt. Il n'y a pas de surprise ou de moment conçu pour être stressant dans l'environnement, donc vous pouvez vous concentrer à explorer et relaxer. »

Groupe BIO-RV-STR (avec stress)

« Aujourd'hui, nous étudions le biofeedback en réalité virtuelle. Nous captions vos mesures physiologiques à l'aide d'un capteur cardiaque. Le biofeedback va servir à vous aider à prendre conscience de votre corps et porter attention à leurs marqueurs de stress. Lorsqu'une brume

commencera à obstruer votre vue, cela veut dire que votre niveau de stress augmente. Vous pouvez utiliser la technique de respiration contrôlée que nous avons pratiquée ensemble afin de réduire votre niveau de stress. Ainsi, la brume dans la lunette disparaîtra et vous pourrez continuer d'accomplir la tâche assignée. Aujourd'hui, vous allez jouer à un jeu simple qui vous demande de déplacer une forme géométrique de gauche à droite afin de la placer dans la case appropriée. La gâchette droite sert à envoyer la forme à droite, et même chose pour la gâchette gauche. Vous avez autant d'essais que vous le souhaitez durant les 15 prochaines minutes. Essayez de faire le plus de points possible ! »

Instructions de l'expérimentateur (toutes conditions confondues)

0 : 00 — « Durant les 15 prochaines minutes, vous pourrez accomplir la tâche qui vous a été assignée... Rappelez-vous des techniques de respiration que nous avons pratiquées. »

2 : 00 — « Si vous ressentez un stress, rappelez-vous des techniques de respiration que nous avons pratiquées. Prenez une posture confortable et prenez de bonnes inspirations avec votre ventre. Respirez avec un rythme naturel pour vous, ce qui vous permettra de vous détendre et de vous détendre. »

5 : 00 — « Il reste 10 minutes à votre tâche. N'oubliez pas de prendre de bonnes respirations si vous en ressentez le besoin. »

10 : 00 — « Il reste maintenant 5 minutes à votre tâche. N'oubliez pas de prendre de bonnes respirations si vous en ressentez le besoin. »

14 : 00 — « Nous sommes maintenant à la dernière minute de la tâche. »

15 : 00 — « C'est maintenant terminé. Vous pouvez cesser de faire la tâche que vous accomplissez. Nous allons maintenant prendre le temps de passer un troisième questionnaire. »

Suite à l'expérimentation, passation du « Questionnaire 3 »

Tâche MIST 2 et instructions (20 minutes)

« Nous effectuons maintenant la même tâche de mathématique à l'ordinateur. Celle-ci se déroulera comme la première fois. Il y aura une période de pratique de 5 minutes pour vous familiariser. Lisez bien les instructions à l'écran. Durant cette période je ne pourrai pas vous aider en répondant aux questions. »

Remplir les questionnaires et répondre aux questions (15 minutes)

Passation du « Questionnaire 4 ».

Retrait des appareils physiologiques et donner la rémunération au participant (5 minutes)

Ne pas oublier de signer la facture.

Annexe D – Document de psychoéducation sur la respiration diaphragmatique

Le stress et la gestion du stress

Charles-Étienne Leclerc-Therrien
&
Anne Pereira

1

© Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO (Université de Québec en Outaouais)

Le stress

Le stress est un ensemble de réponses produites par l'organisme lorsqu'il rencontre une situation qui lui demande un effort d'adaptation.



2

© Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO (Université de Québec en Outaouais)

Le stress

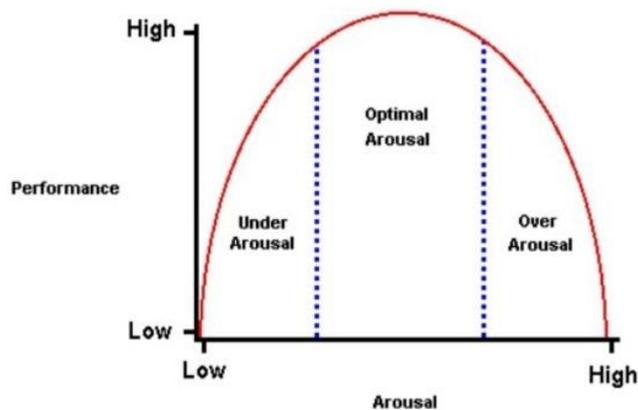
Le stress peut être vécu avec des réactions positives: motivation, persévérance et intérêt.

Il peut également être vécu négativement: angoisse, peur, irritabilité et douleurs.

Il sert à mobiliser nos ressources pour mieux performer, mais on peut se sentir dépassé par les événements.

Au contraire, un manque de stress pourrait se traduire par un manque de motivation!

Il faut viser l'équilibre!



Le stress est donc une réaction normale et même souhaitable!

Gestion du stress

Pour gérer efficacement son stress, on doit :

- Reconnaître les signaux envoyés par l'organisme.
- Identifier les agents stressants qui les provoquent.

Les signaux de l'organisme

(Centre d'étude du stress humain)

Les réactions du corps nous préparaient autrefois à combattre ou fuir :

Système cardiovasculaire	Système respiratoire	Système musculaire	Sens
<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation des battements cardiaques. - Augmentation de la pression artérielle. <p>*Facilitation du flot sanguin vers le cœur et les muscles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ouverture des organes respiratoires. - Respiration accéléré et approfondie. <p>*Oxygénation dans le sang.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation du tonus des muscles - Contraction des muscles. <p>*Envoie d'adrénaline pour que le corps soit prêt à réagir.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dilatation des pupilles pour augmenter la vision - Dressage des poils pour rendre la peau plus sensible au toucher. <p>*Aiguillage des sens pour nous garder alerte.</p>

Aujourd'hui, il est peu commun d'être en situation de survie, donc ces réactions sont souvent plus déroutantes que nécessaires.

Les agents stressants

On ne peut pas toujours éviter les situations stressantes, donc il peut être utile de connaître quelques moyens rapides pour combattre les symptômes du stress.

Ex.: une situation inattendue, un examen, un entrevue d'emploi, une compétition sportive, etc.

Recette du stress (Centre d'étude du stress humain)

L'acronyme **C.I.N.É.** nous aide à nous rappeler la recette du stress

CONTRÔLE FAIBLE	Avoir aucun ou très peu de contrôle sur la situation.
IMPRÉVISIBILITÉ	Quelque chose de complètement inattendu se produit. Ne pas savoir à l'avance ce qui va se produire.
NOUVEAUTÉ	Quelque chose de nouveau jamais expérimenté se produit.
ÉGO MENACÉ	Nos compétences et notre égo sont mis à l'épreuve. On doute de nos capacités.

Lorsque nous anticipons ou faisons face à une situation qui nous englobe un ou plusieurs ingrédients de cette recette, nous *sécrétions tous des hormones du stress*.
Les ingrédients du stress sont **additifs**. Plus il y a d'éléments du **C.I.N.É.** qui caractérisent une situation, plus la situation est stressante .

Les techniques de gestion du stress

- La restructuration cognitive
- La résolution de problème
- Le soutien social
- Le biofeedback
- La relaxation

La respiration diaphragmatique est une technique de relaxation.

Biofeedback

Le biofeedback est un outil qui permet à son utilisateur d'altérer ses comportements à l'aide d'une rétroaction explicite sur sa physiologie, notamment son rythme cardiaque.

L'objectif est de permettre le développement d'une plus grande conscience de soi et du contrôle sur ses processus physiologique (Schwartz & Andrasik, 2003).

La respiration diaphragmatique

La respiration diaphragmatique peut servir à diminuer les émotions négatives et les symptômes du stress (Jerath et al., 2015).

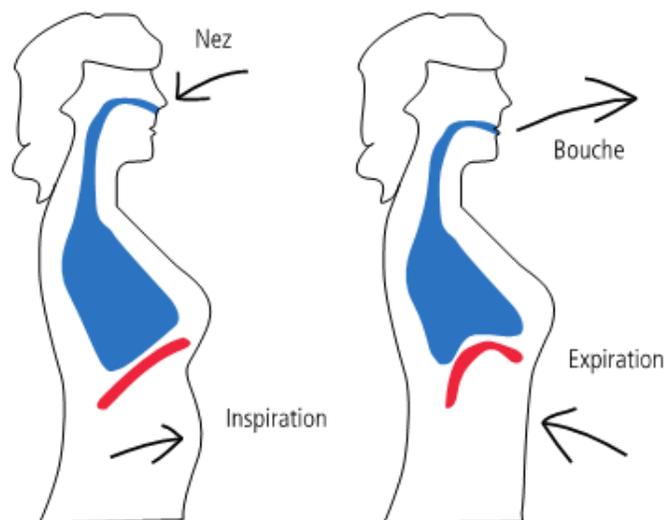
Elle aide à maintenir une attention soutenue pour maintenir un niveau de performance sur une période donnée (Ma et al., 2017).

Respiration diaphragmatique

Lorsqu'on est stressé, on a plutôt tendance à avoir une respiration thoracique. Ce type de respiration est *peu profonde, moins efficace* et s'accompagne de *tensions musculaires*.

La respiration diaphragmatique est plus *lente* et *profonde*, amène *plus d'oxydation*, plus de *détente musculaire* et diminue le risque d'hyperventilation.

Respiration diaphragmatique



La respiration diaphragmatique

Étapes

1. Fermer les yeux et trouver une position confortable.
2. Poser une main sur l'abdomen et l'autre sur la poitrine.
3. Inspirer lentement par le nez durant 5 secondes, puis retenir son souffle pour 5 autres secondes. Expirer lentement pendant 5 autres secondes.
4. On peut répéter l'exercice quelques fois afin de conserver un rythme de respiration favorisant la détente.

Période de pratique!

Ressource intéressante!



L'application gratuite
Respirelax+ est un bon outil
pour continuer à pratiquer la
respiration diaphragmatique!

Annexe E – reçu de participation

Je, _____, confirme avoir reçu pour ma participation au projet sur la gestion du stress en réalité virtuelle du laboratoire de cyberpsychologie une carte-cadeau *Amazon* d'une valeur de 30 \$.

Signature du participant

Signature du chargé de projet

