

Table des matières

Résumé.....	i
Remerciements.....	ii
Liste des figures.....	v
Liste des tableaux.....	vi
Liste des abréviations.....	vii
Introduction.....	1
Chapitre 1 : Revue de littérature.....	3
1.1 Anxiété.....	3
1.1.1 Origines physiologiques de l'anxiété.....	3
1.1.2 Instruments de mesure.....	4
1.2 Perception de fatigue.....	5
1.2.1 Causes de la perception de fatigue.....	6
1.2.2 La fatigue comme système de régulation.....	7
1.2.3 Instruments de mesure.....	7
1.3 Variabilité du rythme cardiaque.....	8
1.3.1 Mesures de la variabilité du rythme cardiaque.....	11
1.3.2 Analyses temporelles.....	11
1.3.3 Analyses de fréquences.....	12
1.3.4 Intervalle R-R.....	14
1.4 Interaction entre l'anxiété, la perception de fatigue et la variabilité du rythme cardiaque ..	15
1.5 Hypothèses.....	16
Chapitre 2 Méthodologie.....	17
2.1 Devis.....	17
2.2 Participants.....	17
2.2.2 Critères d'inclusion.....	17
2.2.3 Critères d'exclusion.....	18
2.4 Déroulement.....	18
2.5 Instruments de mesure.....	20
2.5.1 STAI-Y.....	20
2.5.2 POMS-SF.....	21
2.5.3 Appareils.....	22

2.6 Analyse des enregistrements	22
2.7 Analyses statistiques	25
2.7.1 Méthode Roy.....	25
2.7.2 Méthode Bland et Altman.....	28
2.7.3 Liens entre la méthode Roy et Bland et Altman	32
2.8 Opérationnalisation des hypothèses	33
Chapitre 3 : Résultats	34
3.1 Résultats univariés	34
3.2 Normes	39
3.3 Corrélation de mesures répétées.....	39
3.4 Corrélation inter sujets	44
3.5 Corrélation intra sujets	48
Chapitre 4 : Discussion	52
4.1 Analyses graphiques.....	52
4.2 Méthodes comparatives	54
4.3 Estimation par modèle d'effets mixtes	56
4.3.1 Corrélation de mesures répétées	56
4.3.2 Lien entre l'anxiété et la VRC	56
4.3.3 Lien entre la perception de fatigue et la VRC	58
4.3.4 Lien entre l'anxiété et la perception de fatigue.....	59
4.5 Limites	60
Conclusion.....	63
Références.....	64
Annexe A : Formulaire de participation	73

Liste des figures

Chapitre 1

Figure 1.1 : La VRC.....	8
Figure 1.2 : Exemple de courbe sinusoïdale.....	12

Chapitre 2

Figure 2.1 A) : Enregistrement nocturne des intervalles R-R avant correction.....	23
Figure 2.1 B) : Enregistrement nocturne des intervalles R-R après correction.....	23
Figure 2.2 : Exemple fictif de droites de régression parallèles ajustées pour chaque sujet.....	29
Figure 2.3 A) : Variation totale.....	31
Figure 2.3 B) : Variation due aux sujets.....	31
Figure 2.3 C) : Variation résiduelle.....	31
Figure 2.3 D) : Variation due à la variable prédictive.....	31

Chapitre 3

Figure 3.1 A) : Résultats standardisés des moyennes quotidiennes de tous les participants pour l'anxiété et intervalle R-R moyen.....	38
Figure 3.1 B) : Résultats standardisés des moyennes quotidiennes de tous les participants pour la perception de fatigue et intervalle R-R moyen.....	38
Figure 3.1 C) : Résultats standardisés des moyennes quotidiennes de tous les participants pour l'anxiété et la perception de fatigue.....	38
Figure 3.2 A) : Nuages de points et ligne de régression des moyennes des participants de l'anxiété et l'intervalle R-R moyen.....	45
Figure 3.2 B) : Nuages de points et ligne de régression des moyennes des participants de la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen.....	45
Figure 3.2 C) : Nuages de points et ligne de régression des moyennes des participants de l'anxiété et la perception de fatigue.....	45
Figure 3.3 : Nuages de points et droites de régression parallèles entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen pour chaque participant.....	48
Figure 3.4 : Nuages de points et droites de régression parallèles entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen pour chaque participant.....	49
Figure 3.5. Nuages de points et droites de régression parallèles entre l'anxiété et la fatigue pour chaque participant.....	49

Liste des tableaux

Chapitre 3

Tableau 3.1 : Anxiété d'état quotidienne individuelle.....	35
Tableau 3.2 : Perception de fatigue quotidienne individuelle.....	36
Tableau 3.3 : Intervalle R-R moyen individuel pendant le sommeil quotidien.....	37
Tableau 3.4 : Comparaison des structures de corrélation dans le temps selon les statistiques d'ajustement AIC et BIC.....	40
Tableau 3.5 : Matrice estimée de la corrélation intra sujets entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen.....	42
Tableau 3.6 : Matrice estimée de la corrélation intra sujets entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen.....	42
Tableau 3.7 : Matrice estimée de la corrélation intra sujets entre l'anxiété et la perception de fatigue.....	43
Tableau 3.8 : Matrice estimée de la corrélation inter sujets entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen.....	46
Tableau 3.9 : Matrice estimée de la corrélation inter sujets entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen.....	47
Tableau 3.10 : Matrice estimée de la corrélation inter sujets entre l'anxiété et la perception de fatigue.....	47
Tableau 3.11 : Analyse de variance entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen.....	51
Tableau 3.12 : Analyse de variance entre la fatigue et l'intervalle R-R moyen.....	51
Tableau 3.13 : Analyse de variance entre l'anxiété et la fatigue.....	51

Liste des abréviations

Bpm = Battements par minutes

CAN = Central autonomic network

CSAI-2 = Competitive state anxiety Inventory-2

ECG = Électrocardiogramme

HF = Haute fréquence

Hz = Hertz (cycle/seconde)

LF = Basse fréquence

ms = millisecondes

ms² = millisecondes carré

pNN50 = Proportion d'intervalles normal à normal différents de plus de 50 millisecondes de l'intervalle normal à normal précédent (pNN50)

POMS = Profile of mood states

POMS – SF = Profile of mood states, version courte

SAS = Sport anxiety scale

SDANN = Variation standard des intervalles normal à normal

SDNN = Variation standard de tous les battements normal à normal

SCAT = Sport competition anxiety test

STAI-Y = State trait anxiety inventory, version Y

(RMSSD) = Racine de la moyenne carrée de la différence entre les intervalles normal à normal

RPE = Ratings of perceived exertion scale

VRC = Variabilité du rythme cardiaque

Introduction

Cette étude s'intéresse aux relations entre l'état psychologique de l'anxiété et de la perception de fatigue et un indice de l'état physiologique, soit la variabilité du rythme cardiaque. Bien que ces états soient habituellement étudiés de façons distinctes, l'étude est abordée sous l'angle interdisciplinaire de la psychophysologie. En effet, les structures et systèmes qui régulent ces états psychologique et physiologique ne sont pas mutuellement exclusifs, ce qui encourage une approche interdisciplinaire pour en étudier les relations (Thayer & Lane, 2009).

Brièvement, l'état d'anxiété est un indicateur de la perception psychologique négative de la capacité de répondre aux différentes demandes perçues par un individu (Spielberger, 1966). La perception de fatigue est un indicateur de la perception psychologique de l'état de fatigue physiologique du corps (Noakes, 2012). La VRC est un indicateur physiologique de l'adaptation du système cardiovasculaire face aux besoins de débit et de pression sanguine perçus dans l'immédiat (Appelhans & Luecken, 2006).

Puisqu'ils sont des indicateurs du même phénomène, soit de la capacité d'un individu à répondre à une demande physique ou psychologique, la variation de l'état d'anxiété ou de la perception de fatigue devrait être accompagnée par la variation de la VRC. L'aspect novateur de cette étude est d'explorer ce lien théorique par la mise en relation de ces trois variables. Plus spécifiquement, cette étude cherche à observer des corrélations entre l'anxiété, la perception de fatigue et la VRC.

De plus, il a été décidé d'observer les participants de façon longitudinale et de mesurer les variables dans un contexte propice aux variations de l'anxiété, de la perception de fatigue et de la VRC. Ces variables ont donc été mesurées quotidiennement chez un groupe participant à une expédition de ski hors piste en autonomie complète.

La méthode de Roy (2006) a été utilisée pour estimer les corrélations à partir des données colligées. Bien qu'inhabituelle, cette méthode permet d'estimer différents coefficients de corrélations entre deux variables dépendantes à mesures répétées. Les trois corrélations issues de la méthode Roy (2006) sont a) la corrélation intra sujets, b) la corrélation inter sujets et c) la corrélation de mesures répétées.

La corrélation intra sujets indique si l'augmentation d'une variable est accompagnée de l'augmentation de la seconde variable chez un même participant. Cependant, la corrélation intra sujets est le résultat de l'analyse de l'ensemble des variations internes de tous les participants. Ceci implique que la corrélation intra sujet est la même pour tous les participants, à n'importe quel temps de mesure.

La corrélation inter sujets indique si les participants avec une moyenne élevée pour une première variable ont tendance à être accompagnés par une moyenne élevée chez la seconde variable. La corrélation inter sujets est le résultat de l'analyse de l'ensemble des moyennes de tous les participants. La corrélation inter sujets est donc aussi la même pour tous les participants, à n'importe quel temps de mesure.

La corrélation de mesures répétées indique si un participant avec une valeur élevée d'une variable à un premier temps de mesure a tendance à être accompagné par une valeur élevée pour la même variable au prochain temps de mesure. Cependant, la corrélation de mesures répétées est le résultat de l'analyse de l'ensemble des liens dans le temps pour une paire de variables. Autrement dit, la corrélation de mesures répétées est un indicateur de la dépendance entre chaque temps de mesure pour chacune des deux variables. La corrélation de mesures répétées est donc la même pour chacune des deux variables analysées, pour tous les participants et à n'importe quel temps de mesure.

Il est important de noter que la méthode de Roy (2006) ne permet pas de vérifier la signification statistique des corrélations mentionnées. L'étude explore donc uniquement la direction du lien potentiel entre l'anxiété, la perception de fatigue et la VRC dans le contexte d'une expédition de ski hors piste par l'entremise des corrélations a) intra sujets, b) inter sujets et c) de mesures répétées.

Chapitre 1 : Revue de littérature

La revue de littérature qui suit définit l'état d'anxiété, la perception de fatigue et la VRC en plus de l'origine physiologique de chaque variable. Les différentes méthodes de mesures utilisées sont également présentées avant de justifier la méthode préconisée pour l'étude en cours. Finalement, l'état des connaissances sur les relations observées entre l'anxiété, la perception de fatigue et la VRC est présenté.

1.1 Anxiété

L'anxiété est un construit généralement défini comme un état émotionnel négatif associé avec une activation physiologique, caractérisé par des sentiments de nervosité, d'inquiétude et d'appréhension face à la capacité de l'individu à répondre aux demandes physique et psychologique (Martens, 1977; Spielberger, 1983; Weinberg & Gould, 2007).

Pour être évalué correctement, Spielberger (1966) souligne que le construit de l'anxiété doit différencier l'anxiété situationnelle de l'anxiété reliée à la personnalité de l'individu. L'anxiété d'état fait référence à l'anxiété perçue dans l'immédiat et qui varie constamment alors que l'anxiété de trait est « un motif ou une disposition comportementale acquise qui prédispose un individu à percevoir un grand éventail de circonstances objectivement non dangereuses comme étant menaçantes et de répondre à celles-ci par une réaction d'anxiété d'état disproportionnée dans son intensité et dans son ampleur quant au danger qu'il représente objectivement. » (traduction libre, p.17, Spielberger (1966)).

1.1.1 Origines physiologiques de l'anxiété

Le processus physiologique d'analyse, de perception et de réaction à l'anxiété implique principalement trois groupes de structures du cerveau (Etkin, 2010). Le premier groupe, qui comprend l'amygdale, le cortex insulaire, l'hypothalamus et la substance grise périaqueducule, est responsable de l'analyse et de la réponse autonome à l'anxiété et aux émotions négatives de peur et d'appréhension (Etkin, 2010; Thayer, Ahs, Fredrikson, Sollers, & Wager, 2012). Ce groupe est donc à l'origine du retrait du système nerveux parasympathique et de l'activation du système nerveux sympathique en réponse à l'anxiété (Etkin, 2010; Thayer et al., 2012). Le deuxième groupe est

responsable de la perception consciente de l'état d'anxiété et comprend le cortex cingulaire dorsal antérieur et le cortex préfrontal dorsomédial (Etkin, 2010). Le troisième groupe comprend le cortex cingulaire antérieur rostral et subgenuel et est impliqué dans la régulation situationnelle de l'anxiété (Etkin, 2010). En d'autres termes, ce groupe module l'anxiété selon l'information disponible dans une situation donnée. L'ensemble de ces structures permet d'analyser et de préparer le corps à une réponse à l'anxiété, bien que d'autres régions du cerveau puissent être impliquées dans une réponse complexe qui doit impliquer la mémoire ou la planification de mouvements physique (Etkin, 2010).

1.1.2 Instruments de mesure

Certaines mesures purement physiologiques (conduction de la peau, catécholamines et cortisol sanguin, activité électrique du cerveau, etc.) permettent d'inférer la présence d'anxiété par l'intermédiaire des construits du stress et de l'activation (André & Laurencelle, 2010). Par exemple, un taux élevé de cortisol sanguin est avant tout un indicateur d'une activation élevée et de la présence d'une réponse de stress. Étant donné que l'anxiété possède à la fois une composante physiologique et une composante psychologique négative, le taux élevé de cortisol permet d'inférer la présence d'anxiété uniquement s'il est accompagné de sentiments d'appréhension, de nervosité et d'inquiétude (Weinberg & Gould, 2007). Par conséquent, l'autoévaluation psychométrique qui prend en compte simultanément ces deux composantes est la méthode jugée la plus appropriée (Martens, 1977). De plus, l'autoévaluation possède les avantages d'être facile à administrer et peu invasive en comparaison avec les mesures physiologiques. Pour ces raisons, l'autoévaluation est la méthode la plus communément utilisée pour mesurer l'anxiété (Gould, Greenleaf, & Krane, 2002).

Les questionnaires psychométriques sur l'anxiété sont divisés en deux grandes catégories, selon si l'anxiété étudiée est considérée comme pathologique ou comme un état et un trait de personnalité normal (André & Laurencelle, 2010). La présente étude s'intéresse à l'anxiété comme un état normal, donc à la seconde catégorie de questionnaires. Les questionnaires couramment utilisés dans cette catégorie sont le State-Trait Anxiety Inventory version Y (STAI-Y) (Spielberger, 1983), le Competitive State Anxiety Inventory-2 (CSAI-2) (Cox, Martens, & Russell, 2003), le Sport Competition Anxiety Test (SCAT) (Martens & Simon, 1976) et le Sport Anxiety Scale (SAS) (Smith, Smoll, & Schutz, 1990).

Le CSAI-2, le SCAT et le SAS ont été développés avec l'objectif d'étudier l'anxiété en contexte de compétition sportive. Bien que les conditions expérimentales de la présente étude aient lieu en contexte d'activité physique, l'absence de l'aspect compétitif caractéristique au sport rend inappropriée l'utilisation de ces trois questionnaires. Par contre, le STAI-Y n'est pas limité au contexte sportif. Ses items ne sont pas spécifiques à un contexte, mais sont plutôt construits pour mesurer les signes et symptômes généraux de l'anxiété. De plus, le STAI-Y est de loin le plus utilisé de la catégorie des questionnaires psychométriques qui mesurent l'anxiété non pathologique, ce qui augmente les possibilités de comparaisons des résultats à d'autres études (André & Laurencelle, 2010).

1.2 Perception de fatigue

Il est important de distinguer la perception de fatigue de l'état physique de fatigue. La définition générale de la fatigue exprime la différence et le lien entre les deux construits : « la fatigue est un état résultant du fonctionnement excessif (d'un organe, d'un organisme) et qui se traduit par une diminution du pouvoir fonctionnel, généralement accompagnée d'une sensation caractéristique (*sentiment de fatigue*) » (p.1016)(Robert, Rey-Debove, & Rey, 2009). La définition de la fatigue varie aussi selon le domaine d'étude (Gibson et al., 2003). Le domaine de la neurophysiologie définit la fatigue comme la réduction de la capacité des nerfs efférents à contracter un muscle pour produire un effort maximal (Gandevia, 1992). Le domaine médical définit plutôt la fatigue comme la diminution fonctionnelle d'un organisme dû au débalancement de l'homéostasie causée par un déficit nutritionnel ou par la maladie (Shephard, 2001). Le domaine de la physiologie de l'exercice a historiquement perçu la fatigue comme l'accumulation d'acide lactique musculaire causée par la limitation oxydative du système aérobie lors d'efforts intenses (Hill & Lupton, 1923; Noakes, 2012).

Ces définitions traitent essentiellement de l'état physique de la fatigue, mais négligent l'aspect du sentiment de fatigue dans son ensemble. En ce sens, la définition proposée par Noakes (2012) correspond mieux aux objectifs poursuivis par l'étude : une émotion indicatrice des réserves fonctionnelles d'un individu, régulée par un système complexe qui a pour but de protéger ce dernier.

1.2.1 Causes de la perception de fatigue

La perception de fatigue est influencée par de multiples sources qui peuvent être catégorisées selon une origine physiologique, psychologique ou externe (Gibson et al., 2003; Noakes, 2012). Plusieurs sources d'influence physiologique ont été reliées à la perception de fatigue pendant et suite à l'activité physique, dont l'épuisement des réserves de glucides sanguin (Coggan & Coyle, 1987), l'accumulation musculaire d'ions hydrogène, de lactate et d'autres produits de la dégradation d'adénosine triphosphate (ATP) (Hargreaves et al., 1998), les limites fonctionnelles du système respiratoire (Dempsey, Amann, Romer, & Miller, 2008) et cardiovasculaire (Edwards, Melcher, Hesser, Wigertz, & Ekelund, 1972).

La perception consciente des conséquences de l'activité physique, telle que la perception de l'augmentation du rythme et de la force de contractions cardiaques, du rythme respiratoire, de l'essoufflement, de la température corporelle, de la sudation et de l'effort musculaire sont toutes des sources d'influences psychologiques de la perception de fatigue pendant et après l'activité physique (Hampson, St Clair Gibson, Lambert, & Noakes, 2001).

Il a aussi été démontré que les stratégies de dissociation cognitive permettent de modifier la perception de fatigue (Masters & Ogles, 1998). Par exemple, Boutcher et Trenske(1990) ont relié l'écoute de musique à la diminution de la perception de fatigue à l'effort. La perception de fatigue tend à augmenter avec l'effort cognitif (Marcora, Staiano, & Manning, 2009) et à varier dans le même sens que l'humeur générale (Renfree, West, Corbett, Rhoden, & St Clair Gibson, 2012). De plus, Noakes (2012) conclut que la motivation est un intermédiaire psychologique central à la perception de fatigue. Pour la même tâche, une forte motivation a été reliée à une faible perception de fatigue (Noakes, 2012).

Certains facteurs externes ont été reliés à la perception de fatigue. Le manque de sommeil a été relié à une augmentation de la perception de fatigue(Scott, McNaughton, & Polman, 2006), alors que la consommation d'amphétamines (Swart et al., 2009) et la consommation de caféine (Doherty & Smith, 2005) ont été reliées à une diminution de la perception de fatigue. Il est d'intérêt de noter que pendant l'effort, alors que le corps produit un surplus de chaleur, une température ambiante froide ne semble pas avoir d'influence sur la perception de fatigue (Kamon, Pandolf, & Cafarelli, 1974).

1.2.2 La fatigue comme système de régulation

Noakes (2012) et ses associés (Gibson et al., 2003; Hampson et al., 2001) ont développé un modèle où la fatigue est l'émotion résultante de la combinaison d'une multitude de facteurs. Ils soutiennent qu'un système complexe à l'intérieur du système limbique est responsable de l'analyse consciente et inconsciente de l'information physiologique, psychologique et externe afin d'arriver à un sentiment général des réserves fonctionnelles d'un individu (Noakes, 2012). Ainsi et toujours selon Noakes (2012), l'objectif premier de cette émotion est de limiter le fonctionnement d'un individu pour éviter le débalancement de l'homéostasie de l'organisme.

Ce modèle a été construit principalement pour expliquer les limitations de performance causée par la fatigue pendant une activité physique intense et soutenue. Certains auteurs ont émis des réserves sur l'idée que le cerveau est la cause de la limite de performance physique d'endurance (Marcora, 2008; Shephard, 2009; Weir, Beck, Cramer, & Housh, 2006). Cependant, l'intérêt de ce modèle réside dans ses fondements (la fatigue est une émotion issue de la combinaison d'une multitude de facteurs) plutôt que dans son application à la limite de la performance physique. Le modèle de la fatigue comme émotion est principalement supporté par le fait que la perception de fatigue peut posséder peu de lien avec l'état physique d'un individu (Noakes, 2012).

1.2.3 Instruments de mesure

La fatigue étant un construit aux définitions variables, l'instrument utilisé pour mesurer la fatigue dépend de la définition utilisée. Si la fatigue est considérée purement comme une variable qui limite la performance physique maximale, le Ratings of Perceived Exertion Scale (RPE) de Borg (1970) est le questionnaire le plus couramment utilisé (André & Laurencelle, 2010). Cependant, cette définition de fatigue chevauche le construit de la perception d'effort (André & Laurencelle, 2010). Les deux construits semblent fortement corrélés, spécialement dans l'analyse de situations où la perception de fatigue est mesurée pendant ou directement après l'effort physique (Linderman, Demchak, Dallas, & Buckworth, 2003; Ryman, Naitoh, & Englund, 1989). Cependant, lorsque la perception de fatigue est considérée comme une émotion selon la définition de Noakes (2012), la perception d'effort se distingue clairement de la perception de fatigue (Swart, Lindsay, Lambert, Brown, & Noakes, 2012).

Dans le cas de la présente étude, où l'effort physique est un stress expérimental principal, il est nécessaire d'utiliser un instrument qui mesure spécifiquement le construit de la perception de fatigue souhaitée. Le Profile of Mood States (POMS) (McNair, Lorr., & Droppleman, 1971) mesure la perception de fatigue en tant qu'émotion. Bien que la perception de fatigue soit une seule des six sous échelles du POMS, le questionnaire est couramment utilisé pour mesurer ce type de perception de fatigue (Nakata, Irie, & Takahashi, 2011; Nelesen, Dar, Thomas, & Dimsdale, 2008). Le POMS a été sélectionné comme instrument de mesure de la perception de fatigue de l'étude pour ces caractéristiques.

1.3 Variabilité du rythme cardiaque

La VRC est le nom donné au phénomène physiologique de la variation de la période de temps entre les battements du cœur (Task Force, 1996). Cette période de temps, calculée en millisecondes (ms), fait référence à l'intervalle entre le sommet de la dépolarisation des ventricules du cœur et le début de leur contraction (Camm & Malik, 2004). Sur un électrocardiogramme (ECG), l'activité électrique du cœur est habituellement identifiée par une série de pics arbitrairement nommés de la lettre P à T. Le sommet de la dépolarisation des ventricules du cœur est représenté par le pic le plus proéminent de l'ECG, le pic R. L'intervalle utilisé dans le calcul de la VRC est donc celui entre les pics R consécutifs, d'où le nom d'intervalle R-R (figure 1.1).

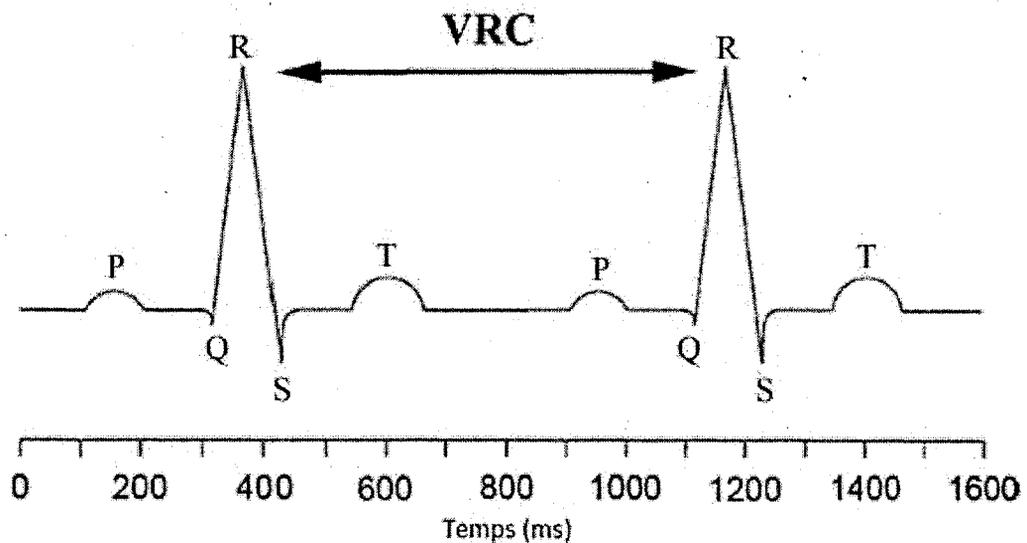


Figure 1.1 : Sur un ECG, la VRC est mesurée par la variation de la période de temps entre les pics R (intervalle R-R), qui représentent le début de la dépolarisation du cœur.

L'objectif du système cardiovasculaire est de maintenir une pression et un débit optimal de sang vers les divers organes du corps (Thayer et al., 2012). La VRC est donc la manifestation de l'adaptation du système cardiovasculaire face aux besoins perçus dans l'immédiat (Appelhans & Luecken, 2006). En d'autres termes, la VRC existe pour permettre au corps de s'adapter quasi instantanément aux demandes physiques et psychologiques provenant de l'intérieur du corps et de l'environnement externe.

L'analyse et la gestion de ces demandes sont sous le contrôle d'un système complexe comprenant plusieurs régions du cerveau (cortex préfrontal médial, cortex insulaire, amygdale, hypothalamus) et du tronc cérébral (substance grise périaqueducule, noyau du faisceau solitaire, medulla ventrolatérale) (Benarroch, 1993; Thayer et al., 2012). Ce système est parfois appelé le « Central Autonomic Network » (CAN) (Benarroch, 1993). Le CAN communique avec le cœur par les branches sympathique et parasympathique du système nerveux autonome (Task Force, 1996). Celles-ci agissent sur le nœud sinusal par l'intermédiaire de l'acétylcholine libérée par le système parasympathique et par les catécholamines libérées par le système sympathique. Situé dans l'oreillette droite, le nœud sinusal est un groupe de cellules qui a pour fonction de lancer la dépolarisation qui accompagne la contraction des fibres musculaires du cœur.

L'acétylcholine est un neurotransmetteur libéré par le nerf vague, la X^e paire de nerfs crâniens. Le nerf vague droit innerve directement le nœud sinusal en libérant l'acétylcholine qui s'attache aux récepteurs muscariniques M2. Leur stimulation a pour effet de diminuer la vitesse de dépolarisation du cœur et de diminuer la force contractile de ses atriums (Dhein, van Koppen, & Brodde, 2001).

Les catécholamines font référence à un groupe d'hormones et de neurotransmetteurs contenant le même composé organique, le cathécol. Le système nerveux sympathique est responsable de la libération de deux catécholamines, l'épinéphrine (aussi nommé adrénaline) et la norépinéphrine (aussi nommé noradrénaline). Les deux composés reçoivent le qualificatif d'hormones et de neurotransmetteurs parce qu'ils sont sécrétés à la fois par les glandes surrénales et par les fibres post ganglionnaires du système nerveux sympathique (Mendoza & Foundas, 2008). Lorsque le système nerveux sympathique active les glandes surrénales, elles libèrent les hormones dans le sang alors que les fibres post ganglionnaires du système nerveux sympathique libèrent les neurotransmetteurs directement aux muscles du cœur. L'épinéphrine et la norépinéphrine s'attachent alors aux récepteurs adrénergiques bêta, ce qui cause une augmentation de la vitesse

de dépolarisation du cœur et une augmentation de la force contractile de ses fibres musculaires (Mendoza & Foundas, 2008).

Sans l'influence des systèmes sympathique ou parasympathique, et avec une faible concentration d'hormones en circulation, le nœud sinusal fait battre naturellement le cœur à un rythme de 100 à 120 battements par minute (Camm & Malik, 2004). Le rythme cardiaque est déterminé par l'équilibre entre les branches du système nerveux autonome, ce qui signifie une prédominance parasympathique lorsque la fréquence cardiaque se trouve en dessous du rythme naturel du nœud sinusal et une prédominance sympathique lorsque la fréquence cardiaque se trouve au-delà du même rythme naturel (Levy, 1997).

L'activation et l'inhibition de chaque branche est modulées à chaque moment par le CAN qui reçoit et analyse les signaux afférent. Dans le cas de demandes internes au corps, les signaux sont envoyés par les divers récepteurs du corps, qui en captent les besoins physiologiques. Les récepteurs d'étirement pulmonaire, les récepteurs de douleur, les récepteurs métaboliques des muscles et les récepteurs d'étirement dans les oreillettes du cœur stimulent une réponse du système sympathique (Camm & Malik, 2004).

À l'opposé, l'activation des barorécepteurs, principalement ceux de l'arche aortique, de l'artère coronaire et la circulation abdominale, stimule une réponse du nerf vagal, ou parasympathique (Drinkhill, Doe, Myers, Self, & Hainsworth, 1997; Drinkhill, Moore, & Hainsworth, 1993; Hainsworth, Ledsome, & Carswell, 1970). Les chémorécepteurs de la carotide et de l'aorte sont stimulés par l'hypoxie, l'hypercapnie et l'acidémie, stimulant premièrement une augmentation du rythme respiratoire, à défaut de quoi ils stimulent aussi un ralentissement cardiaque (Camm & Malik, 2004).

L'adaptation des branches du système nerveux autonome face aux demandes externes est principalement reliée au concept de menace (Thayer et al., 2012). Un son, une image ou une odeur jugée menaçante stimule une inhibition du système parasympathique et une activation du système sympathique (Appelhans & Luecken, 2006). L'amygdale et le cortex préfrontal médial sont les structures principalement impliquées dans la reconnaissance d'une menace et dans la réaction appropriée du système nerveux autonome (Kober et al., 2008; LeDoux, 2000; Thayer et al., 2012).

1.3.1 Mesures de la variabilité du rythme cardiaque

La VRC peut être recueillie grâce à l'analyse d'un ECG où tous les intervalles R-R sont identifiables et où l'enregistrement est doté d'une échelle de temps précise (Camm & Malik, 2004). Une fois les données recueillies, il est nécessaire d'analyser l'ECG pour exclure les portions de signaux qui sont dues aux erreurs de l'enregistrement et non à l'activité électrique du cœur.

L'ECG peut ensuite être analysé selon différentes méthodes pour arriver à quantifier la VRC. Le « Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology » a standardisé les méthodes et les variables communément utilisées pour assurer la validité et faciliter la comparaison des mesures de la VRC (Task Force, 1996). Ces méthodes sont divisées en deux groupes, celui des analyses temporelles et celui des analyses de fréquences (Appelhans & Luecken, 2006; Task Force, 1996).

1.3.2 Analyses temporelles

Les analyses temporelles font référence aux méthodes qui quantifient la variation dans le temps entre les battements (intervalles R-R) d'une période déterminée. La moyenne de ces intervalles R-R est la variable la plus simple de ce type d'analyse. La période de temps entre les pics R-R est aussi appelée intervalle normal à normal (NN) (Task Force, 1996). D'autres variables fréquemment utilisées issues de la classe des analyses statistiques sont la variation standard de tous les battements normal à normal (SDNN), la variation standard de la moyenne des intervalles normal à normal (SDANN) de segments de l'ECG complet, la racine de la moyenne carrée de la différence entre les intervalles normal à normal (RMSSD) et la proportion d'intervalles N-N différents de plus de 50 millisecondes de l'intervalle N-N précédent (pNN50) (Task Force, 1996).

SDNN et SDANN sont des indicateurs de la variation totale du rythme cardiaque et représentent l'influence des deux branches du système sympathique (Task Force, 1996). RMSSD et pNN50 sont des indicateurs des variations du rythme cardiaque qui ont lieu uniquement à l'intérieur de la capacité d'adaptation du système nerveux parasympathique et représentent l'influence de cette branche (Task Force, 1996).

1.3.3 Analyses de fréquences

Les méthodes d'analyses de fréquences visent à comparer l'importance relative de certaines fréquences (cycles) en fonction de leur puissance (variance) (Task Force, 1996). La fréquence est le nombre d'occurrences d'un évènement dans une unité de temps donné, alors qu'un cycle est la période de temps requis pour que l'évènement se répète. La fréquence est donc relative au cycle. Par exemple, un adulte respire normalement à une fréquence de 9 à 24 fois par minute (Berntson, Cacioppo, & Quigley, 1993). Un adulte normal respire donc à toutes les 2.5 à 6.7 secondes, ou selon un cycle variant entre 2.5 et 6.7 secondes. L'unité de mesure de la fréquence est l'hertz (Hz), qui indique le nombre de cycles par seconde. Un intervalle de fréquences se nomme aussi une bande de fréquence. Par conséquent, la bande de fréquence de respirations d'un adulte normal est de 0.15 à 0.4 Hz.

Chaque fréquence peut être représentée par une courbe sinusoïdale. Étant donné que la fréquence indique le nombre de répétitions d'un évènement dans une période de temps donnée, une courbe de 0.4 Hz se répète toutes les 2.5 secondes (Figure 1.2). La puissance est le terme utilisé pour représenter la variance, soit la moyenne des écarts au carré de la moyenne. La puissance peut donc aussi être vue comme l'amplitude entre la crête (sommets) et la moyenne de la courbe (Figure 1.2). Mesurée en millisecondes carrées (ms^2) dans le cas de l'analyse de fréquence de la VRC, cette valeur n'est pas liée au concept de puissance physique ou électrique.

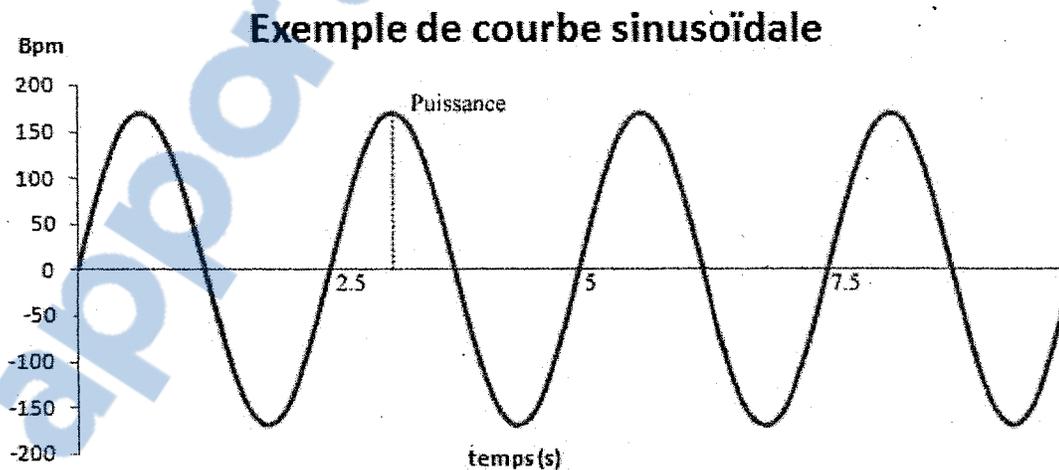


Figure 1.2 : Exemple fictif d'une courbe sinusoïdale de 0.4 Hz. La puissance (variance) représente l'amplitude de la courbe à partir de sa moyenne, qui dans une courbe sinusoïdale parfaite est 0.

L'analyse de fréquence est basée sur le principe qu'une séquence de valeur dans le temps, telle que celle de la fréquence cardiaque dans le temps enregistrée par électrocardiographie, peut-être approximativement décomposée en une multitude de courbes sinusoïdales. Cette opération est habituellement réalisée par la transformation rapide de Fourier (Appelhans & Luecken, 2006). Une fois la séquence originale décomposée selon une multitude de fréquences, l'analyse doit calculer la puissance de chaque fréquence. La puissance est ensuite compilée selon certaines bandes de fréquences prédéterminées. L'utilité principale de l'analyse de fréquence est de comparer la puissance entre différentes bandes de fréquences et entre différents enregistrements.

Les deux bandes de fréquences les plus fréquemment utilisées sont la bande des hautes fréquences (HF) allant de 0.15 à 0.4 Hz et la bande des basses fréquences (LF) allant de 0.04 à 0.15 Hz. Ces bandes ont été déterminées par l'intervalle d'intervention de chaque branche du système nerveux autonome (Task Force, 1996). En effet, le sommet de l'influence d'une stimulation parasympathique ponctuelle sur le cœur plafonne environ 0,5 seconde après son envoi alors que le retour à la normale se fait principalement après une seconde, avec un retour plus lent dans les secondes qui suivent (Berntson et al., 1997; Spear, Kronhaus, Moore, & Kline, 1979). Le sommet de l'influence d'une stimulation sympathique ponctuelle plafonne environ 5 secondes après son envoi et revient à la normale après environ 20 secondes (Berntson et al., 1997; Spear et al., 1979).

Étant donné que HF contient la vitesse d'intervention ponctuelle de la branche parasympathique du système nerveux, la puissance de HF est donc considérée comme une représentation de l'activité de cette branche (Task Force, 1996). L'influence physiologique principale de HF est la respiration, qui a lieu normalement à l'intérieur des mêmes fréquences, soit de 0.15 à 0.4 Hz (Berntson et al., 1993; Task Force, 1996). Le phénomène où la respiration influence la VRC se nomme l'arythmie sinusale respiratoire (Task Force, 1996).

Bien que LF contienne la vitesse d'intervention ponctuelle de la branche sympathique du système nerveux, il existe un désaccord dans la littérature sur la représentation de cette bande. En effet, certaines études suggèrent une représentation uniquement sympathique alors que d'autres études suggèrent une représentation mixte des deux branches (Task Force, 1996). Par conséquent, le ratio de la puissance de LF/HF est utilisé comme représentation de la variation due au système sympathique (Task Force, 1996). Cette méthode implique qu'une augmentation du ratio LF/HF est

reliée à une augmentation de l'activité sympathique ou une diminution de l'activité parasympathique.

1.3.4 Intervalle R-R

Il est possible de minimiser l'influence des demandes externes particulièrement présentes en expédition hivernale en mesurant la VRC pendant le sommeil des participants. Cette méthode exclut cependant plusieurs variables des analyses subséquentes. La majorité des variables issues des classes d'analyses statistiques et d'analyses de fréquences sont basées sur la variation à l'intérieur de l'ECG. La variation totale à l'intérieur d'un enregistrement tend à augmenter avec la durée de l'enregistrement (Task Force, 1996). Ceci s'explique par le fait que plus l'enregistrement est long, plus la VRC est affectée par des événements à faible fréquence, comme des demandes internes ou externes à l'extérieur de la régulation normale de l'homéostasie. Pour cette raison, il n'est pas approprié de comparer SDNN, SDANN, RMSSD, pNN50, HF ou LF/HF lorsque ces variables sont issues d'enregistrements de durées différentes.

Bien qu'il soit possible d'extraire des enregistrements d'une durée pré déterminée à partir d'un enregistrement plus long du sommeil complet d'un participant, cette méthode doit prendre en compte les variations causées par les différents cycles de sommeil (Dimpfel, Hofmann, Schober, & Todorova, 1998). En d'autres termes, pour qu'une comparaison soit valable, il est nécessaire de comparer des enregistrements aux mêmes cycles de sommeil. L'identification des cycles de sommeil se nomme polysomnographie et est réalisée par l'analyse combinée d'un électroencéphalogramme, un électro-oculogramme, un électromyogramme et possiblement un ECG (Dimpfel et al., 1998). Étant donné que les nombreux appareils requis par cette technique ne permettent pas la prise de mesure dans le contexte souhaité, la comparaison de périodes et de cycles de sommeils identiques n'a pas été retenue pour la présente étude. L'intervalle R-R a donc été sélectionné pour permettre l'analyse de la VRC grâce à des enregistrements de durées variable pendant le sommeil des participants.

1.4 Interaction entre l'anxiété, la perception de fatigue et la variabilité du rythme cardiaque

Les études de Thayer et Lane (2000, 2009) indiquent qu'il existe un lien physiologique entre les émotions et le système nerveux autonome. En effet, plusieurs structures (amygdale, cortex préfrontal, substance grise périaqueducule et noyau du faisceau solitaire) sont communes à la gestion de l'anxiété et de la perception de fatigue et à la gestion de la VRC (Thayer & Lane, 2000; Thayer & Lane, 2009).

Une méta-analyse de Friedman (2007) souligne que la VRC a été mise en lien avec l'anxiété d'état, avec le trait d'anxiété et avec l'anxiété pathologique. Les méta-analyses de Appelhans et Luecken (2006) et de Friedman (2007) concluent que l'augmentation de l'anxiété est reliée à une diminution de la VRC totale, donc une diminution des indicateurs comme SDNN ou SDANN et une diminution de la puissance de son spectre totale. Les mêmes méta-analyses concluent aussi que l'augmentation de l'anxiété est aussi reliée à une diminution de la puissance de la bande HF et des indicateurs comme RMSSD ou pNN50 en plus de l'augmentation du ratio LF/HF (Appelhans & Luecken, 2006; Friedman, 2007). De plus, plusieurs études faites en contexte de compétition sportive ont démontré une diminution de l'intervalle R-R moyen avec l'augmentation de l'anxiété d'état (Cervantes Blasquez, Rodas Font, & Capdevila Ortis, 2009; Mateo, Blasco-Lafarga, Martinez-Navarro, Guzman, & Zabala, 2012; Morales et al., 2012). L'ensemble de ces résultats indiquent que l'anxiété accompagne une diminution de la capacité d'adaptation du système nerveux autonome, un retrait parasympathique et une présence sympathique accrue (Task Force, 1996). Ainsi, il semble logique de supposer que les variations d'anxiété d'état et les variations de l'intervalle R-R moyen sont négativement reliées.

Les études portant sur le lien entre la perception de fatigue et la VRC partagent certains des mêmes résultats. L'étude de Tran et associés (2009) a utilisé une condition d'attention accrue pour augmenter la perception de fatigue et a relevé une diminution de l'intervalle R-R moyen et une augmentation du ratio LF/HF, ce qui peut être interprété comme une présence sympathique accrue, mais aucun changement dans les indicateurs parasympathiques de RMSSD, pNN50 ou HF n'a été observé. Une autre étude, celle-ci comparant une situation d'entraînement à une situation de compétition sportive, a observé une diminution de l'intervalle R-R moyen et une diminution de l'indicateur de présence parasympathique pNN50 suite à l'augmentation de la perception de fatigue (Bricout, Dechenaud, & Favre-Juvin, 2010). Il semble donc aussi logique de supposer que les variations de la perception de fatigue et les variations de l'intervalle R-R moyen sont négativement reliées.

Bien qu'aucune étude faisant directement le lien entre l'anxiété d'état et la perception de fatigue n'ait été recensée, il existe néanmoins des fondements théoriques qui supportent l'existence d'un lien entre les deux variables. Étant donné que l'état d'anxiété est un indicateur de la perception psychologique négative de la capacité de répondre aux différentes demandes perçues par un individu (Spielberger, 1966) et que la perception de fatigue est un indicateur de la perception des réserves fonctionnelles pour répondre aux mêmes demandes (Noakes, 2012), il semble logique de supposer que l'anxiété et la perception soient positivement reliées.

1.5 Hypothèses

La revue de littérature permet de formuler trois hypothèses générales en lien avec l'objectif d'explorer la relation entre l'état psychologique et l'état physiologique par la relation entre l'anxiété ou la perception de fatigue et la variabilité du rythme cardiaque. Ces hypothèses sont que :

H1) Il existe une relation négative entre l'état d'anxiété et l'intervalle R-R moyen.

H2) Il existe une relation négative entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen.

H3) Il existe une relation positive entre l'état d'anxiété et la perception de fatigue.

Chapitre 2 Méthodologie

2.1 Devis

L'étude a été réalisée selon un devis corrélationnel prédictif (Fortin, Côté, & Filion, 2006) puisque l'étude vise à vérifier la corrélation entre des variables dont un lien a déjà été établi dans la littérature (Bricout et al., 2010; Cervantes Blasquez et al., 2009). Les variables étudiées sont l'anxiété, la perception de fatigue et la VRC. Bien qu'il ait été possible d'observer un lien entre les variables dans un contexte de laboratoire (Fuller, 1992; Sgoifo et al., 2003) ou sportif (Bricout et al., 2010; Cervantes Blasquez et al., 2009), ce lien n'a pas encore été observé sur une période de temps prolongé dans un contexte où ces variables ne sont pas contrôlées.

2.2 Participants

Le groupe expérimental était composé de 13 étudiants (5 hommes, 8 femmes, $n=13$) de deuxième année du baccalauréat en plein air et tourisme d'aventure de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC). L'âge moyen des participants était de 21,8 (ÉT =1,6 ans). Ils étaient tous inscrits au cours « Autonomie en milieu hivernal » (4APK303) qui comporte une expédition de ski hors piste en autonomie complète. Les participants n'avaient pas d'expérience significative dans ce genre d'activité. L'utilisation de cet échantillon de convenance (Fortin et al., 2006) présente l'avantage de faciliter le recrutement et la logistique reliés à la gestion d'un groupe en milieu isolé pendant plus d'une semaine.

2.2.2 Critères d'inclusion

Pour participer à l'expédition, les participants ont dû réussir le cours « Vie en milieu naturel l'hiver » (4SAP213), un cours préalable qui vise l'acquisition de connaissances techniques et théoriques élémentaires à la pratique sécuritaire du plein air d'hiver. Pour assurer la sécurité des étudiants pendant l'expédition, le personnel enseignant a établi un plan de sortie (LERPA, 2009) selon les directives du plan de sortie hors campus de l'UQAC (LERPA, 2007).

Les participants ont dû ensuite prendre connaissance et signer les documents requis par le programme de plein air et tourisme d'aventure pour prendre part à une expédition à caractère pédagogique. Ces documents incluent un formulaire d'acceptation des risques et consentement à

la participation de l'expédition et un questionnaire de contrôle médical et d'aptitudes physiques à des activités de plein air intensives en région éloignée. Finalement, le personnel enseignant a dû examiner et approuver le matériel nécessaire à l'expédition de tous les participants.

2.2.3 Critères d'exclusion

Les participants qui mettaient en jeu la mission éducative ou la sécurité du personnel enseignant ou des autres participants étaient expulsés du cours et, conséquemment, exclus de l'expérimentation. L'utilisation de drogues, d'alcool, le vol ou le vandalisme, le harcèlement et le refus d'obéir aux demandes du personnel enseignant du cours sont des comportements qui menaient à l'expulsion du cours et, conséquemment, à l'exclusion de l'expérimentation.

2.4 Déroulement

Avant d'entreprendre toute démarche auprès des participants potentiels, une demande pour réaliser l'étude dans un cours du programme a été déposée et acceptée par la direction du programme de plein air et tourisme d'aventure de l'UQAC. Parallèlement, une demande d'approbation éthique a été acheminée et acceptée par le Comité d'éthique de la recherche de l'UQAC (no de référence – approbation éthique 602.279.01).

Par la suite, les participants ont été rencontrés six semaines avant le début de l'expédition. L'objectif et le déroulement de l'étude, les responsabilités éthiques du chercheur et les droits relatifs à l'éthique du participant ont été exposés et discutés lors de cette rencontre. Les participants ont ensuite été invités à donner leur consentement libre et éclairé et à signer le formulaire de participation (annexe A), lequel contient l'information écrite exigée par l'Énoncé de politique des trois Conseils (Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, & Instituts de recherche en santé du Canada, 2010). Sur les 16 étudiants qui ont pris part au cours, 15 ont accepté de participer à l'étude. Deux participants n'ont pas été en mesure de participer à l'expédition et ont conséquemment été exclus de l'étude. Ainsi, 13 participants ont pris part à l'étude.

Les participants ont de nouveau été rencontrés une journée avant le départ. Lors de cette rencontre, les consignes relatives au STAI-Y (Spielberger, 1983), au POMS - SF (Shacham, 1983) et au cardiofréquencemètre ont été expliquées. Les questionnaires devaient être remplis une à deux heures avant le coucher. Le cardiofréquencemètre devait être activé une fois installé pour dormir, en position couchée. L'appareil devait être arrêté au réveil, avant de se lever. Chaque participant a reçu un questionnaire STAI-Y (Spielberger, 1983), un questionnaire POMS - SF (Shacham, 1983) et un cardiofréquencemètre. Lors de cette rencontre, chaque participant a fait un enregistrement de pratique d'une durée de 5 minutes avec le cardiofréquencemètre qui lui a été attribué afin de bien comprendre les manipulations requises par l'étude.

Lors du départ de l'expédition, les participants ont remis les questionnaires STAI-Y (Spielberger, 1983) et POMS - SF (Shacham, 1983) complétés la veille, de même que le cardiofréquencemètre. Les enregistrements des cardiofréquencemètres ont alors été transférés sur un système de sauvegarde. Les données recueillies ont été anonymisées par l'attribution d'un code numérique aléatoire attribué à chaque participant. Les participants qui ont remis des enregistrements défectueux ont été rencontrés pour s'assurer du fonctionnement de leur cardiofréquencemètre et du respect du protocole de manipulation.

À la fin de chaque journée de l'expédition, les cardiofréquencemètres ont été remis aux participants appropriés avec un questionnaire STAI-Y (Spielberger, 1983) et un questionnaire POMS - SF (Shacham, 1983). Les participants ont rempli les deux questionnaires une fois les activités de la journée terminées, soit entre 17 et 18 heures chaque jour. Les questionnaires ont été remis au chercheur dès qu'ils étaient complétés. Les participants ont conservé la même consigne relative au cardiofréquencemètre, soit de débiter l'enregistrement une fois en position coucher pour dormir et d'arrêter l'enregistrement au réveil, avant le lever. Les cardiofréquencemètres ont été remis au chercheur les lendemains matins. Les enregistrements ont ensuite été transférés sur un système de sauvegarde. Les participants qui ont remis des enregistrements défectueux ont alors été rencontrés pour s'assurer du fonctionnement de leur cardiofréquencemètre et du respect du protocole de manipulation. Ce cycle a été répété tous les jours de l'expédition.

L'expédition a été d'une durée de huit jours et sept nuits. En moyenne, les participants ont fait cinq heures de ski hors piste par jour de déplacement. Lors de ces journées, les participants ont porté des sacs à dos contenant le matériel nécessaire pour être autonome en condition hivernale. Ces

charges pesaient, en moyenne, 25 kilogrammes. Les participants ont dormi en grande partie à l'extérieur, en tente ou en abris de neige. La température moyenne pendant le jour a été de -15 degrés Celsius. Étant donné le caractère pédagogique de l'expédition, un refuge chauffé a été disponible pendant certaines nuits pour pallier aux manquements techniques des participants en apprentissage. Les participants qui ont jugé ne pas être en mesure de dormir confortablement à l'extérieur suite à une gestion sous optimale de leur matériel ont donc eu l'option de dormir dans ce refuge pour sécher leur matériel et retourner à l'extérieur la nuit suivante. Sur un potentiel de 91 nuits/participants passé à l'extérieur (13 participant pendant 7 nuits), 24 nuits/participants ont été passées à l'intérieur.

Une fois l'expédition terminée, les participants sont rentrés à leur domicile avec deux questionnaires STAI-Y (Spielberger, 1983), deux questionnaires POMS - SF (Shacham, 1983) et le cardiofréquencemètre utilisé pendant l'expédition. Ils ont procédé à une prise de mesure pour la dernière journée de l'expédition et une prise de mesure au lendemain de la fin de l'expédition. Les participants ont été rencontrés une dernière fois pour remettre les questionnaires et les cardiofréquencemètres.

2.5 Instruments de mesure

2.5.1 STAI-Y

L'anxiété a été mesurée à l'aide de l'adaptation canadienne-française du State-Trait Anxiety Inventory dans sa forme Y (STAI-Y), développé par Spielberger (1983), puis traduite et validée par Gauthier et Bouchard (1993). Le STAI-Y (Spielberger, 1983) intégral est divisé en deux sections; la première mesure l'anxiété d'état, alors que la seconde mesure l'anxiété de trait. Dans le cadre de l'étude en cours, seule l'anxiété d'état a été retenue. Le coefficient alpha de Cronbach est de .93 pour la version originale alors que les coefficients de test-retest varient entre .16 à .62 pour la section relative à l'état (Spielberger, 1983). Le faible coefficient test-retest est représentatif de la nature transitoire de l'anxiété d'état.

Le coefficient alpha de Cronbach pour la section état de la version canadienne-française est de .94 pour un échantillon masculin et de .86 pour un échantillon féminin (Gauthier & Bouchard, 1993). Le coefficient test-retest pour la section état de la version canadienne-française a été établi à .36 lors de la même étude (Gauthier & Bouchard, 1993). Comme pour le questionnaire original, ce faible

coefficient test-retest est représentatif de la nature transitoire de l'anxiété d'état. Les propriétés psychométriques de la version canadienne-française ont ainsi été jugées équivalentes à la version originale (Gauthier & Bouchard, 1993).

Le questionnaire comprend 20 items mesurés sur une échelle de Likert de 1 à 4. Dans cette échelle, 1 représente « pas du tout » et 4 représente « beaucoup ». Le répondant doit indiquer dans quelle mesure il est en accord avec chaque item. Avant la compilation du résultat, les réponses des items à valeur opposée à l'anxiété sont inversées. L'état d'anxiété est mesuré sur une échelle de 20 à 80, où la somme des réponses aux items donne le score d'anxiété d'état. Un score plus élevé signifie une plus grande anxiété d'état (Spielberger, 1970).

2.5.2 POMS-SF

La perception de fatigue a été mesurée à l'aide de la version canadienne-française de la version courte du Profile of Mood States (POMS-SF) développé par Shacham (1983) et traduit par Fillion et Gagnon (1999). Le POMS - SF (Shacham, 1983) contient six échelles qui évaluent des caractéristiques différentes de l'humeur, soit l'anxiété, la dépression, la colère, la vigueur, la fatigue et la confusion. Chacune des échelles est mesurée à l'aide de 5 à 8 items sur une échelle de Likert de 1 à 5. Les participants doivent quantifier dans quelle mesure chaque item représente leur état où 1 représente « pas du tout » et 5 représente « énormément ». Chaque état est mesuré sur une échelle de 1 à 5 qui est calculé par la moyenne des scores des items de chaque état.

La traduction faite par Fillion et Gagnon (1999) a été testée sur un échantillon comparable à celui utilisé dans l'étude de Shacham (1983). Le coefficient alpha de Cronbach des six échelles de la traduction canadienne-française varie entre 0.78 et 0.92 (Fillion & Gagnon, 1999) alors qu'il varie entre 0.80 et 0.90 dans l'étude du questionnaire original (Shacham, 1983). Les coefficients alpha de Cronbach de la version canadienne-française ont été jugés comparables à la version originale (Fillion & Gagnon, 1999). La corrélation test-retest des échelles de la traduction canadienne-française basé sur un intervalle de deux semaines varie entre .66 et .76 Fillion et Gagnon (1999). Toujours selon les mêmes auteurs, l'ensemble de ces résultats supporte la validité de la traduction comme mesure momentanée de l'humeur (Fillion & Gagnon, 1999).

2.5.3 Appareils

La prise de la VRC a été faite à l'aide de cardiofréquencemètres Polar S810i (Polar ElectroOy, Kempele, Finlande). L'étude de Vanderlei et ses collaborateurs (2008) a démontré une très forte corrélation (0.99) entre l'enregistrement d'un Polar S810i et l'enregistrement d'un appareil utilisé en conditions cliniques. L'étude a permis de constater que le Polar S810i est un appareil fidèle et valide pour l'enregistrement de la VRC. Le cardiofréquencemètre est composé de deux pièces, un ordinateur récepteur au poignet et un transmetteur s'installant légèrement au dessus du processus xiphoïde. Les enregistrements ont toujours été faits en position coucher à une fréquence de 1000 Hz.

2.6 Analyse des enregistrements

Les enregistrements provenant des cardiofréquencemètres ont été analysés à l'aide du programme Polar Precision Performance (Polar ElectroOy, Kempele, Finlande [2002] version 4.03.040). Chaque enregistrement a été filtré par le programme (force du filtre modéré, zone de protection de 6 Bpm) pour éliminer les erreurs visibles qui pourraient fausser les analyses (figure 2.1). Un test-t a démontré que la moyenne des intervalles R-R moyens n'a pas été significativement modifiée par la correction ($t(13) = 2.23, p = 0.73$). Dans le cas où le filtre a identifié plus de 5% des battements comme des erreurs visibles, l'enregistrement a été exclu des analyses subséquentes (Nunan et al., 2009).

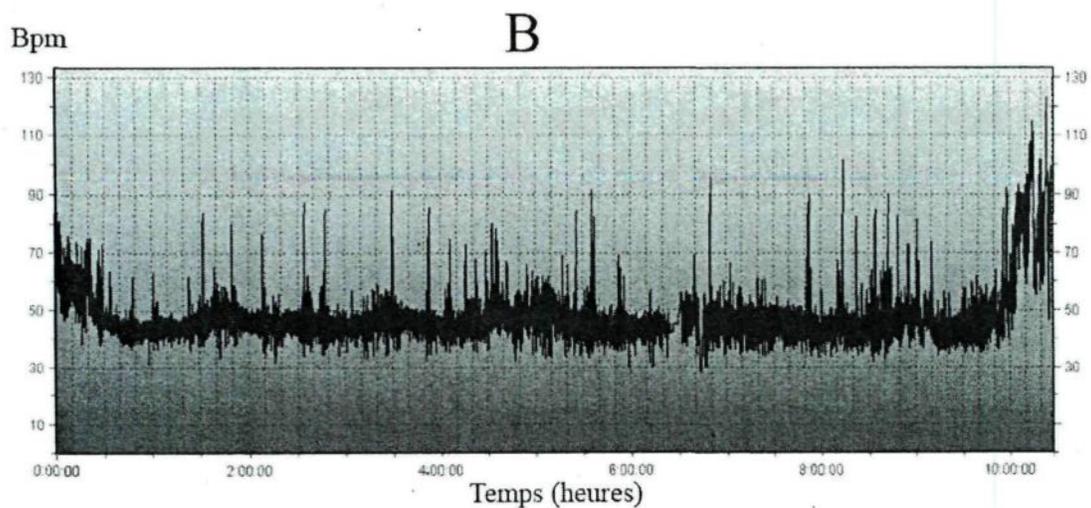
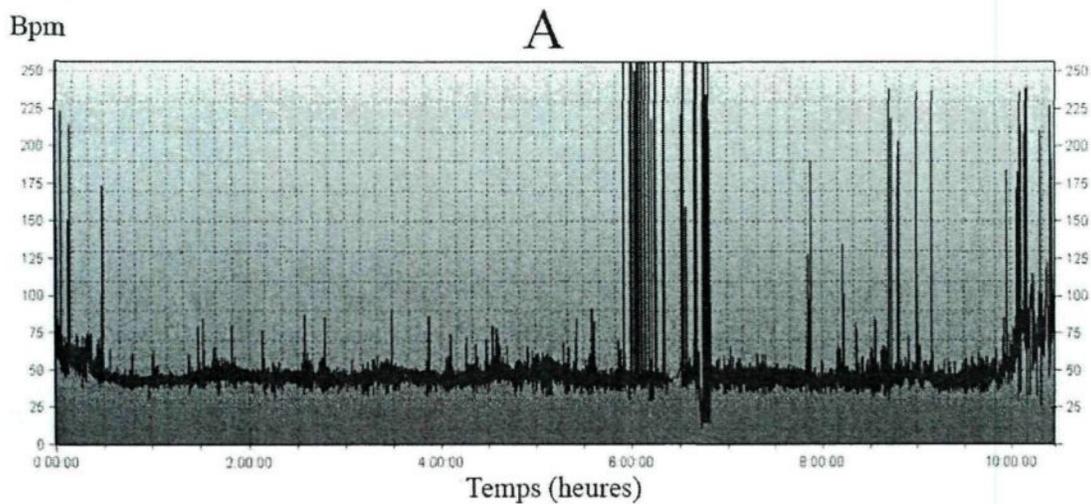


Figure 2.1 : A) Enregistrement nocturne des intervalles R-R avant correction B) Enregistrement nocturne des intervalles R-R après correction. ^{a,b}.

^aLa figure montre un enregistrement nocturne de la VRC avant (A) et après la correction (B) faite à l'aide du programme Polar Precision Performance (Polar Electro Oy, Kempele, Finlande (2002) version 4.03.040).

^bLe programme Polar Precision Performance (Polar Electro Oy, Kempele, Finlande (2002) version 4.03.040) affiche le rythme cardiaque instantané en battements par minute (Bpm) au lieu du temps entre les intervalles R-R.

L'enregistrement a ensuite été analysé manuellement pour déterminer la période probable de sommeil du participant. En contexte de laboratoire, la période de sommeil est habituellement déterminée précisément par l'enregistrement de plusieurs indicateurs simultanés, dont un électroencéphalogramme, un électro-oculogramme, un électromyogramme et possiblement un ECG (Dimpfel et al., 1998). Cette méthode, appelée polysomnographie, nécessite autant d'instruments de mesure spécialisés que d'indicateurs. De tous ces instruments, seul le cardiofréquencemètre est suffisamment portable et résistant pour être utilisé en contexte d'expédition.

Selon Stampfer (1998), le début de la période de sommeil est caractérisé par une chute rapide du rythme cardiaque au début du sommeil, suivi d'une période où la fréquence cardiaque est basse et stable (plateau) en comparaison à l'état d'éveil. La fin de la période de sommeil est caractérisée par une montée rapide de la fréquence cardiaque à partir d'une fréquence cardiaque basse et stable (Stampfer, 1998). La méthode utilisée pour estimer la période de sommeil est donc basée sur ces observations.

La période de sommeil a été estimée en comparant les fréquences cardiaques moyennes des périodes de 5 minutes du début et de la fin de l'enregistrement. Le début du sommeil a été estimé comme le début d'une période de 5 minutes qui a présenté une fréquence cardiaque moyenne 10% inférieure à la période précédente. La fin de la période de sommeil a été estimée selon la méthode inverse, soit la fin d'une période de 5 minutes ayant une fréquence cardiaque moyenne 10% inférieure à la période suivante.

Dans le cas où plusieurs périodes ont répondu à ces critères, la période étant le plus près d'un plateau de fréquence cardiaque a été retenue. Dans le cas où aucune période n'a répondu à ces critères, la période de sommeil a été identifiée visuellement par le début et la fin d'un plateau continu de la fréquence cardiaque moyenne. L'intervalle R-R moyen pour la période de sommeil estimée a ensuite été extrait de l'enregistrement à l'aide du programme Polar Precision Performance (Polar Electro Oy, Kempele, Finlande (2002) version 4.03.040).

2.7 Analyses statistiques

Les résultats du STAI-Y (Spielberger, 1983) et de l'échelle de fatigue du POMS - SF (Shacham, 1983) ont été analysés entre elles et individuellement avec l'intervalle R-R moyen pendant le sommeil pour estimer trois corrélations différentes, soit a) la corrélation de mesures répétées, b) la corrélation inter sujets et c) la corrélation intra sujets. Ces différents coefficients de corrélation ont été estimés à l'aide de la méthode développée par Roy (2006) qui utilise la procédure *Mixed* de SAS (SAS Institute Inc., (2009) version 9.1.3, Cary, NC, États-Unis).

Par la suite, la méthode de Bland et Altman (Bland & Altman, 1995a) a été utilisée par l'intermédiaire du programme SPSS (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.) pour permettre de visualiser graphiquement le processus qui mène à l'estimation de la corrélation intra sujet et pour augmenter la confiance dans la méthode Roy (2006) par comparaison de résultats.

2.7.1 Méthode Roy

Corrélation de mesures répétées

La corrélation de mesures répétées indique si un participant avec une valeur élevée d'une variable à un premier temps de mesure a tendance à être accompagnée par une valeur élevée pour la même variable au prochain temps de mesure. Cependant, la corrélation de mesures répétées est le résultat de l'analyse de l'ensemble des liens dans le temps pour une paire de variables. Autrement dit, la corrélation de mesures répétées est un indicateur de la dépendance entre chaque temps de mesure pour chacune des deux variables. La corrélation de mesures répétées est donc la même pour chacune des deux variables analysées, pour tous les participants et à n'importe quel temps de mesure.

La corrélation de mesures répétées représente la somme des différents biais temporels et individuels qui ne font pas partie des corrélations intra ou inter sujets. Dans le cas de questionnaires psychométriques, ces biais représentent entre autres l'interprétation personnelle des questions, la comparaison d'une journée à l'autre et l'habitation au questionnaire. En d'autres termes, étant donné qu'un participant estime son état d'anxiété ou sa perception de fatigue en partie de façon relative aux journées précédentes, un participant avec un score élevé a tendance à avoir un score élevé dans les questionnaires subséquents. Il est donc nécessaire de prendre en compte ces biais

temporels à travers la corrélation de mesures répétées pour ne pas biaiser les corrélations intra et inter sujets comprenant les variables de l'anxiété ou de la perception de fatigue.

Dans le cas de la VRC, la corrélation de mesures répétées représente entre autres l'influence de la capacité physique du participant et de son adaptation personnelle aux demandes de l'expédition. En d'autres termes, étant donné que l'intensité de l'effort physique déployé pendant l'éveil influence la VRC pendant le sommeil (Bricout et al., 2010), le même travail a une influence moindre sur la VRC de l'individu avec une capacité physique élevée que sur la VRC de l'individu avec une capacité physique plus faible. Il est donc nécessaire de prendre en compte l'influence de ce biais personnel à travers la corrélation de mesures répétées pour ne pas biaiser les corrélations intra et inter sujets comprenant la variable de l'intervalle R-R moyen.

Corrélation inter sujets

La corrélation inter sujets indique si les participants avec une moyenne élevée pour une première variable ont tendance à être accompagnées par une moyenne élevée chez la seconde variable. La corrélation inter sujets est le résultat de l'analyse de l'ensemble des moyennes de tous les participants. La corrélation inter sujets est donc aussi la même pour tous les participants, à n'importe quel temps de mesure.

Corrélation intra sujets

La corrélation intra sujets indique si l'augmentation d'une variable est accompagnée de l'augmentation de la seconde variable chez le même participant. Cependant, la corrélation intra sujets est le résultat de l'analyse de l'ensemble des variations internes de tous les participants. Ceci implique que la corrélation intra sujet est la même pour tous les participants, à n'importe quel temps de mesure.

Estimation du coefficient de corrélation intra ou inter sujets de deux variables dépendantes aux mesures répétées grâce au modèle d'effets mixtes.

Étant donné que la corrélation de mesures répétées masque les corrélations intra et inter sujets si elle n'est pas prise en compte, la méthode développée par Roy (2006) sert essentiellement à modéliser la corrélation de mesures répétées grâce au modèle linéaire d'effet mixte. Cette modélisation est réalisée à travers la fonction *Mixed* de SAS (SAS Institute Inc., (2009) version 9.1.3, Cary, NC, États-Unis) qui applique un grand nombre de modèles aux données selon une structure

prédéterminée. Le modèle retenu par SAS est celui qui se conforme le mieux à la réalité des données.

Deux structures prédéterminées sont proposées par Roy (2006) pour représenter la corrélation de mesures répétées. Ces structures sont la symétrie composée (CS) et la structure autorégressive d'ordre un (AR(1)). La symétrie composée suppose une corrélation de mesures répétées égale entre tous les temps de mesure. La structure autorégressive d'ordre un suppose une corrélation qui diminue exponentiellement lorsque le temps entre les mesures augmente.

En d'autres termes, CS suppose que la corrélation $(X_i, X_{i+1}) = \text{corrélation}(X_i, X_{i+2}) = \text{corrélation}(X_i, X_{i+3}) = \rho$ alors que AR(1) suppose que la corrélation $(X_i, X_{i+1}) = \rho$, corrélation $(X_i, X_{i+2}) = \rho^2$, corrélation $(X_i, X_{i+3}) = \rho^3$. Selon Roy (2006) il est réaliste de croire qu'une de ces deux structures modélise de façon acceptable la corrélation de mesures répétées étant donné que plusieurs ensembles de données ont tendances à s'y conformer. Ceci signifie aussi que les structures CS et AR(1) ne se conforment pratiquement jamais parfaitement aux données.

Pour sélectionner la structure et le modèle qui se conforme le mieux à la réalité, la procédure doit être réalisée avec chaque structure, CS et AR(1). La qualité de conformité peut être comparée grâce aux statistiques d'ajustement, le critère d'information Bayesian (BIC) et le critère d'information Akaike (AIC). Ces critères sont des estimations de l'information perdue par le modèle, ce qui signifie que la structure retenue est celle qui présente la plus faible valeur de BIC et de l'AIC. Les résultats du BIC et de l'AIC ne sont pas des valeurs absolues, elles sont rattachées à la comparaison de modèles pour les mêmes variables et ne peuvent donc pas être comparées entre les modèles qui contiennent des variables différentes.

La structure de corrélation de mesures répétées retenue est donc une approximation de la corrélation de mesures répétées réelle. Une fois la corrélation de mesures répétées modélisée et estimée, la méthode de Roy (2006) peut estimer les corrélations intra et inter sujets. La méthode de calcul de la valeur ρ de chaque corrélation est présentement à l'étude et n'est donc pas présentée ici (Roy, 2006).

2.7.2 Méthode Bland et Altman

Il existe d'autres méthodes que celle de Roy (2006) pour estimer la corrélation inter et intra sujets entre deux variables dépendantes à mesures répétées. Bland et Altman (1995a, 1995b) proposent une méthode qui utilise les analyses statistiques couramment utilisées de la corrélation de Pearson et de régression multiple pour estimer les corrélations recherchées. Il est important de ne pas confondre la méthode décrite ici avec la comparaison de méthodes de mesures popularisée par les mêmes auteurs et généralement connue comme la méthode Bland et Altman (Altman & Bland, 1983). La méthode d'estimation de la corrélation inter et intra sujets possède l'avantage de pouvoir être présentée graphiquement et facilite la compréhension de la logique sous-jacente à la fois de leur propre méthode et celle de Roy (2006). Le désavantage de la méthode de Bland et Altman (1995a, 1995b) est qu'elle ne fait qu'isoler chacune des corrélations inter et intra sujets plutôt que de quantifier la corrélation de mesures répétées, ce qui est une perte d'information d'intérêt pour l'étude en cours. De plus, dans le cas de la corrélation inter sujets, Roy (2006) juge que la méthode proposée par Bland et Altman (1995b) est légèrement inférieure en précision.

La méthode privilégiée dans l'étude en cours est par conséquent celle de Roy (2006). Cependant, il demeure avantageux d'utiliser la méthode de Bland et Altman (1995a, 1995b) pour faciliter la compréhension de la signification des corrélations recherchées et la compréhension de la logique derrière la méthode de Roy (2006). L'utilisation de la méthode de Bland et Altman (1995a, 1995b) est donc purement pédagogique.

Analyse graphique et comparaison de résultats

Bland et Altman (1995a, 1995b) proposent d'utiliser la corrélation de Pearson entre la moyenne de chaque participant pour estimer la corrélation inter sujets. Roy (2006) explique que la corrélation inter sujets est équivalente à la corrélation entre les moyennes des participants pour chaque variable étudiée une fois que la corrélation de mesures répétées est prise en considération. Une corrélation de Pearson entre ces moyennes peut donc être considérée comme une estimation grossière qui indique adéquatement le sens, mais non la force de la corrélation inter sujets réel étant donné que la corrélation de Pearson ne prend pas en compte la corrélation de mesures répétées (Roy, 2006). En d'autres mots, la corrélation de Pearson entre la moyenne de chaque sujet ignore le nombre d'observations par sujet et la corrélation entre ces observations. Par conséquent, une corrélation de Pearson a été utilisée pour réaliser une estimation graphique grossière de la

corrélation inter sujets et pour comparer le sens du résultat avec le sens de la corrélation inter sujets issu de la méthode Roy (2006).

La méthode proposée par Bland et Altman (1995a) pour estimer la corrélation intra sujets utilise la régression multiple pour modéliser les différentes sources de variation d'une des deux variables dépendantes. Cette variable est la variable prédite (y) alors que la variable (x) est la variable prédictive. Cette méthode est équivalente à l'ajustement d'une droite de régression parallèle pour chaque sujet. La figure 2.2 présente un exemple fictif simplifié de trois participants avec 3 mesures (x,y) où des droites de régression parallèles ont été ajustées par régression multiple.

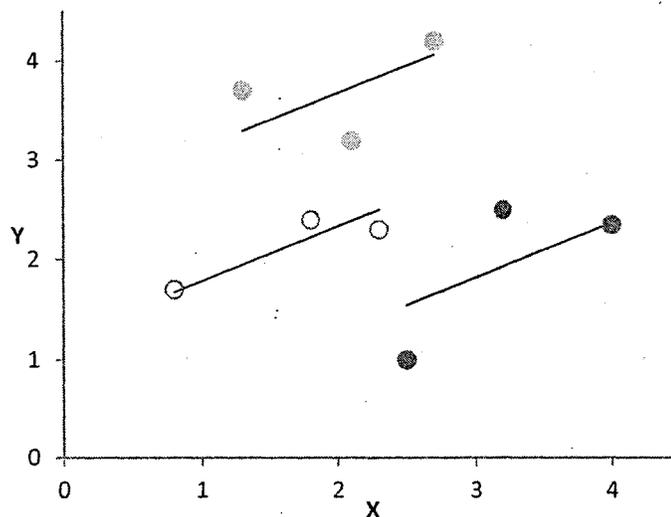


Figure 2.2 : Exemple fictif de droites de régression parallèles ajustées pour chaque sujet.

La pente et l'ordonnée à l'origine de chaque droite sont déterminées par l'analyse de variance issue de la régression multiple qui tente de minimiser la variation entre les données et les données prédites par les droites de régression parallèles. Ces droites sont donc un modèle optimal de corrélation entre (x) et (y); s'il n'y a pas de variation entre les données réelles et les données prédites (les données sont exactement sur leur droite respective), la corrélation entre (x) et (y) est alors parfaite ($r = 1$).

L'objectif final est d'estimer la proportion de variation de (y) causé par (x) par rapport à la variation totale en excluant la variation due aux sujets et aux mesures répétées. Il est possible de réaliser cette opération grâce aux droites de régression parallèles qui permettent d'identifier chacune des sources de variation requises. La variation totale représente la somme des différences au carré entre

chaque donnée et la moyenne de ces données (voir figure 2.3 A). La variation due aux sujets (et à toutes les variables à exclure, incluant les mesures répétées) est la somme des différences au carré entre les données prédites par les droites de régression et la moyenne de toutes les données (voir figure 2.3 B). La variation résiduelle, qui n'est pas expliquée par le modèle, est la somme des différences au carré entre chaque donnée et la donnée prédite par la droite de régression respective (voir figure 2.3 C). La variation due à la variable prédictive est la somme des différences au carré entre chaque donnée prédite et la moyenne des données de chaque participant (voir figure 2.3 D).

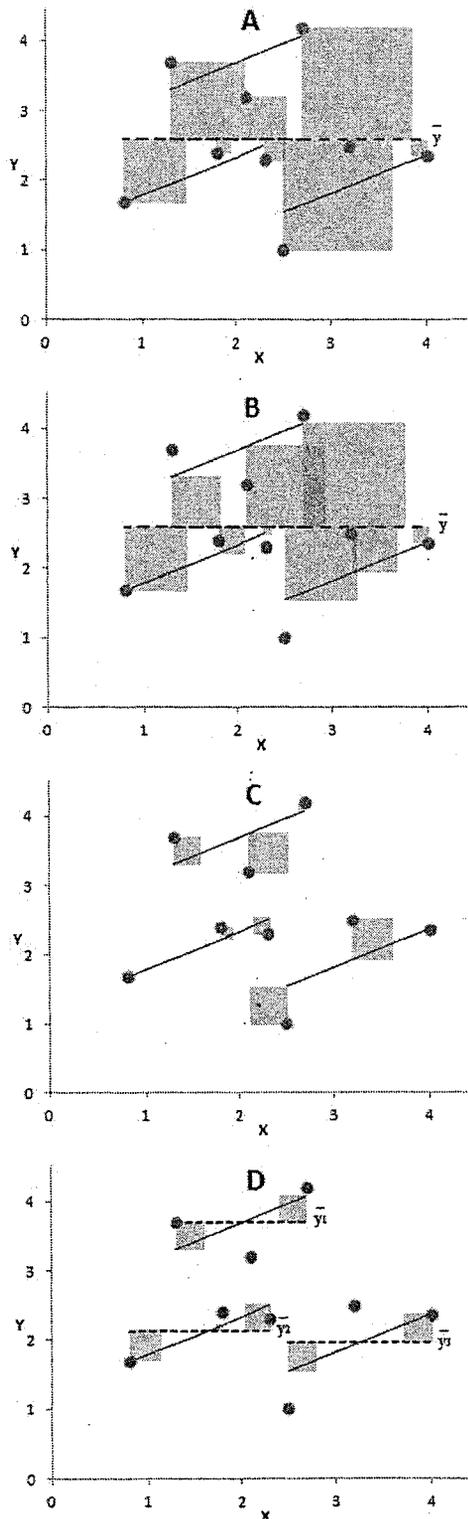


Figure 2.3 : A) Variation totale. B) Variation due aux sujets. C) Variation résiduelle. D) Variation due à la variable prédictive.

La figure 2.3 présente comment il est possible d'isoler les différentes sources de variation (exprimé par la somme des carrés des différences) qui composent la variation totale. Les sommes des carrés sont calculées dans l'analyse de variance qui accompagne la régression multiple. Bland et Altman (1995a) indiquent que la proportion de la variation de (y) expliqué par (x) une fois que la variation due aux sujets est mise de côté s'exprime comme :

$$\frac{\text{Variation due à la variable prédictive}}{\text{Variation due à la variable prédictive} + \text{Variation résiduelle}}$$

Pour avoir la force de la corrélation intra sujet entre les deux variables il est nécessaire de faire la racine carrée de cette proportion (Bland & Altman, 1995a). Soit :

$$\sqrt{\frac{\text{Variation due à la variable prédictive}}{\text{Variation due à la variable prédictive} + \text{Variation résiduelle}}}$$

Le signe de la corrélation est donné par le signe de la pente des droites de régression (Bland & Altman, 1995a). La corrélation est donc positive pour l'exemple utilisé plus haut.

2.7.3 Liens entre la méthode Roy et Bland et Altman

La logique sous-jacente est la même pour les méthodes de Roy (2006) et de Bland et Altman (1995a). La corrélation de mesures répétées est isolée de la corrélation totale pour conserver uniquement la corrélation d'intérêt, qui dans ce cas-ci est la corrélation intra sujets. La différence entre les deux méthodes réside dans le moyen pour estimer la corrélation de mesures répétées. Bland et Altman (1995a) estiment cette corrélation grâce au modèle (droites de régression parallèles) donné par une régression multiple qui minimise la variation entre ce modèle et les données réelles (variation résiduelle). Roy (2006) estime la corrélation de mesures répétées grâce au modèle linéaire d'effet mixte (matrice de corrélation) issu de la procédure *Mixed* de SAS(SAS Institute Inc., (2009) version 9.1.3, Cary, NC, États-Unis) qui minimise la variation entre ce modèle et les données réelles.

2.8 Opérationnalisation des hypothèses

Les analyses statistiques utilisées permettent de préciser les hypothèses de l'étude en incorporant les corrélations intra et inter sujets. Ces hypothèses spécifiques sont que :

H1) Les corrélations intra et inter sujets entre l'état d'anxiété et l'intervalle R-R moyen sont négatives.

H2) Les corrélations intra et inter sujets entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen sont négatives.

H3) Les corrélations intra et inter sujets entre l'état d'anxiété et la perception de fatigue sont positives.

Aucune hypothèse n'est émise concernant la force de ces corrélations étant donné qu'aucun fondement théorique sur celle-ci n'a été recensé par l'étude. Par conséquent, l'exploration de la force de ces corrélations est un aspect novateur de l'étude. Les corrélations de mesures répétées sont exclues des hypothèses étant donné qu'elles ne servent pas directement à estimer le lien entre l'anxiété, la perception de fatigue et la VRC.

Il est aussi nécessaire de noter que la méthode de Roy (2006) ne permet pas de tester la signification statistique des corrélations estimées. Les hypothèses sont donc testées de façon exploratoire à travers la direction des corrélations estimées.

Chapitre 3 : Résultats

3.1 Résultats univariés

La moyenne de l'anxiété d'état du groupe (STAI-Y; (Spielberger, 1983)) a été de 33,19 (ÉT=8,46). Les moyennes quotidiennes maximale et minimale ont été atteintes respectivement à la journée précédant l'expédition avec un résultat moyen de 39,62 (ÉT = 7,41) et la troisième journée de l'expédition avec un résultat moyen de 30,08 (ÉT=7,78).

La moyenne de la perception de fatigue du groupe (POMS-SF; (Shacham, 1983)) a été de 1,91 (ÉT=0,83). Les moyennes quotidiennes maximale et minimale ont été atteintes respectivement à la deuxième journée de l'expédition avec un résultat moyen de 2,42 (ÉT=1,18) et à la journée post expédition avec un résultat moyen de 1,51 (ÉT=0,47).

La moyenne des intervalles R-R moyens du groupe pendant le sommeil a été de 1010,54 ms (ÉT=151,99). Les moyennes quotidiennes maximale et minimale ont été atteintes respectivement à la journée pré expédition avec un résultat moyen de 1109 (ÉT=187,6) et à la deuxième journée de l'expédition avec un résultat moyen de 903,9 ms (ÉT=112,7).

L'anxiété d'état (STAI-Y; (Spielberger, 1983)) quotidienne individuelle pour la durée de l'expérimentation est présentée dans le tableau 3.1. Le tableau 3.2 présente la perception de fatigue individuelle (POMS-SF; (Shacham, 1983)) pour la durée de l'expérimentation. Le tableau 3.3 présente l'intervalle R-R moyen, en millisecondes, pendant le sommeil de chaque participant pour chaque nuit de l'expérimentation. Les moyennes quotidiennes pour chaque paire de variables ont été standardisées et sont présentées dans la figure ci-dessous (figure 3.1).

Tableau 3.1

Anxiété d'état quotidienne individuelle.

Participants	Pré	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5	Jour 6	Jour 7	Jour 8	Post	Moyenne
1	34	49	46	50	43	37	39	55	30	25	40.8
2	35	23	33	21	49	24	33	28	21	42	30.9
3	34	30	25	31	35	31	29	32	30	32	30.9
4	31	27	30	27	23	29	30	22	21	24	26.4
5	49	24	22	33	29	28	27	28	20	28	28.8
6	40	43	39	36	33	42	35	37	34	30	36.9
7	51	53	51	33	38	43	38	37	31	32	40.7
8	30	33	38	27	31	32	30	31	31	30	31.3
9	41	31	20	22	41	24	31	22	22	30	28.4
10	39	22	20	20	22	27	24	20	26	28	24.8
11	53	38	36	31	29	29	49	39	57	41	40.2
12	41	29	28	28	43	26	34	34	49	34	34.6
13	37	39	32	32	33	38	41	38	41	37	36.8
Moyenne	39.62	33.92	32.31	30.08	34.54	31.54	33.85	32.54	31.77	31.77	

Note. Mesurée avec la section état de la version canadienne-française du State-Trait Anxiety Inventory forme Y(Gauthier & Bouchard, 1993).

Tableau 3.2

Perception de fatigue quotidienne individuelle.

Participants	Pré	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5	Jour 6	Jour 7	Jour 8	Post	Moyenne
1	1	4	4.6	2	2.8	2	2.8	4.6	2.8	1	2.8
2		2.2	1.4	1	3	1	1.8	1	1.4	2.4	1.7
3		1.6	1.4	1.4	1.6	1	1	1	2	1	1.3
4	1.4	1.6	1.4	1.6	1	1.6	1.4	1.4	1.8	1.2	1.4
5	3	1.6	1.8	1	1.4	1.6	1.4	2	2.2	1.4	1.7
6	2	3.2	2.6	2.4	2	2.6	2.4	2.2	2	2.4	2.4
7	3.6	3.8	4.2	2.4	2.8	3.2	2.8	3	2.8	1.8	3.0
8	2.8	2.8	2.8	1.2	1.4	1.4	1	2	2.6	1.6	2.0
9	2	1	1.4	1.4	2.2	1.4	1	1.2	1	1	1.4
10	1.2	1	1	1.4	1	1	1.2	1.4	1.2	1.4	1.2
11	3.6	2.8	3.4	1.2	1	1.2	1.2	1.2	2	1.4	1.9
12	1.8	2	2	1.4		1.8	2.4	2.4	2.2	1.4	1.9
13	1.8	1.6	3.4	1.4	1.4	2	2.8	2.4	1.8	1.6	2.0
Moyenne	2.2	2.2	2.4	1.5	1.8	1.7	1.8	2.0	2.0	1.5	

Note. Mesurée avec la version canadienne-française courte du Profile of Mood States (Fillion & Gagnon, 1999).

Tableau 3.3

Intervalle R-R moyen (ms) individuel pendant le sommeil quotidien.

Participants	Pré	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5	Jour 6	Jour 7	Jour 8	Post	Moyenne
1	1239		801		825	847	892	893		958	922
2		1067		957		1101	1027	1042		1079	1046
3	952	924	913	932		956	1017		1095		969
4			807	885	906	894	975	1132	959	1158	965
5	802	815	808	873	865	851			960		853
6	1238	765	1102	1182	1323	1328	1204		1208	1220	1174
7								978			978
8			777	798	949	894	1028	941	922		901
9	1312	1220			1288	1313	1409	1268	1277		1298
10		1027	958	1092		1094	1104			1191	1078
11		863		959	1038	1067	942	885	904	888	943
12		935	961	938	997	1053		977		998	979
13			1008					955	934	966	965
Moyenne	1109	952	904	957	1024	1036	1066	1008	1032	1057	

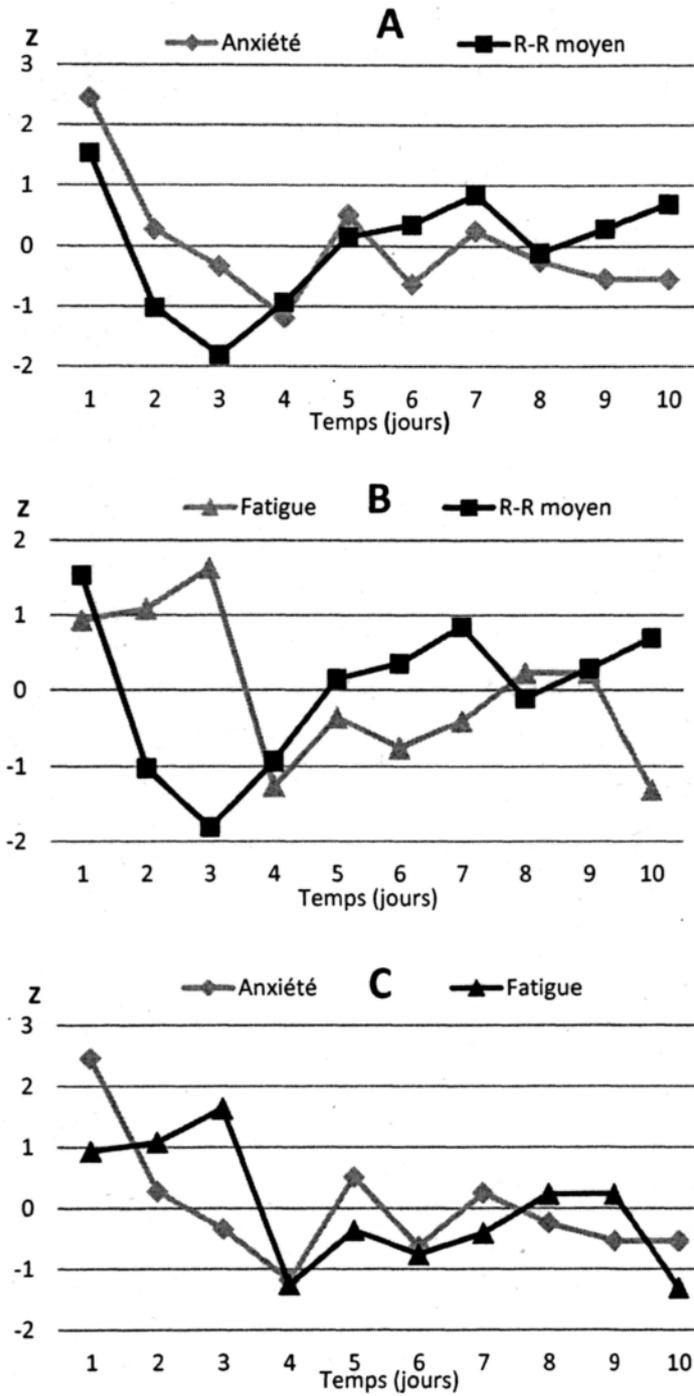


Figure 3.1 : Résultats standardisés des moyennes quotidiennes de tous les participants pour A) L'anxiété et intervalle R-R moyen, B) La perception de fatigue et intervalle R-R moyen et C) L'anxiété et la perception de fatigue.

Sur un total de 130 enregistrements potentiels, 89 ont été utilisés dans les analyses subséquentes (68.46%), 15 enregistrements (11.54%) sont manquants suite à des oublis ou des erreurs de manipulation des participants et 26 enregistrements (20%) ont été écartés de l'analyse suite à un mauvais contact des électrodes pendant la nuit ou une trop grande proportion d'erreurs d'enregistrements. Deux questionnaires STAI-Y (Spielberger, 1983) et trois questionnaires POMS-SF (Shacham, 1983) ont été remis avec un item manquant. Conformément aux recommandations du manuel du STAI-Y (Spielberger, 1983), le score global des questionnaires incomplet a été mesuré en attribuant le score moyen des items complétés à l'item manquant. Considérant que la sous échelle de perception de fatigue ne contient que cinq items et qu'aucune recommandation en ce qui concerne les données manquantes n'a été faite par Sacham (1983) ou dans la traduction canadienne-française (Fillion & Gagnon, 1999), les trois questionnaires POMS-SF (Shacham, 1983) ont été exclus de l'étude.

3.2 Normes

Dans leur traduction du STAI-Y (Spielberger, 1983), Gauthier et Bouchard (1993) établissent les normes pour l'échelle d'anxiété d'état, en rang centile, pour des échantillons masculin et féminin d'étudiants universitaire. Selon ces normes, les moyennes féminine (35.1 (ET=5.1)) et masculine (30.2 (ET=5.2)) pour la présente étude se placent respectivement au 42^e et 27^e rang centile (Gauthier & Bouchard, 1993).

3.3 Corrélation de mesures répétées.

La sélection de la structure utilisée pour modéliser la corrélation de mesures répétées a été faite en comparant les statistiques d'ajustements pour chaque structure (CS ou AR(1)) pour chacune des paires de variables d'intérêt. Le tableau 3.4 résume les statistiques d'ajustements des deux structures pour chaque paire de variables.

Tableau 3.4

Comparaison des structures de corrélation dans le temps selon les statistiques d'ajustement AIC et BIC.

Variables étudiées	Structure de corrélation dans le temps		
		AIC	BIC
Anxiété/Intervalle R-R moyen	CS	*	*
	AR(1)	1936.5	1941.6
Perception de fatigue/Intervalle R-R moyen	CS	1325.8	1330.9
	AR(1)	*	*
Anxiété/Perception de fatigue	CS	1140.6	1145.7
	AR(1)	1135.4	1140.4

Note. Le critère d'information Akaike (AIC) et le critère d'information Bayesian (BIC) mesurent l'information perdue par le modèle. Les structures de corrélations dans le temps utilisées sont la symétrie composée (CS) et la structure autorégressive d'ordre un (AR(1)). L'astérisque (*) signifie que la structure de corrélation de mesures répétées n'a pu être appliquée, car elle ne converge pas avec les données.

Les critères d'information (AIC et BIC) estiment l'information perdue par l'application du modèle aux données. La structure retenue est donc celle qui présente le modèle qui a la probabilité de s'ajuster le mieux aux données (le modèle qui présente la perte d'information minimale). Dans l'estimation de corrélation entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen, AR(1) a été retenue étant donné que la procédure *Mixed* (SAS Institute Inc., (2009) version 9.1.3, Cary, NC, États-Unis) n'a pu faire converger la structure CS aux données. En d'autres termes, aucun modèle avec une structure CS ne se conforme aux données de l'anxiété et de l'intervalle R-R moyen.

Dans l'estimation de corrélation entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen, CS a été retenue étant donné la procédure *Mixed* (SAS Institute Inc., (2009) version 9.1.3, Cary, NC, États-Unis) n'a pu faire converger la structure AR(1) aux données. Ceci signifie qu'aucun modèle avec la structure AR(1) ne se conforme aux données de la perception de fatigue et de l'intervalle R-R moyen.

Dans les estimations de corrélations entre l'anxiété et la perception de fatigue, AR(1) a été retenue étant donné que les statistiques d'ajustement montrent un meilleur ajustement avec cette structure qu'avec CS (voir tableau 3.4).

Les résultats de la procédure *Mixed* (SAS Institute Inc., (2009) version 9.1.3, Cary, NC, États-Unis) pour chaque paire de variables selon les structures sélectionnés sont présentés dans les tableaux 3.5 à 3.10. Étant donné que le modèle complet issu de la sortie de la procédure *Mixed* ne fait que répéter l'information utile, chaque tableau est une sélection abrégée de ce modèle. La sélection des temps de mesures a été faite pour ne pas présenter de données manquantes, ce qui simplifie la lecture sans changer le contenu du tableau. La méthode de calcul de la valeur p de chaque corrélation est présentement à l'étude et n'est donc pas présentée ici (Roy, 2006).

Les corrélations de mesures répétées pour les variables de l'anxiété et de l'intervalle R-R moyen, de la perception de fatigue et de l'intervalle R-R moyen, de l'anxiété et de la perception de fatigue sont respectivement de 0.25, -0.10 et 0.18. Étant donné que ces corrélations sont estimées par comparaison des données à l'intérieur de chaque sujet, ces valeurs sont présentées en caractères gras dans les tableaux 3.5, 3.6 et 3.7 des matrices estimées de la corrélation intra sujets. Les corrélations de mesures répétées sont les mêmes entre X_i et X_{i+1} ou Y_i et Y_{i+1} .

Tableau 3.5

Matrice estimée de la corrélation intra sujets entre l'anxiété (x) et l'intervalle R-R moyen (y).

	X ₅	Y ₅	X ₆	Y ₆	X ₇	Y ₇	X ₈	Y ₈
X ₅	1.00							
Y ₅	-0.20	1.00						
X ₆	0.25	-0.05	1.00					
Y ₆	-0.05	0.25	-0.20	1.00				
X ₇	0.06	-0.01	0.25	-0.05	1.00			
Y ₇	-0.01	0.06	-0.05	0.25	-0.20	1.00		
X ₈	0.01	-0.00	0.06	-0.01	0.25	-0.05	1.00	
Y ₈	-0.00	0.01	-0.01	0.06	-0.05	0.25	-0.20	1.00

Note. Les valeurs ombragées sont l'estimation de la corrélation intra sujets. Les valeurs en caractères gras sont les corrélations de mesures répétées. La méthode de calcul de la valeur p de chaque corrélation est présentement à l'étude et n'est pas présentée ici (Roy, 2006).

Tableau 3.6

Matrice estimée de la corrélation intra sujets entre la perception de fatigue (x) et l'intervalle R-R moyen (y).

	X ₅	Y ₅	X ₆	Y ₆	X ₇	Y ₇	X ₈	Y ₈
X ₅	1.00							
Y ₅	-0.31	1.00						
X ₆	-0.10	0.03	1.00					
Y ₆	0.03	-0.10	-0.31	1.00				
X ₇	-0.10	0.03	-0.10	0.03	1.00			
Y ₇	0.03	-0.10	0.03	-0.10	-0.31	1.00		
X ₈	-0.10	0.03	-0.10	0.03	-0.10	0.03	1.00	
Y ₈	0.03	-0.10	0.03	-0.10	0.03	-0.10	-0.31	1.00

Note. Les valeurs ombragées sont l'estimation de la corrélation intra sujets. Les valeurs en caractères gras sont les corrélations de mesures répétées. La méthode de calcul de la valeur p de chaque corrélation est présentement à l'étude et n'est pas présentée ici (Roy, 2006).

Tableau 3.7

Matrice estimée de la corrélation intra sujets entre l'anxiété (x) et la perception de fatigue (y).

	x ₁	y ₁	x ₂	y ₂	x ₃	y ₃	x ₄	y ₄
x ₁	1.00							
y ₁	0.52	1.00						
x ₂	0.18	0.10	1.00					
y ₂	0.10	0.18	0.52	1.00				
x ₃	0.03	0.02	0.18	0.10	1.00			
y ₃	0.02	0.03	0.10	0.18	0.52	1.00		
x ₄	0.01	0.00	0.03	0.02	0.18	0.10	1.00	
y ₄	0.00	0.01	0.02	0.03	0.10	0.18	0.52	1.00

Note. Les valeurs ombragées sont l'estimation de la corrélation intra sujets. Les valeurs en caractères gras sont les corrélations de mesures répétées. La méthode de calcul de la valeur p de chaque corrélation est présentement à l'étude et n'est pas présentée ici (Roy, 2006).

L'estimation de la corrélation de mesures répétées de ces matrices représente la structure utilisée dans la procédure *Mixed*. La corrélation dans le temps de l'anxiété et de l'intervalle R-R moyen (Tableau 3.5) et la corrélation dans le temps de l'anxiété et de la perception de fatigue (Tableau 3.7) se dégradent selon une structure AR(1), où la corrélation de $(X_i, X_{i+1}) = \rho$, corrélation de $(X_i, X_{i+2}) = \rho^2$, corrélation de $(X_i, X_{i+3}) = \rho^3$. Par exemple, la corrélation de mesure répétée dans le tableau 3.5 de $(X_5, X_6) = 0.25$ et il est possible de voir que cette corrélation est estimée selon une dégradation exponentielle, car $(X_5, X_7) = 0.25^2 = 0.06$ et $(X_5, X_8) = 0.25^3 = 0.01$. La corrélation dans le temps de la perception de fatigue et de l'intervalle R-R moyen (Tableaux 3.6) répond à la structure CS, où la corrélation de corrélation de $(X_i, X_{i+1}) =$ corrélation de $(X_i, X_{i+2}) =$ corrélation de $(X_i, X_{i+3}) = \rho$. Par exemple, la corrélation de mesures répétées dans le tableau 3.6 de $(X_5, X_6) = -0.10$ et il est possible de voir que cette corrélation est estimée comme étant fixe dans le temps, car $(X_5, X_7) = -0.10$ et $(X_5, X_8) = -0.10$.

3.4 Corrélation inter sujets

L'application de la corrélation de Pearson présente deux avantages pour l'analyse en cours (Roy, 2006). Premièrement, elle permet de tester l'analyse faite par le modèle linéaire d'effet mixte en confirmant le sens de l'estimation de la corrélation inter sujet. Deuxièmement, elle permet de visualiser graphiquement une estimation grossière de la corrélation inter sujets. Les résultats de la corrélation de Pearson entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen, entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen et entre la perception de fatigue et l'anxiété sont respectivement -0.22, -0.24 et 0.86. Ces corrélations sont présentées graphiquement dans les nuages de points ci-dessous (figure 3.2).

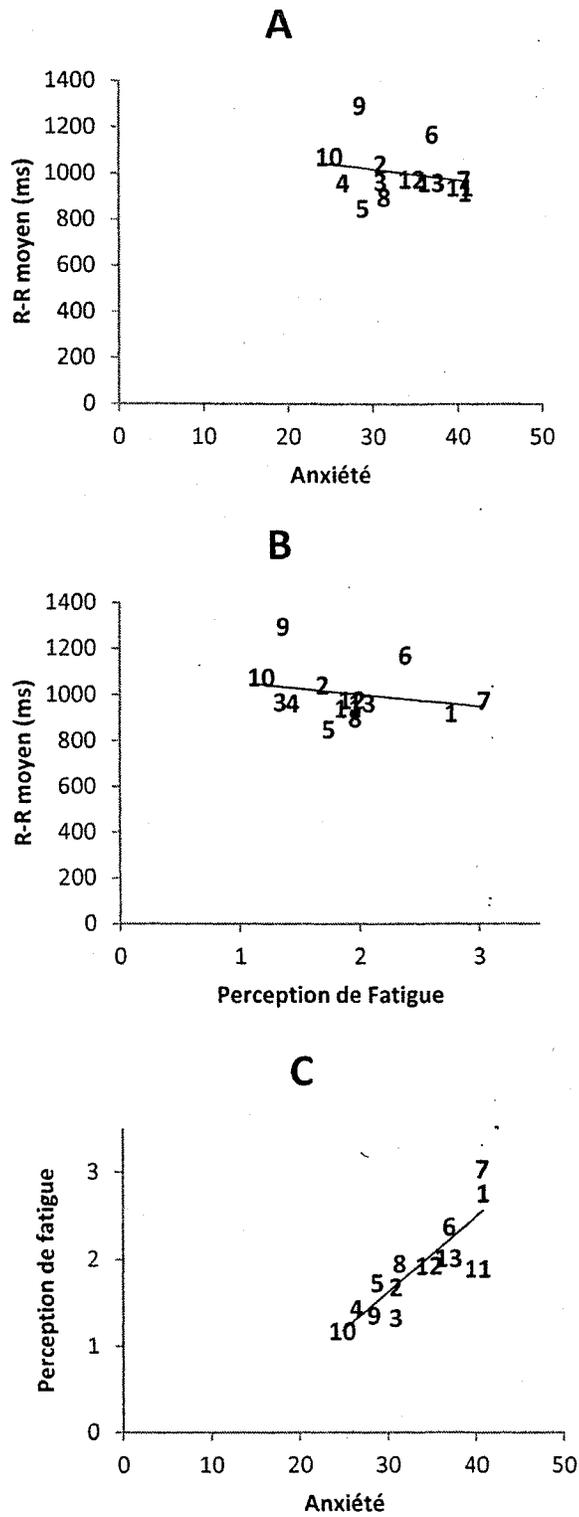


Figure 3.2 : Nuages de points et ligne de régression des moyennes des participants de A) l'anxiété et l'intervalle R-R moyen, B) la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen et C) l'anxiété et la perception de fatigue.

L'estimation de corrélation inter sujets (X_i, Y_i) pour chaque paire de variables est ombragée dans les tableaux 3.8, 3.9 et 3.10. La corrélation inter sujet entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen (tableau 3.8) est estimé à -0.20. La corrélation inter sujet entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen (tableau 3.9) est estimé à -0.28. La corrélation inter sujet entre l'anxiété et la perception de fatigue (tableau 3.10) est estimé à 0.65.

Tableau 3.8

Matrice estimée de la corrélation inter sujets entre l'anxiété (x) et l'intervalle R-R moyen (y).

	x_5	y_5	x_6	y_6	x_7	y_7	x_8	y_8
x_5	1.00							
y_5	-0.20	1.00						
x_6	0.67	-0.12	1.00					
y_6	-0.12	0.44	-0.20	1.00				
x_7	0.59	-0.10	0.67	-0.12	1.00			
y_7	-0.10	0.30	-0.12	0.44	-0.20	1.00		
x_8	0.57	-0.09	0.59	-0.10	0.67	-0.12	1.00	
y_8	-0.09	0.26	-0.10	0.30	-0.12	0.44	-0.20	1.00

Note. Les valeurs ombragées sont l'estimation de la corrélation inter sujets. La méthode de calcul de la valeur p de chaque corrélation est présentement à l'étude et n'est pas présentée ici (Roy, 2006).

Tableau 3.9

Matrice estimée de la corrélation inter sujets entre la perception de fatigue (x) et l'intervalle R-R moyen (y).

	X ₅	Y ₅	X ₆	Y ₆	X ₇	Y ₇	X ₈	Y ₈
X ₅	1.00							
Y ₅	-0.28	1.00						
X ₆	0.58	-0.11	1.00					
Y ₆	-0.11	0.35	-0.28	1.00				
X ₇	0.58	-0.11	0.58	-0.11	1.00			
Y ₇	-0.11	0.35	-0.11	0.35	-0.28	1.00		
X ₈	0.58	-0.11	0.58	-0.11	0.58	-0.11	1.00	
Y ₈	-0.11	0.35	-0.11	0.35	-0.11	0.35	-0.28	1.00

Note. Les valeurs ombragées sont l'estimation de la corrélation inter sujets. La méthode de calcul de la valeur p de chaque corrélation est présentement à l'étude et n'est pas présentée ici (Roy, 2006).

Tableau 3.10

Matrice estimée de la corrélation inter sujets entre l'anxiété (x) et la perception de fatigue (y).

	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	X ₃	Y ₃	X ₄	Y ₄
X ₁	1.00							
Y ₁	0.65	1.00						
X ₂	0.41	0.35	1.00					
Y ₂	0.35	0.43	0.65	1.00				
X ₃	0.30	0.29	0.41	0.35	1.00			
Y ₃	0.29	0.33	0.35	0.43	0.65	1.00		
X ₄	0.28	0.28	0.30	0.29	0.41	0.35	1.00	
Y ₄	0.28	0.31	0.29	0.33	0.35	0.43	0.65	1.00

Note. Les valeurs ombragées sont l'estimation de la corrélation inter sujets. La méthode de calcul de la valeur p de chaque corrélation est présentement à l'étude et n'est pas présentée ici (Roy, 2006).

3.5 Corrélation intra sujets

Deux méthodes ont été appliquées pour estimer la corrélation intra sujets. La méthode privilégiée est celle de Roy (2006), alors que la méthode de Bland et Altman (1995a) permet d'exprimer graphiquement la logique fondamentale aux deux méthodes en plus de permettre une comparaison des résultats.

Le résultat des régressions multiples utilisées dans la méthode de Bland et Altman (1995a) est présenté graphiquement pour chaque paire de variables étudiées (Anxiété-Intervalle R-R moyen, Fatigue-Intervalle R-R moyen et Anxiété-Fatigue) dans les figures 3.3, 3.4 et 3.5.

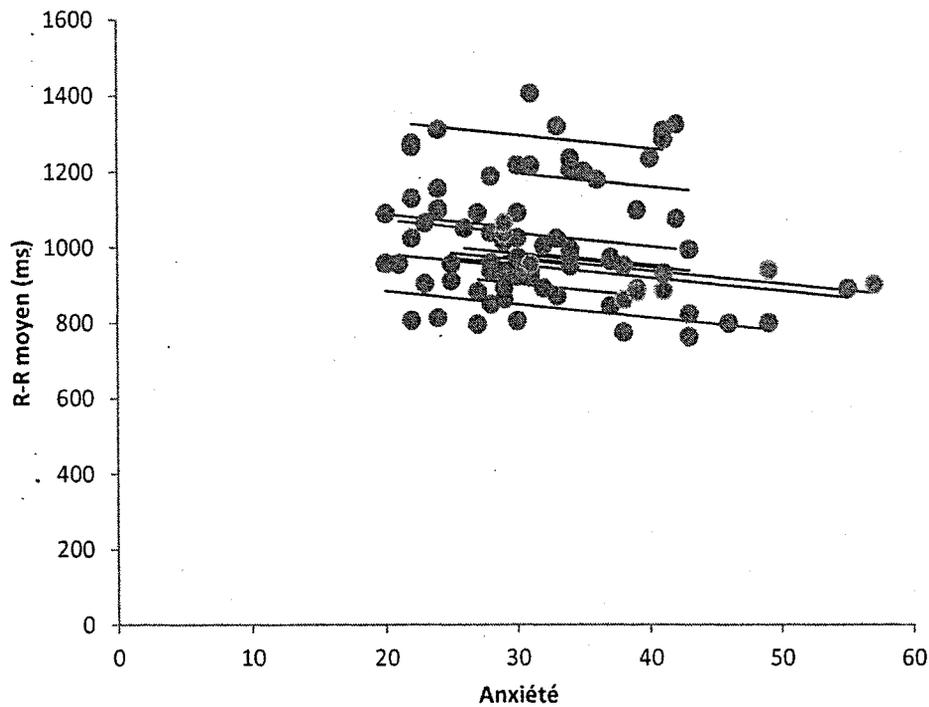


Figure 3.3 : Nuages de points et droites de régression parallèles entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen pour chaque participant.

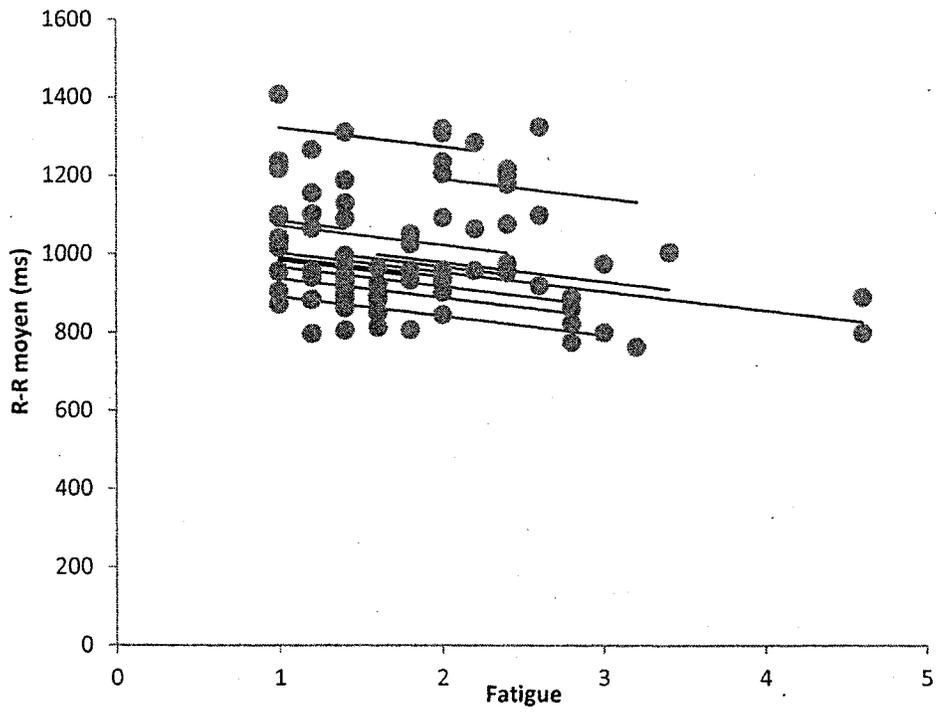


Figure 3.4 : Nuages de points et droites de régression parallèles entre la fatigue et l'intervalle R-R moyen pour chaque participant.

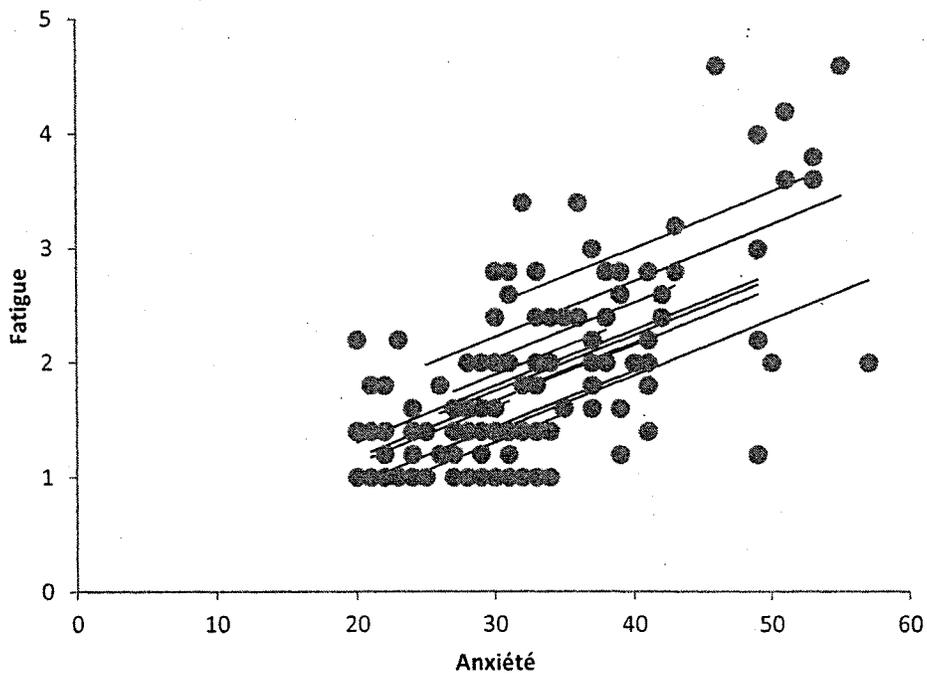


Figure 3.5 : Nuages de points et droites de régression parallèles entre l'anxiété et la fatigue pour chaque participant.

Les figures 3.3, 3.4 et 3.5 permettent d'estimer visuellement les différentes sources de variations d'intérêt. Les droites de régression, ajustées dans leur pente pour l'ensemble des participants et dans leur ordonnée à l'origine pour chaque participant, représentent le modèle de corrélation idéale. La variation entre les données prédites par les droites de régression et la moyenne des données réelle est la variation due aux sujets et aux mesures répétées. Plus cette variation est grande, plus les différences sont grandes entre les caractéristiques individuelles des participants en regard à la réponse aux variables impliquées.

La variation entre les données prédites par les droites de régression et la moyenne de chaque sujet est la variation due à la variable prédictive. La variation entre les données et les données prédites par les droites de régression est la variation résiduelle. Cette variation est inexpliquée par le modèle; elle n'est pas due aux caractéristiques individuelles des participants, aux mesures répétées ou à la variation due variable prédictive. La corrélation intra sujet est la racine carrée de la proportion déterminée par la variation due à la variable prédictive sur la variation totale restante une fois que les variations dues aux sujets et aux mesures répétées sont exclues (la variation totale restante est donc la somme de la variation due à la variable prédictive et la variation résiduelle). Graphiquement, ceci signifie que plus les données sont éloignées de leur droite de régression respective et compressée sur l'abscisse, plus la corrélation intra sujets est faible.

Les pentes des droites parallèles calculées dans la méthode Bland et Altman (1995a) entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen, entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen et entre l'anxiété et la perception de fatigue sont de -3.49, -48.38 et 0.05, respectivement. Les analyses de variance issues des régressions multiples de la méthode de Bland et Altman (1995a) sont présentées dans le tableau 3.11, 3.12 et 3.13. Selon la méthode de Bland et Altman (1995a), l'estimation de la corrélation intra sujets entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen est de -0.24, la corrélation intra sujets entre la fatigue et l'intervalle R-R moyen est de -0.32 et la corrélation intra sujets entre l'anxiété et la fatigue est de 0.51.

Tableau 3.11

Analyse de variance entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen

Source de variation	Somme des Carrés	Degrés de liberté	F	Sig.
Sujets	1285540.05	13	10.95	.000
Anxiété	38899.04	1	4.31	.042
Résiduelle	631900.84	70		

Tableau 3.12

Analyse de variance entre la fatigue et l'intervalle R-R moyen

Source de variation	Somme des Carrés	Degrés de liberté	F	Sig.
Sujets	1313101.04	13	11.44	.000
Fatigue	69418.13	1	7.86	.007
Résiduelle	600666.87	68		

Tableau 3.13

Analyse de variance entre l'anxiété et la fatigue

Source de variation	Somme des Carrés	Degrés de liberté	F	Sig.
Sujets	49.92	13	11.69	.000
Anxiété	13.28	1	40.43	.000
Résiduelle	37.10	113		

L'estimation de corrélation intra sujets issus de la procédure *Mixed* de la méthode Roy (2006) pour chaque paire de variables est présenté dans les tableaux 3.5, 3.6 et 3.7 selon la structure (X_i, Y_i) . La corrélation intra sujet entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen (tableau 3.5) est estimé à -0.20. La corrélation inter sujet entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen (tableau 3.6) est estimé à -0.31. La corrélation inter sujet entre l'anxiété et la perception de fatigue (tableau 3.7) est estimé à 0.52. Les résultats de la méthode Roy (2006) sont identiques dans le sens des corrélations intra sujets et similaire en force aux corrélations intra sujets issus de la méthode de Bland et Altman (1995a).

Chapitre 4 : Discussion

L'objectif général de l'étude était d'explorer le lien entre l'anxiété ou la perception de fatigue et la VRC afin de mieux comprendre l'importance du lien entre la régulation de l'état émotif et la régulation de l'état physiologique. Les résultats suggèrent que les trois hypothèses de l'étude sont plausibles, soit:

H1) les corrélations intra et inter sujets entre l'état d'anxiété et l'intervalle R-R moyen sont négatives.

H2) les corrélations intra et inter sujets entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen sont négatives

H3) les corrélations intra et inter sujets entre l'état d'anxiété et la perception de fatigue sont positives.

4.1 Analyses graphiques

Deux méthodes alternatives ont été utilisées pour arriver à une estimation graphique de corrélations inter sujets et intra sujets. Étant donné que la corrélation de Pearson est une estimation grossière du sens, mais non de la force de la corrélation inter sujets, il est possible d'analyser graphiquement les nuages de points des moyennes de chaque sujet et leur droite de régression pour chaque paire de variables étudiées.

Quelques informations utiles peuvent être extraites de la figure 3.2. Premièrement, la dispersion des moyennes donne une idée très générale de la force de corrélation de Pearson. Deuxièmement, la droite de régression permet de voir le sens de la corrélation de Pearson et donc de la corrélation inter sujets. Finalement, la pente permet d'évaluer le changement grossièrement estimé de y par rapport à x.

Le nuage de point des figures 3.2 A) (anxiété/intervalle R-R moyen) et 3.2 B) (perception de fatigue/intervalle R-R moyen) sont plutôt dispersés, ce qui laisse supposer une corrélation relativement faible. Les droites de régression des figures 3.2 A) et 3.2 B) sont négatives et permettent d'emblée de connaître le sens de la corrélation de Pearson et de la corrélation inter

sujets. Dans la figure 3.2 A), il est possible d'estimer visuellement à moins de 100ms de changement dans la moyenne des intervalles R-R moyen pour chaque 20 points de changements de moyenne d'anxiété. En d'autres termes, cette estimation grossière suggère qu'une variation importante dans la moyenne de l'anxiété (20 points de variation sur une échelle variant entre 20 et 80 points) est reliée à une variation de la fréquence cardiaque moyenne pendant le sommeil d'environ 6 bpm (basé sur la moyenne du groupe de 1010.54ms, ou 59.37 bpm).

La figure 3.2 B) permet d'estimer visuellement à moins de 100ms de changement dans la moyenne des intervalles R-R moyen pour chaque 2 points dans la moyenne de perception de fatigue. En d'autres termes, cette estimation grossière suggère qu'une variation importante de la moyenne de la perception de fatigue (2 points de variation sur une échelle variant entre 1 et 5) est reliée à une variation de la fréquence cardiaque moyenne pendant le sommeil d'environ 6 bpm (basée sur la moyenne de l'ensemble des participants de 1010.54ms, ou 59.37 bpm).

La dispersion du nuage de point de la figure 3.2 C) est comparativement moins grande, ce qui laisse supposer une corrélation plus forte entre l'anxiété et la perception de fatigue. La droite de régression positive de la figure permet de connaître le sens de la corrélation de Pearson et de la corrélation inter sujets pour les mêmes variables. La même figure permet aussi d'estimer visuellement à environ un point de perception de fatigue pour chaque 20 points de changement d'anxiété.

La méthode de Bland et Altman (1995a) pour estimer la corrélation intra sujets utilise la régression multiple, ce qui implique une analyse de variance qui a permis de créer les figures aux droites de régressions parallèles 3.3, 3.3 et 3.5. Étant donné que la méthode de Bland et Altman (1995a) est une méthode alternative à l'estimation de la corrélation intra sujets par modèle d'effets mixte de Roy (2006), il est possible d'utiliser les figures 3.3, 3.4 et 3.5 pour extraire des informations pertinentes et mieux comprendre les résultats de l'étude.

Le sens de la pente des droites de régression parallèles est la première information pertinente que donnent les figures 3.3, 3.4 et 3.5. Le sens de la pente indique le sens de la corrélation intra sujets, ce qui se traduit par une corrélation intra sujets négative pour l'anxiété/intervalle R-R moyen et pour la fatigue/intervalle R-R moyen. La pente positive des droites de régression entre l'anxiété et la perception de fatigue indique une corrélation positive entre les mêmes variables.

La pente des droites de régression parallèles indique le changement estimé de y par rapport à x. La figure 3.3 permet donc d'estimer visuellement à moins de 100ms de changement dans l'intervalle R-R moyen (y) pour chaque 20 points de changements d'anxiété (x). La figure 3.4 permet d'estimer visuellement à moins de 100ms de changement dans l'intervalle R-R moyen (y) pour chaque 2 points de perception de fatigue (x). La figure 3.5 permet d'estimer visuellement à environ un point de perception de fatigue (y) pour chaque 20 points de changement d'anxiété (x).

4.2 Méthodes comparatives

La corrélation de Pearson est utilisée dans cette étude essentiellement pour tester la robustesse de la méthode d'estimation de la corrélation inter sujets du modèle d'effets mixtes (Roy, 2006). Le terme robustesse est utilisé ici avec la signification qu'un modèle d'effets mixtes qui conserve le sens de la corrélation de Pearson est robuste (Roy, 2006). La corrélation de Pearson entre l'anxiété/l'intervalle R-R moyen, entre la perception de fatigue/l'intervalle R-R moyen et entre la perception de fatigue/ l'anxiété est respectivement -0.22, -0,24 et 0,86. En comparant ces corrélations de Pearson avec les corrélations inter sujets pour les mêmes paires de variables (-0.20, -0.28, 0.65), il est possible de constater que le sens de la corrélation est conservé. Cependant, la force de la corrélation a été surestimée entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen et entre l'anxiété et la perception de fatigue. La force de la corrélation a été sous-estimée entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen. Ces résultats concordent avec l'étude de Roy (2006) qui a aussi observé que la corrélation de Pearson des moyennes de chaque paire de variables conservait le sens, mais non la force de la corrélation inter sujets, ce qui augmente la confiance dans les résultats obtenus.

La régression multiple contenue dans la méthode de Bland et Altman (1995a) permet d'estimer le changement de chaque variable dans chacun de ses modèles de corrélation intra sujets. La pente des droites de régression parallèles représente l'estimation moyenne d'une variable par rapport à l'autre. La pente de -3.49 entre l'anxiété et la VRC indique que chaque point d'anxiété supplémentaire a été accompagné en moyenne d'une diminution de 3.49ms de l'intervalle R-R moyen chez le même sujet. En d'autres termes, le modèle estime grossièrement qu'une augmentation de 20 points d'anxiété quotidienne est accompagnée par une augmentation d'environ 4 bpm pendant le sommeil (une réduction de 70 ms basée sur la moyenne de l'intervalle R-R moyen du groupe de 1010.54 ms). Par référence, une augmentation de 20 points d'anxiété

représente environ la différence entre l'état d'anxiété normale et l'état d'anxiété précédent un examen important pour un échantillon féminin d'étudiantes universitaires (Spielberger, 1983). Une augmentation de 4 bpm pendant le sommeil équivaut approximativement à la réaction du corps à une alcoolémie de 37mg/100ml de sang au début du sommeil (Sagawa et al., 2011) ou à la réaction du corps à 30 minutes de courses à 75 % de la capacité maximale d'entrée d'oxygène (VO_{2max}) quelques heures avant le sommeil (Myllymäki et al., 2012). Cette comparaison d'effets porte à croire que l'état d'anxiété possède un effet substantiel sur la capacité de récupération du corps pendant le sommeil, où une forte anxiété d'état est reliée à une augmentation de l'effort cardiaque et donc à une diminution de la capacité de récupération pendant le sommeil.

La pente de -48.38 entre la perception de fatigue et la VRC indique que chaque point de perception de fatigue supplémentaire a été accompagné en moyenne d'une diminution de 48.38 ms de l'intervalle R-R moyen chez le même sujet. En d'autres termes, le modèle estime grossièrement qu'une augmentation de 1 point de perception de fatigue quotidienne est accompagnée par une augmentation d'environ 3 bpm pendant le sommeil (une réduction de 48.38 ms basée sur la moyenne de l'intervalle R-R moyen du groupe de 1010.54 ms). Par référence, la différence observée de perception de fatigue entre des athlètes en condition d'entraînement et en condition post compétition est de 0.58 point (Terry & Lane, 2000). Comme pour l'état d'anxiété, il semble qu'une augmentation de la perception de fatigue d'un peu plus d'un point soit reliée à une augmentation de l'effort cardiaque pendant le sommeil comparable à des situations de diminution de la capacité de récupération (Myllymäki et al., 2012; Sagawa et al., 2011).

La pente de 0.05 entre l'anxiété et la perception de fatigue indique que chaque point d'anxiété supplémentaire a été accompagné en moyenne d'une augmentation de 0.05 point de perception de fatigue chez le même sujet. Cependant, il est nécessaire de modérer la portée des relations basées sur la pente des droites parallèles étant donné qu'elles confondent les sources de variation confondues et peuvent donc comprendre des variables qui masquent la covariation réelle de chaque variable. Pour cette raison, la corrélation de mesures répétées, la corrélation inter sujets et la corrélation intra sujet permettent une compréhension plus précise de la relation entre chaque paire de variables.

4.3 Estimation par modèle d'effets mixtes

4.3.1 Corrélations de mesures répétées

La corrélation de mesures répétées entre l'anxiété et la VRC, entre la perception de fatigue et la VRC et entre l'anxiété et la perception de fatigue ont été estimées à 0.25, -0.10 et 0.18, respectivement. Ces corrélations permettent d'arriver à une combinaison de conclusions.

Les corrélations de mesures répétées suggèrent que l'influence mutuelle entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen et entre l'anxiété et la perception de fatigue n'est pas limitée à l'état immédiat. En effet, ces corrélations indiquent qu'une partie de la variance expliquée est l'effet d'un résultat sur les résultats subséquents. De plus, étant donné que l'état d'anxiété et la perception de fatigue ont été mesurés à la fin de chaque journée pour représenter la moyenne de la journée en cours et que l'intervalle R-R moyen a été mesuré pendant le sommeil du participant, il semble logique de croire que l'influence dans le temps perdure au minimum jusque dans la nuit. Dans le cas de l'interaction anxiété/perception de fatigue, cette influence semble perdurer au moins jusqu'au lendemain. Ce résultat supporte l'étude de Dishman et associés (2000), qui ont conclu que la VRC est influencée par l'anxiété vécue dans la semaine précédente. La corrélation de mesures répétées entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen peut donc éventuellement être utilisée comme fondement théorique pour estimer le temps nécessaire pour que s'atténue l'influence physiologique et psychologique d'un épisode anxiogène.

4.3.2 Lien entre l'anxiété et la VRC

La corrélation inter sujets entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen est estimée à -0.20. La force de cette corrélation indique que la moyenne d'anxiété partage négativement 4.1% de la variance de la moyenne de l'intervalle R-R moyen de chaque participant. Ce résultat signifie que les participants qui ont une moyenne d'anxiété d'état élevée ont tendance à avoir une moyenne d'intervalles R-R moyens faible. La corrélation intra sujet entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen a été estimée à -0.20. La force de cette corrélation indique que l'anxiété chez un même participant partage négativement 3.9% de la variance de l'intervalle R-R moyen. Ce résultat signifie que l'augmentation de l'anxiété a tendance à être accompagnée par une diminution de l'intervalle R-R moyen chez le même participant. Ces résultats suggèrent comme plausible l'hypothèse d'étude H1) les corrélations intra et inter sujets entre l'anxiété et la VRC sont négatives.

L'estimation de la corrélation inter sujets supporte une variété d'études qui ont relié un état anxieux élevé à un intervalle R-R moyen faible. Les individus souffrant de trouble anxieux généralisé (GAD) ont un intervalle R-R moyen au repos plus faible que les individus qui répondent normalement à l'anxiété (Thayer, Friedman, & Borkovec, 1996). Il a aussi été observé que les hommes qui vivent avec une anxiété phobique ont un intervalle R-R moyen plus faible que les hommes sans anxiété phobique (Kawachi, Sparrow, Vokonas, & Weiss, 1995). Même lorsque la relation à l'anxiété n'est pas pathologique, les femmes fortement anxieuses ont un intervalle R-R plus faible que les femmes faiblement anxieuses (Fuller, 1992). L'estimation de la corrélation intra sujets supporte aussi plusieurs études qui ont relié l'augmentation de l'anxiété à la diminution de l'intervalle R-R moyen chez le même participant (Appelhans & Luecken, 2006; Cervantes Blasquez et al., 2009; Friedman, 2007; Mateo et al., 2012; Morales et al., 2012).

Les corrélations inter et intra sujets négatives entre l'anxiété ou et l'intervalle R-R moyen supporte la théorie mise de l'avant par Appelhans et Luecken (2006), où la VRC est un indicateur des réserves cardiaques disponibles pour répondre aux demandes situationnelles changeantes. L'augmentation de l'anxiété est un indicateur de l'augmentation de ces demandes, ce qui se traduit par une diminution des réserves cardiaques potentielles; la diminution de l'intervalle R-R moyen.

Les résultats de l'étude suggèrent donc des applications pratiques dans les situations où les réserves cardiaques sont importantes. Par exemple, les résultats semblent indiquer qu'un athlète qui souhaite maximiser sa récupération post entraînement ou un convalescent qui désire accélérer sa guérison pourrait optimiser ses réserves cardiaques potentielles en minimisant son anxiété d'état. Dans le cas d'une expédition autonome en plein air ou dans tout autre contexte où la capacité de récupération peut avoir une influence décisive sur le succès de l'entreprise, la gestion de l'anxiété est donc un facteur de contribution à ce succès.

Les corrélations intra et inter sujets entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen semblent aussi être des arguments pour la promotion d'environnements de travail et de vie faiblement anxiogène. Du fait, des réserves cardiaques constamment réduites semblent prédire une panoplie de complications cardiaques même chez des individus initialement en santé (Tsuji et al., 1996; Whitsel et al., 2001)

Les résultats de l'étude supporte aussi les recherches de Thayer et Lane (2000; Thayer & Lane, 2009). Les corrélations entre l'anxiété et l'intervalle R-R moyen suggèrent l'existence d'un lien

physiologique entre le nœud sinusal et les structures responsables de la gestion des émotions (amygdale, cortex préfrontal, substance grise périaqueducale, noyau du faisceau solitaire, etc.). Ceci porte à croire que les branches sympathique et parasympathique du système nerveux autonome jouent effectivement le rôle de messenger dans la relation entre l'état émotif et la gestion de l'activité cardiaque. L'augmentation de l'état d'anxiété semble donc reliée à une diminution de l'intervalle R-R moyen par une dominance sympathique ou un retrait parasympathique.

4.3.3 Lien entre la perception de fatigue et la VRC

La corrélation inter sujets entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen a été estimée à -0.28. La force de cette corrélation indique que la moyenne de perception de fatigue partage négativement 7.8% de la variance moyenne de l'intervalle R-R moyen de chaque participant. Ce résultat suggère que les participants qui ont une moyenne de perception de fatigue élevée ont tendance à avoir une moyenne d'intervalle R-R moyen faible. La corrélation intra sujets entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen a été estimée à -0.31. La force de cette corrélation indique que la perception de fatigue chez un même participant partage négativement 9.8% de la variance de l'intervalle R-R moyen. Ces résultats semblent indiquer que l'augmentation de la perception de fatigue a tendance à être accompagnée par une diminution de l'intervalle R-R moyen chez le même participant. Ces résultats suggèrent comme plausible l'hypothèse d'étude H2) les corrélations intra et inter sujets entre la perception de fatigue et la VRC sont négatives.

À notre connaissance, il n'existe aucune étude entre différents groupes dans le but de déterminer s'il existe une relation entre la moyenne de perception de fatigue et la moyenne de la VRC. Cependant, la corrélation inter sujets négative supporte le constat général établi par les études qui ont testé les variations intra sujets où l'augmentation de la perception de fatigue a été accompagnée d'une diminution de l'intervalle R-R moyen (Bricout et al., 2010; Tran et al., 2009).

Ces résultats supportent aussi l'étude de Appelhans et Luecken (2006) qui suggère que la VRC est un indicateur des réserves cardiaques potentielles du corps. Les corrélations intra et inter sujets négative semblent indiquer que la perception psychologique d'une diminution de capacité fonctionnelle (hausse de la perception de fatigue) est reliée à une diminution réelle des réserves cardiaques potentielles (diminution de l'intervalle R-R moyen pendant le sommeil). Ces résultats suggèrent donc que la perception de fatigue peut être utilisée comme indicateur partiel de l'état des réserves cardiaques dans des conditions où la mesure de la VRC est impossible, par exemple.

Les résultats de l'étude supportent aussi les recherches de Thayer et Lane (2000; Thayer & Lane, 2009). Les corrélations entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen suggèrent l'existence d'un lien physiologique entre le nœud sinusal et les structures responsables de la gestion des émotions. Ceci porte à croire que les branches sympathique et parasympathique du système nerveux autonome jouent effectivement le rôle de messenger dans la relation entre l'état émotif et la gestion de l'activité cardiaque. L'augmentation de la perception de fatigue semble donc reliée à une diminution de l'intervalle R-R moyen par une dominance sympathique ou un retrait parasympathique.

4.3.4 Lien entre l'anxiété et la perception de fatigue

La corrélation inter sujets entre l'anxiété et la perception de fatigue a été estimée à 0.65. La force de cette corrélation indique que la moyenne de l'anxiété partage positivement 42% de la variance de la moyenne de perception de fatigue de chaque participant. Ce résultat suggère que les participants qui ont une moyenne d'anxiété élevée ont une forte tendance à avoir une moyenne de perception de fatigue élevée. La corrélation intra sujets entre l'anxiété et la perception de fatigue a été estimée à 0.52. La force de cette corrélation indique que l'anxiété chez un même participant partage positivement 26.8% de la variance de la perception de fatigue. Ce résultat semble indiquer que l'augmentation de l'anxiété a tendance à être accompagnée d'une augmentation de la perception de fatigue chez le même participant. Ces résultats suggèrent comme plausible (l'hypothèse d'étude H3) les corrélations intra et inter sujets entre l'anxiété et la perception de fatigue sont positive.

La corrélation inter sujets supporte l'étude de Redeker, Lev et Ruggiero (2000), qui a aussi trouvé une forte corrélation entre l'anxiété et la perception de fatigue chez des individus atteints de cancer. La même corrélation supporte aussi l'étude de ter Wolbeek et ses collaborateurs (2011), qui ont observé la corrélation entre l'anxiété et la perception de fatigue à deux reprises, soit des corrélations comparables de 0.58 et 0.59. La corrélation intra sujet appuie l'étude de Christensen et associés (1986) qui a observé une augmentation significative de la perception de fatigue avec une augmentation significative de l'anxiété chez les mêmes individus ayant subi une chirurgie abdominale. Les résultats de l'étude soulignent comment une perception de fatigue accrue ouvre le chemin à l'augmentation de l'état d'anxiété, ou vice versa. Concrètement, ceci signifie que la

gestion de l'anxiété et de ses effets négatifs passe entre autres par la gestion de la perception de fatigue.

4.5 Limites

Le fait que les enregistrements de la VRC n'ont pas été réalisés dans un environnement uniforme est une limite de l'étude. Il a été observé que la température ambiante n'a pas d'effet significatif sur l'intervalle R-R moyen pendant le sommeil, ce qui tend à minimiser l'influence d'avoir utilisé les enregistrements réalisés en refuge (Okamoto-Mizuno, Tsuzuki, Mizuno, & Ohshiro, 2009). Cependant, la même étude rapporte néanmoins une influence sur le ratio LF/HF (Okamoto-Mizuno et al., 2009). Ceci porte à croire que la température ambiante pendant le sommeil influe sur le système nerveux et qu'il est donc préférable d'uniformiser l'environnement d'enregistrement de la VRC lors d'études subséquentes.

La méthodologie relative aux enregistrements de la VRC est une des limites de l'étude. Le fait de laisser les participants manipuler les cardiofréquencemètres est une première source de données manquantes ou inutilisables. Cette décision méthodologique a mené à des oublis et des erreurs de manipulation. La seconde source de données manquantes ou inutilisables est causée par la décision méthodologique d'enregistrer la VRC pendant la totalité de la période de sommeil. Cette décision a mené à de mauvais contacts entre les électrodes et le cardiofréquencemètre de plusieurs participants, ce qui a provoqué une perte d'information considérable. Cette décision a aussi obligé l'estimation de la période de sommeil, ce qui a ajouté du bruit dans les analyses subséquentes. De plus, étant donné que chaque enregistrement a été d'une durée variable, il a été impossible d'utiliser plusieurs variables extraites de la VRC considérées comme plus sensibles aux variations du système nerveux autonome que celle de l'intervalle R-R moyen. Il semble donc pertinent que les futures études suivent les normes d'enregistrement de la VRC, soit une période de 5 minutes en position couchée (Task Force, 1996). Cette méthode possède l'avantage d'écarter les erreurs de manipulation et permet de vérifier en tout temps le bon fonctionnement du système d'enregistrement.

L'utilisation de questionnaires psychométriques pour mesurer l'anxiété et la perception de fatigue moyenne de la journée est aussi une limite méthodologique de l'étude. Il est difficile d'établir si les participants ont été en mesure de distinguer leur état immédiat de leur état général de la journée.

Il semble donc pertinent que les futures études mesurent l'état immédiat de l'anxiété et de la perception de fatigue, étant donné que ces mesures sont néanmoins représentatives des événements de la journée.

L'impossibilité de tester la signification statistique des corrélations estimées est une limite essentielle à considérer pour bien comprendre la portée de l'étude. En effet, la force de la corrélation estimée n'indique aucunement que la probabilité statistique est significativement différente de zéro, ce qui ne permet pas de confirmer ou d'infirmer les hypothèses mises de l'avant grâce à la revue de littérature. L'étude permet cependant de souligner des résultats encourageant à la confirmation de ces hypothèses et incite l'utilisation d'une méthode qui permet de tester la signification statistique de ces corrélations lorsque celle-ci sera disponible (Roy, 2006).

Il est essentiel de souligner la possibilité que les corrélations estimées soient biaisés par la violation potentielle d'une condition d'application du test de corrélation. En effet, un test de corrélation estime la relation linéaire entre deux variables, alors que chacune des paires de variables étudiés semble démontrer une relation curvilinéaire. La figure 3.1, qui expose l'évolution des moyennes standardisées de chaque paire de variables dans le temps, montre comment la relation entre chaque paire de variables n'est pas constante dans son sens comme dans sa force. Par exemple, la figure 3.1 A montre une relation positive entre les temps 1 à 3 et une relation généralement négative entre les temps 4 à 10. Cette violation possible peut se traduire par une estimation biaisée de la corrélation de mesures répétées et, en conséquence, par une estimation biaisée de la corrélation inter et intra sujets. Une solution envisageable à ce problème pour des études subséquentes pourrait-être d'envisager des analyses supplémentaires pour chaque section au lien relativement linéaire. Des estimations similaires de corrélation de mesures répétées, de corrélation inter sujets et de corrélation intra sujets pour chaque analyse serait alors gage d'une certaine robustesse de l'estimation générale de tous les temps de mesures.

Il est aussi important de ne pas interpréter les résultats de l'étude au-delà de leur portée. Par exemple, les corrélations à elles seules ne permettent pas une interprétation causale. Une corrélation indique le partage plus ou moins fort de variation entre les deux variables, mais ne donne aucune information concernant si ce lien est unidirectionnel ou bidirectionnel. Ceci signifie que les corrélations seules ne permettent pas de savoir si l'état d'anxiété affecte l'intervalle R-R moyen ou si l'intervalle R-R moyen affecte l'état d'anxiété.

Il est aussi possible que des variables masquantes aient interféré avec les corrélations étudiées. L'activité physique réalisée dans une journée est une variable connue pour sa relation inverse sur l'intervalle R-R moyen pendant le sommeil (Bricout et al., 2010). Il est donc possible que l'activité physique réalisée par les participants ait masqué l'effet de l'état d'anxiété sur l'intervalle R-R moyen. Alors qu'une diminution de l'état d'anxiété est généralement accompagnée par une augmentation de l'intervalle R-R moyen, l'activité physique intense peut au contraire augmenter la demande d'apport sanguin pendant le sommeil et annuler l'effet d'une baisse d'anxiété. En ce sens, la méthodologie de l'étude établit la limite de l'exactitude des corrélations étudiées. Une étude subséquente pourrait donc prendre en compte un maximum de variables connues pour leur effet sur la VRC pour préciser les corrélations recherchées.

Rapport-Gratuit.com

Conclusion

L'objectif de cette étude a été d'explorer l'interaction entre l'état psychologique et l'état physiologique par la mise en lien de l'anxiété, de la perception de fatigue et la VRC. Les trois variables ont été observées dans le temps pour estimer trois types de corrélations, soit : a) la corrélation intra sujets, b) la corrélation inter sujets et c) la corrélation de mesures répétées. Les résultats de ces estimations ont permis d'avancer que : 1) Il semble exister une relation négative entre l'état d'anxiété et l'intervalle R-R moyen, 2) Il semble exister une relation négative entre la perception de fatigue et l'intervalle R-R moyen et 3) Il semble exister une relation positive entre l'état d'anxiété et la perception de fatigue. L'ensemble de ces résultats supporte la théorie que la VRC représente la capacité d'adaptation du cœur face aux besoins sanguins immédiats et que l'augmentation de la perception de ces besoins à travers l'état d'anxiété ou de la perception de fatigue induit une diminution de ce potentiel d'adaptation. De plus, la force des corrélations intra et inter sujets pour chaque paire de variables a permis d'estimer l'importance de la variation partagée entre chaque variable dans le temps, ce qui semble être un apport novateur de l'étude. Ces observations ont permis d'atteindre l'objectif premier de l'étude, soit d'explorer l'interaction entre l'état psychologique et l'état physiologique.

Références

- Altman, D. G., & Bland, J. M. (1983). Measurement in Medicine: The Analysis of Method Comparison Studies. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*, 32(3), 307-317. doi: 10.2307/2987937
- André, N., & Laurencelle, L. (2010). *Questionnaires Psychologiques Pour L'activité Physique, le Sport et L'exercice: un répertoire commenté*: Presses de l'Université du Québec.
- Appelhans, B. M., & Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of General Psychology*, 10(3), 229-240. doi: 10.1037/1089-2680.10.3.229
- Benarroch, E. E. (1993). The central autonomic network: functional organization, dysfunction, and perspective. *Mayo Clinic Proceedings. Mayo Clinic*, 68(10), 988-1001.
- Berntson, G. G., Bigger, J. T., Jr., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., . . . van der Molen, M. W. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648.
- Berntson, G. G., Cacioppo, J. T., & Quigley, K. S. (1993). Respiratory sinus arrhythmia: autonomic origins, physiological mechanisms, and psychophysiological implications. *Psychophysiology*, 30(2), 183-196.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1995a). Calculating correlation coefficients with repeated observations: Part 1--Correlation within subjects. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 310(6977), 446-446.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1995b). Calculating correlation coefficients with repeated observations: Part 2--Correlation between subjects. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 310(6980), 633-633.
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 2(2), 92-98. doi: 7753384
- Boutcher, S. H., & Trenske, M. (1990). The effects of sensory deprivation and music on perceived exertion and affect during exercise. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 12(2), 167-176.

- Bricout, V.-A., Dechenaud, S., & Favre-Juvin, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity. *Autonomic Neuroscience: Basic & Clinical*, 154(1-2), 112-116.
- Camm, A. J., & Malik, M. (2004). *Dynamic electrocardiography* (1 éd.). Elmsford, N.Y.: Futura.
- Cervantes Blasquez, J., Rodas Font, G., & Capdevila Ortis, L. (2009). Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*, 21(4), 531-536.
- Christensen, T., Hjortsø, N. C., Mortensen, E., Riis-Hansen, M., & Kehlet, H. (1986). Fatigue and anxiety in surgical patients. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 73(1), 76-79.
- Coggan, A. R., & Coyle, E. F. (1987). Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *Journal Of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 63(6), 2388-2395.
- Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, & Instituts de recherche en santé du Canada. (2010). Énoncé de politique des trois Conseils : Éthique de la recherche avec des êtres humains. Repéré le 01-10-2013, à http://www.pre.ethics.gc.ca/pdf/fra/eptc2/EPTC_2_FINALE_Web.pdf
- Cox, R. H., Martens, M. P., & Russell, W. D. (2003). Measuring Anxiety in Athletics: The Revised Competitive State Anxiety Inventory-2. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 25(4), 519-533.
- Dempsey, J. A., Amann, M., Romer, L. M., & Miller, J. D. (2008). Respiratory system determinants of peripheral fatigue and endurance performance. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 40(3), 457-461.
- Dhein, S., van Koppen, C. J., & Brodde, O. E. (2001). Muscarinic receptors in the mammalian heart. *Pharmacological Research: The Official Journal Of The Italian Pharmacological Society*, 44(3), 161-182.
- Dimpfel, W., Hofmann, H. C., Schober, F., & Todorova, A. (1998). Validation of an EEG-derived spectral frequency index (SFx) for continuous monitoring of sleep depth in humans. *European Journal Of Medical Research*, 3(10), 453-460.

- Dishman, R. K., Nakamura, Y., Garcia, M. E., Thompson, R. W., Dunn, A. L., & Blair, S. N. (2000). Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women. *International Journal Of Psychophysiology: Official Journal Of The International Organization Of Psychophysiology*, 37(2), 121-133.
- Doherty, M., & Smith, P. M. (2005). Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 15(2), 69-78.
- Drinkhill, M. J., Doe, C. P., Myers, D. S., Self, D. A., & Hainsworth, R. (1997). Reflex vascular responses to alterations in abdominal arterial pressure and flow in anaesthetized dogs. *Experimental Physiology*, 82(6), 995-1005.
- Drinkhill, M. J., Moore, J., & Hainsworth, R. (1993). Afferent discharges from coronary arterial and ventricular receptors in anaesthetized dogs. *The Journal Of Physiology*, 472, 785-799.
- Edwards, R. H., Melcher, A., Hesser, C. M., Wigertz, O., & Ekelund, L. G. (1972). Physiological correlates of perceived exertion in continuous and intermittent exercise with the same average power output. *European Journal Of Clinical Investigation*, 2(2), 108-114.
- Etkin, A. (2010). Functional neuroanatomy of anxiety: a neural circuit perspective. *Current Topics In Behavioral Neurosciences*, 2, 251-277.
- Fillion, L., & Gagnon, P. (1999). French adaptation of the shortened version of the Profile of Mood States. *Psychological Reports*, 84(1), 188-190.
- Fortin, F., Côté, J., & Filion, F. (2006). *Fondements et étapes du processus de recherche*. Montréal: Chenelière-éducation.
- Friedman, B. H. (2007). An autonomic flexibility-neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. *Biological Psychology*, 74(2), 185-199. doi: 10.1016/j.biopsycho.2005.08.009
- Fuller, B. F. (1992). The effects of stress-anxiety and coping styles on heart rate variability. *International Journal Of Psychophysiology: Official Journal Of The International Organization Of Psychophysiology*, 12(1), 81-86.
- Gandevia, S. C. (1992). Some central and peripheral factors affecting human motoneuronal output in neuromuscular fatigue. *Sports Medicine*, 13(2), 93-98.

- Gauthier, J., & Bouchard, S. (1993). Adaptation canadienne-française de la forme révisée du State-Trait Anxiety Inventory de Spielberger. [A French-Canadian adaptation of the revised version of Spielberger's State-Trait Anxiety Inventory.]. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, 25(4), 559-578. doi: 10.1037/h0078881
- Gibson, A. S. C., Baden, D. A., Lambert, M. I., Lambert, E. V., Harley, Y. X. R., Hampson, D., . . . Noakes, T. D. (2003). The conscious perception of the sensation of fatigue. / La perception consciente de la sensation de fatigue. *Sports Medicine*, 33(3), 167-176.
- Gould, D., Greenleaf, C., & Krane, V. (2002). Arousal-anxiety and sport behavior *Advances in sport psychology (2nd ed.)*. (pp. 207-236). Champaign, IL, US: Human Kinetics.
- Hainsworth, R., Ledsome, J. R., & Carswell, F. (1970). Reflex responses from aortic baroreceptors. *The American Journal Of Physiology*, 218(2), 423-429.
- Hampson, D. B., St Clair Gibson, A., Lambert, M. I., & Noakes, T. D. (2001). The influence of sensory cues on the perception of exertion during exercise and central regulation of exercise performance. *Sports Med*, 31(13), 935-952.
- Hargreaves, M., McKenna, M. J., Jenkins, D. G., Warmington, S. A., Li, J. L., Snow, R. J., & Febbraio, M. A. (1998). Muscle metabolites and performance during high-intensity, intermittent exercise. *Journal Of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 84(5), 1687-1691.
- Hill, A. V., & Lupton, H. (1923). Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilization of Oxygen. *QJM, os-16(62)*, 135-171. doi: 10.1093/qjmed/os-16.62.135
- Kamon, E., Pandolf, K., & Cafarelli, E. (1974). The relationship between perceptual information and physiological responses to exercise in the heat. *Journal Of Human Ergology*, 3(1), 45-54.
- Kawachi, I., Sparrow, D., Vokonas, P. S., & Weiss, S. T. (1995). Decreased heart rate variability in men with phobic anxiety (data from the Normative Aging Study). *The American Journal Of Cardiology*, 75(14), 882-885.
- Kober, H., Barrett, L. F., Joseph, J., Bliss-Moreau, E., Lindquist, K., & Wager, T. D. (2008). Functional grouping and cortical-subcortical interactions in emotion: a meta-analysis of neuroimaging studies. *Neuroimage*, 42(2), 998-1031.
- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review Of Neuroscience*, 23, 155-184.

- LERPA. (2007). Directive pour sorties hors campus UQAC. Repéré le 11/07/2012, à http://lerpa.uqac.ca//pdf/guide_sortie_n2-4.pdf
- LERPA. (2009). Plan d'urgence pour sorties hors campus UQAC. Repéré le 11/07/2012, à http://lerpa.uqac.ca//pdf/plan_urgence_difficile.pdf
- Levy, M. N. (1997). Neural control of cardiac function. *Baillière's Clinical Neurology*, 6(2), 227-244.
- Linderman, J., Demchak, T., Dallas, J., & Buckworth, J. (2003). Ultra-endurance cycling: a field study of human performance during a 12-hour mountain bike race. *Journal of Exercise Physiology*, 6(3), 14-23.
- Marcora, S. M. (2008). Do we really need a central governor to explain brain regulation of exercise performance? *European Journal Of Applied Physiology*, 104(5), 929-931.
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal Of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 106(3), 857-864.
- Martens, R. (1977). *Sport Competition Anxiety Test*. Champaign, IL, England: Human Kinetics Publishers.
- Martens, R., & Simon, J. A. (1976). Comparison of three predictors of state anxiety in competitive situations. *Research Quarterly*, 47(3), 381-387.
- Masters, K. S., & Ogles, B. M. (1998). Associative and dissociative cognitive strategies in exercise and running: 20 years later, what do we know? *The Sport Psychologist*, 12(3), 253-270.
- Mateo, M., Blasco-Lafarga, C., Martinez-Navarro, I., Guzman, J. F., & Zabala, M. (2012). Heart rate variability and pre-competitive anxiety in BMX discipline. *European Journal Of Applied Physiology*, 112(1), 113-123.
- McNair, D. M., Lorr., M., & Droppleman, L. F. (1971). *Profile of Mood State Manual*. San Diego Educational and Industrial Testing Service.
- Mendoza, J. E., & Foundas, A. L. (2008). *Clinical neuroanatomy : a neurobehavioral approach*. New-York: Springer-Verlag ;.

- Morales, J., Garcia, V., Garcia-Masso, X., Salva, P., Escobar, R., & Busca, B. (2012). The Use of Heart Rate Variability in Assessing Precompetitive Stress in High-Standard Judo Athletes. *Int J Sports Med*. doi: 10.1055/s-0032-1323719
- Myllymäki, T., Rusko, H., Syväoja, H., Juuti, T., Kinnunen, M.-L., & Kyröläinen, H. (2012). Effects of exercise intensity and duration on nocturnal heart rate variability and sleep quality. *European Journal Of Applied Physiology*, 112(3), 801-809. doi: 10.1007/s00421-011-2034-9
- Nakata, A., Irie, M., & Takahashi, M. (2011). Association of general fatigue with cellular immune indicators among healthy white-collar employees. *J Occup Environ Med*, 53(9), 1078-1086. doi: 10.1097/JOM.0b013e318229a938
- Nelesen, R., Dar, Y., Thomas, K., & Dimsdale, J. E. (2008). The relationship between fatigue and cardiac functioning. *Archives Of Internal Medicine*, 168(9), 943-949.
- Noakes, T. D. (2012). Fatigue is a Brain-Derived Emotion that Regulates the Exercise Behavior to Ensure the Protection of Whole Body Homeostasis. *Frontiers In Physiology*, 3, 82-82.
- Nunan, D., Donovan, G., Jakovljevic, D. G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R. H., & Brodie, D. A. (2009). Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 41(1), 243-250. doi: 10.1249/MSS.0b013e318184a4b1
- Okamoto-Mizuno, K., Tsuzuki, K., Mizuno, K., & Ohshiro, Y. (2009). Effects of low ambient temperature on heart rate variability during sleep in humans. *European Journal Of Applied Physiology*, 105(2), 191-197. doi: 10.1007/s00421-008-0889-1
- Redeker, N. S., Lev, E. L., & Ruggiero, J. (2000). Insomnia, fatigue, anxiety, depression, and quality of life of cancer patients undergoing chemotherapy. *Scholarly Inquiry For Nursing Practice*, 14(4), 275-290.
- Renfree, A., West, J., Corbett, M., Rhoden, C., & St Clair Gibson, A. (2012). Complex interplay between determinants of pacing and performance during 20-km cycle time trials. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 7(2), 121-129.
- Robert, P., Rey-Debove, J., & Rey, A. (2009). *Le nouveau petit Robert : dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française* (Nouv. éd. du Petit Robert / éd.). Paris: Dictionnaires Le Robert.

- Roy, A. (2006). Estimating correlation coefficient between two variables with repeated observations using mixed effects model. *Biometrical Journal. Biometrische Zeitschrift*, 48(2), 286-301.
- Ryman, D. H., Naitoh, P., & Englund, C. E. (1989). Perceived exertion under conditions of sustained work and sleep loss. *Work & Stress*, 3(1), 57-68. doi: 10.1080/02678378908256880
- Sagawa, Y., Kondo, H., Matsubuchi, N., Takemura, T., Kanayama, H., Kaneko, Y., . . . Shimizu, T. (2011). Alcohol has a dose-related effect on parasympathetic nerve activity during sleep. *Alcoholism, Clinical And Experimental Research*, 35(11), 2093-2100. doi: 10.1111/j.1530-0277.2011.01558.x
- Scott, J. P. R., McNaughton, L. R., & Polman, R. C. J. (2006). Effects of sleep deprivation and exercise on cognitive, motor performance and mood. *Physiology & Behavior*, 87(2), 396-408. doi: 10.1016/j.physbeh.2005.11.009
- Sgoifo, A., Braglia, F., Costoli, T., Musso, E., Meerlo, P., Ceresini, G., & Troisi, A. (2003). Cardiac autonomic reactivity and salivary cortisol in men and women exposed to social stressors: relationship with individual ethological profile. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 27(1-2), 179-188.
- Shacham, S. (1983). A shortened version of the Profile of Mood States. *Journal of Personality Assessment*, 47(3), 305-306.
- Shephard, R. J. (2001). Chronic fatigue syndrome: an update. / Le syndrome de fatigue chronique. *Sports Medicine*, 31(3), 167-194.
- Shephard, R. J. (2009). Is it time to retire the 'central governor'? *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(9), 709-721. doi: 10.2165/11315130-000000000-00000
- Smith, R. E., Smoll, F. L., & Schutz, R. W. (1990). Measurement and correlates of sport-specific cognitive and somatic trait anxiety: The Sport Anxiety Scale. *Anxiety Research*, 2(4), 263-280. doi: 10.1080/08917779008248733
- Spear, J. F., Kronhaus, K. D., Moore, E. N., & Kline, R. P. (1979). The effect of brief vagal stimulation on the isolated rabbit sinus node. *Circulation Research*, 44(1), 75-88.
- Spielberger, C. D. (1966). *Theory and research on anxiety*. New York: Academic Press.

- Spielberger, C. D. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R.L., Lushene, R.E. (1970). *The State-Trait Anxiety Inventory: Test manual*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press.
- Stampfer, H. G. (1998). The relationship between psychiatric illness and the circadian pattern of heart rate. *The Australian And New Zealand Journal Of Psychiatry*, 32(2), 187-198.
- Swart, J., Lamberts, R. P., Lambert, M. I., St Clair Gibson, A., Lambert, E. V., Skowno, J., & Noakes, T. D. (2009). Exercising with reserve: evidence that the central nervous system regulates prolonged exercise performance. *British Journal Of Sports Medicine*, 43(10), 782-788.
- Swart, J., Lindsay, T. R., Lambert, M. I., Brown, J. C., & Noakes, T. D. (2012). Perceptual cues in the regulation of exercise performance - physical sensations of exercise and awareness of effort interact as separate cues. *British Journal Of Sports Medicine*, 46(1), 42-48.
- Task Force, of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability, Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17(3), 354-381.
- ter Wolbeek, M., van Doornen, L. J., Kavelaars, A., Tersteeg-Kamperman, M. D., & Heijnen, C. J. (2011). Fatigue, depressive symptoms, and anxiety from adolescence up to young adulthood: a longitudinal study. *Brain, Behavior, And Immunity*, 25(6), 1249-1255.
- Terry, P. C., & Lane, A. M. (2000). Normative values for the profile of mood states for use with athletic samples. *Journal of Applied Sport Psychology*, 12(1), 93-109. doi: 10.1080/10413200008404215
- Thayer, J. F., Ahs, F., Fredrikson, M., Sollers, J. J., 3rd, & Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36(2), 747-756.
- Thayer, J. F., Friedman, B. H., & Borkovec, T. D. (1996). Autonomic characteristics of generalized anxiety disorder and worry. *Biological Psychiatry*, 39(4), 255-266.
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of Affective Disorders*, 61(3), 201-216. doi: 10.1016/s0165-0327(00)00338-4

- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2009). Claude Bernard and the heart-brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33(2), 81-88. doi: 10.1016/j.neubiorev.2008.08.004
- Tran, Y., Wijesuriya, N., Tarvainen, M., Karjalainen, P., & Craig, A. (2009). The relationship between spectral changes in heart rate variability and fatigue. *Journal of Psychophysiology*, 23(3), 143-151. doi: 10.1027/0269-8803.23.3.143
- Tsuji, H., Larson, M. G., Venditti, F. J., Jr., Manders, E. S., Evans, J. C., Feldman, C. L., & Levy, D. (1996). Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham Heart Study. *Circulation*, 94(11), 2850-2855.
- Vanderlei, L. C. M., Silva, R. A., Pastre, C. M., Azevedo, F. M., & Godoy, M. F. (2008). Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 41, 854-859.
- Weinberg, R. S., & Gould, D. (2007). *Foundations of sport and exercise psychology* (4th éd.): Champaign, IL, US: Human Kinetics.
- Weir, J. P., Beck, T. W., Cramer, J. T., & Housh, T. J. (2006). Is fatigue all in your head? A critical review of the central governor model. *British Journal Of Sports Medicine*, 40(7), 573-586.
- Whitsel, E. A., Raghunathan, T. E., Pearce, R. M., Lin, D., Rautaharju, P. M., Lemaitre, R., & Siscovick, D. S. (2001). RR interval variation, the QT interval index and risk of primary cardiac arrest among patients without clinically recognized heart disease. *European Heart Journal*, 22(2), 165-173.

Annexe A : Formulaire de participation

Comité d'éthique de la recherche

Cher/Chère étudiant(e)s,

Mon nom est Étienne Booth, je suis un étudiant à la maîtrise en médecine expérimentale de l'UQAC et je vous contacte aujourd'hui pour vous demander votre approbation à participer à mon projet de recherche. Dans les pages qui suivent, je vise à vous informer au meilleur de ma capacité afin que vous puissiez prendre une décision éclairée face de votre acceptation ou de votre refus de participation au projet.

Si, après la lecture de l'information contenue dans ces pages, vous avez toujours des questions reliées au projet, vous pouvez me contacter directement par téléphone au numéro suivant : [REDACTED]. Vous pouvez aussi me rejoindre par courriel à l'adresse suivante : [REDACTED]

Si vous avez des questions concernant l'aspect éthique de ce projet, vous pouvez contacter le président du Comité d'éthique de la recherche, [REDACTED], pendant les heures de bureau, au numéro suivant: [REDACTED], ou à l'adresse suivante : [REDACTED]

1. SÉLECTION

L'expédition de ski hors piste du cours 4APK303, activités de plein air d'hiver, a été choisie pour cette étude pour les défis physiques et psychologiques qu'il offre habituellement aux étudiants. Ces défis sont au centre de cette étude.

2. DESCRIPTION DU PROJET

2.1 Objectifs généraux

L'objectif de cette étude est de mieux comprendre comment l'être humain s'adapte aux exigences de la vie. Plus précisément, le but est de mieux comprendre l'effet des exigences cumulatives d'une expédition (skier avec un sac à dos, vivre au froid, travailler avec les autres membres du groupe) sur les aspects psychologiques (notre pensée) et physiologiques (notre corps) d'une personne.

2.2 Épreuves

Cette étude aura lieu pendant l'expédition du cours 4APK303, activités de plein air d'hiver, durant laquelle vous passerez huit jours en autonomie à vous déplacer en ski hors piste.

L'étude n'ajoutera pas d'épreuve au cours; ceci veut dire que les décisions seront entièrement laissées aux enseignants du cours et aux leaders étudiants. Il n'y a pas de relation entre l'étude et la performance académique des participants ou de ceux qui refusent la participation à cette étude.

L'étude observera comment les participants volontaires vont s'adapter aux exigences de l'expédition en remplissant quotidiennement des tests psychométriques et en utilisant un cardiofréquencemètre spécialisé.

2.3 Description des tests :

Deux questionnaires seront remplis quotidiennement pendant l'expédition. Un des questionnaires vise à recueillir l'état de l'humeur, alors que l'autre vise à recueillir l'état de l'anxiété. Voici une description de chaque test :

Profile of Mood State – Short Form (POMS-SF):

- a) Objectif: évaluer l'humeur de la journée
- b) Fréquence: quotidienne
- c) Longueur: 37 questions
- d) Lieu: à l'UQAC et sur le terrain

State Trait Anxiety Inventory (STAI):

- a) Objectif: évaluer l'anxiété ressentie pendant la journée (anxiété d'état)
- b) Fréquence: quotidienne
- c) Longueur: 20 questions chaque section
- d) Lieu: à l'UQAC et sur le terrain

Finalement, l'activité électrique du coeur sera enregistrée pendant le sommeil des participants. L'appareil d'enregistrement utilise un transmetteur qui est placé juste sous le sternum et qui est maintenu en place par une bande élastique. Le transmetteur envoie un signal à un récepteur qui est dans une montre, qui est portée au poignet.

Variabilité du rythme cardiaque:

- a) Objectif: évaluer la passion reliée à une activité
- b) Fréquence: pendant l'expédition et 2 fois hors expédition.
- c) Longueur: pendant le sommeil.
- d) Lieu: à l'UQAC et pendant l'expédition.

3. ÉVALUATION DES AVANTAGES ET DES RISQUES

3.1 Avantages prévisibles:

- a) **Pour les participants:** L'étude permettra aux participants d'apprendre sur le sujet de l'adaptation humaine en contexte d'expédition. À travers l'étude, les participants auront la possibilité de poser des questions et d'échanger sur les sujets de la psychologie sportive et de la physiologie. Plus important encore, l'étude permettra aux participants de réfléchir sur leur propre expérience et permettra aussi d'être plus conscient de leur propre réaction.
- b) **Pour le domaine du plein air:** Les résultats de cette étude permettront d'avoir un aperçu de la réaction des étudiants du baccalauréat en plein air face aux exigences d'une de leurs expéditions. Grâce aux tests psychométriques, il sera possible de voir si certains types d'individus réagissent différemment aux exigences de l'expédition.
- c) **Pour le domaine de la psychophysiologie:** La science ne fait que commencer à établir le lien entre ce que nous ressentons et comment notre corps interagit avec ces sentiments. La technologie et les connaissances scientifiques nous permettent désormais de mesurer des éléments clefs de chaque aspect. La contribution de cette étude au domaine de la psychologie et la physiologie serait d'apporter des données qui permettent de joindre deux domaines qui sont habituellement traités séparément.

3.2 Risques

Il n'y a pas de risque ajouté à participer à l'étude une fois que les risques inhérents reliés à la participation à l'expédition du cours 4APK303, activités de plein air d'hiver, sont pris en compte.

4. CONFIDENTIALITÉ ET CIRCULATION DES DONNÉES

4.1 Mesures de confidentialité

Lors de l'analyse des données, chaque participant se verra attribuer un code pour remplacer son nom afin de préserver son anonymat. Une fois que l'étude sera terminée, il n'y aura aucun moyen de lier les données à l'individu ayant participé à l'étude. Les données brutes seront conservées dans un environnement sécurisé à l'Université du Québec à Chicoutimi.

4.2 Limites de confidentialité

La loi requiert que le lien de confidentialité soit brisé si une information pouvait affecter négativement un mineur.

4.3 Consentement

En acceptant de participer à cette étude, le participant accepte que les données qui seront collectées soient utilisées pour des fins de recherches et que l'Université du Québec à Chicoutimi devienne propriétaire de ces données et que celle-ci peut utiliser ces données de n'importe quelle façon et aussi souvent qu'elle le souhaite tant que l'utilisation respecte la confidentialité des participants.

4.4 Publication des données

L'objectif des études scientifiques est de créer de la nouvelle connaissance et par la suite de reprendre cette connaissance. Si les données collectées pendant cette étude sont publiées, il n'y aura aucun moyen de relier les participants de l'étude aux données.

5. TERMES RELATIFS À LA PARTICIPATION

5.1 Compensation

Il n'y aura aucune compensation pour la participation à l'étude.

5.2 Accès aux résultats

Les participants n'auront pas accès aux résultats des tests.

5.3 Assurance

Comme pour la politique du baccalauréat en plein air de l'UQAC, les étudiants doivent avoir leur propre assurance.

5.4 Exclusion

À n'importe quel moment, le chercheur peut exclure un participant s'il juge que l'étude est mise en jeu par ce participant ou si l'étude affecte négativement le participant.

5.5 Retrait volontaire

Les participants peuvent décider de se retirer eux même et à n'importe quel moment de cette étude, sans pénalité ou conséquences. Les données reliées à un participant qui se retire volontairement seront exclues de l'étude. Une exclusion de l'étude n'affectera en aucune façon les résultats académiques du cours 4APK303, activités de plein air d'hiver.

5.6 Droit de questionner

Un participant est en droit de poser des questions à tout moment pendant l'étude. Le chercheur fera tout en son pouvoir pour répondre à ces questions.

6. SIGNATURES REQUISES

En signant ce document, vous confirmez que vous avez lu ce document, que vous avez pris connaissance de son contenu et que vous acceptez de participer à l'étude qui y est décrite. Une copie de ce document signé sera remise aux participants.

Étienne Booth

Nom du chercheur

Signature du chercheur

Date

Nom du participant

Signature du participant ou de son tuteur légal

Date

