



HAL
open science

Réalité virtuelle en reconditionnement à l'effort : un nouvel outil pour contrer le manque d'observance ?

Margaux Trouessard

► To cite this version:

Margaux Trouessard. Réalité virtuelle en reconditionnement à l'effort : un nouvel outil pour contrer le manque d'observance ?. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02285311

HAL Id: dumas-02285311

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02285311>

Submitted on 12 Sep 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



Réalité Virtuelle en reconditionnement à l'effort : un nouvel outil pour contrer le manque d'observance ?

Présenté par : Margaux TROUESSARD

Sous la direction de : Anne-Hélène Olivier

Année universitaire : 2018 - 2019

Master 2 APA-S parcours APPCM

Approche Pluridisciplinaire des Pathologies Chroniques et Motrices



Remerciements

Je tiens à remercier ma tutrice de mémoire, Anne-Hélène Olivier, pour ses conseils, son soutien et sa pédagogie tout au long de cette dernière année de Master.

Je tiens à remercier mon tuteur de stage, Tanguy Crestel, pour sa gentillesse, ses conseils et son aide. Ce stage a été très formateur et ce mémoire n'aurait pu être réalisable sans la mise à disposition des infrastructures et du matériel. Je le remercie également pour la confiance qu'il m'a accordée et aux responsabilités qu'il m'a confiées durant mon stage.

J'ai également une pensée pour Marius Bordage, pour sa pédagogie, son aide et sa gentillesse qui m'ont accompagnée pendant presque 3 mois et que je tenais à remercier.

Je remercie l'ensemble de l'équipe du pôle Médecine Sportive et Réadaptation de l'Institut Rennais de Chirurgie Orthopédique et de Médecine du Sport (IRCOMS) qui m'ont accueilli avec bienveillance et totalement intégrée dans la structure.

Je remercie également tous les patients qui ont accepté de participer à l'étude ainsi que tous les autres, pour leur disponibilité, leur gentillesse, leur sympathie, leur compréhension et leur honnêteté. Cela a été un réel plaisir d'apprendre à les connaître et d'encadrer les séances. Sans vous, mon mémoire n'aurait pas pu être possible.

Je remercie aussi toutes les personnes qui m'entourent de près ou de loin, qui m'encouragent depuis toutes ces années. J'ai une pensée aussi pour ma Maman et ma petite sœur qui m'ont encouragé jusqu'au bout, votre soutien est la force qui me pousse.

Enfin, je tiens à remercier la personne qui partage ma vie, qui m'a accompagnée durant tout mon cursus, et plus particulièrement cette année. Ses précieux conseils, son soutien dans mon projet, son intérêt infini pour tout, sa justesse, son écoute et sa patience sans faille m'assistent et me portent tous les jours.

Merci à vous.

Il y a deux ans, quand j'ai entendu pour la première fois parler de la Réalité Virtuelle dans le champ des APA j'avais un point de vue bien différent de celui d'aujourd'hui. Je pensais que ces nouvelles technologies avaient été pensées pour remplacer le travail des professionnels dans cette discipline. Pendant ce temps, j'ai réalisé mon stage de première année de Master au sein du laboratoire VIPS (Université de Rennes 2) dont le sujet portait sur une intervention de promotion de la santé par le biais des APAS auprès d'une population sédentaire et très éloignée des APS. M'intéressant aux enjeux liés à la motivation et à la pérennisation d'une pratique d'AP régulière chez ce public, j'ai donc investi un travail de recherche sur les stratégies de promotion de la santé ainsi que les perspectives qui lui sont liées.

Ensuite, j'ai suivi un enseignement dont l'axe de réflexion était la RV au service des APA, et c'est à cet instant que j'ai commencé à penser différemment, et à imaginer que ces nouvelles technologies qui envahissent notre quotidien pouvaient être utilisées comme un outil de motivation pour les personnes qui n'ont pas le goût pour l'AP. Faire vivre une expérience nouvelle en termes d'AP et plaisante comme un jeu ou rendre une AP accessible en dépassant les gênes ou douleurs ou encore les préjugés personnels que les personnes ont d'elles-mêmes me semblent alors possible grâce à la RV.

L'envie de réaliser mon mémoire sur ce sujet s'est concrétisée lorsque j'ai entrepris mes candidatures de stage pour cette année. Deux structures ont répondu favorablement au projet que j'avais soumis et qui était en lien avec la RV. J'ai alors opté en fonction du public accueilli qui se voulait très diversifié au sein du Pôle Médecine et Réadaptation de l'Institut Rennais de Chirurgie Orthopédique et de Médecine du Sport. L'objectif de mon travail était en premier lieu de tester la faisabilité et les bénéfices d'un projet de RV en « low cost » étant donné mon profil et l'état de l'art. Pour moi, ce stage s'est révélé être une expérience constructive et encourageante qui s'est accompagnée de retours positifs de la part des participants de l'étude ce qui m'a prouvé que ce projet pouvait être développé par la suite et qui constitue aujourd'hui, mon ambition professionnelle.

Bonne lecture

Sommaire

Remerciements	
Sommaire	1
Liste des abréviations.....	3
Introduction.....	4
I. Revue de littérature.....	6
1. Prévalence des pathologies chroniques.....	6
2. L'inactivité physique : un facteur de risque modifiable	7
2.1 Définitions et distinction entre « inactivité physique » et « sédentarité »	7
2.2 Lien entre inactivité physique, sédentarité et maladies cardiovasculaires.....	7
3. L'activité physique reconnue comme traitement non médicamenteux.....	9
3.1 Evolution de la représentation de l'activité physique et de la prise en charge d'un patient dans son parcours de soins	9
3.2 Définition de l'activité physique adaptée.....	11
3.3 Rôle de l'activité physique adaptée dans la réhabilitation.....	11
4. L'enjeu actuel inhérent aux EAPA : le manque d'observance.....	13
5. Les nouvelles technologies : un outil de développement de la motivation ?.....	14
5. Définition	15
5.1 Les différents dispositifs existant.....	15
5.2 Applications de la réalité virtuelle dans le domaine sportif	17
5.3 Applications de la réalité virtuelle dans le domaine de la réhabilitation	18
5.4 Les premiers pas de la réalité virtuelle en réhabilitation respiratoire (ou réentraînement à l'effort).....	19
6. Une solution prometteuse mais coûteuse : quelles autres solutions envisager ?	20
7. Résultats de ce dispositif de cyclisme utilisant la RV.....	20
II. Hypothèses et objectifs mémoire	23
III. Matériel et méthode	23
3.1 Contexte d'intervention.....	23
3.1.1 Structure	23
3.1.2 Public	24
3.1.3 Programme d'APA	24
3.1.4 Suivi	25
3.1.5 Local et matériel.....	26
3.1.6 Cyclo-ergomètre et logiciel cardiowise	26
3.1.7 Casque de RV	27
3.1.8 Smartphone	27

3.1.9 Vidéos youtube.....	28
3.1.10 Sélection de l'échantillon.....	29
3.2 Organisation structurelle de l'étude	29
3.2.1 Programme.....	29
3.2.2 Le système de réalité virtuelle-exergaming	30
3.2.3 L'expérience en RV.....	31
3.2.4 Logistique.....	31
3.2.5 Les variables indépendantes.....	32
3.2.6 Caractéristiques individuelles : âge, sexe, pathologie.....	33
3.2.7 Motivation à l'exercice	33
3.2.8 Qualité de vie	33
3.2.9 Perception de l'effort ou effort perçu (RPE « Rate of perceived exertion » mais simplifiée dans cette étude par l'abréviation PE).....	34
3.2.10 Plaisir ressenti (PR).....	34
3.2.11 Chronologie étude	36
IV. Résultats	37
4.1 Analyses et traitement des données.....	37
4.2 Interprétation des résultats	42
4.2.1 Comparaisons inter-groupe	42
4.2.2 Comparaisons intra-groupe	47
4.2.3 Analyses des sujets individuellement.....	48
V. Analyse et discussion.....	56
VI. Conclusion	61
VII. Références	62
VIII. Webographie.....	71
X. Table des illustrations et tableaux	72
IX. Annexes.....	74
Abstract	91

Liste des abréviations

OMS : Organisme Mondial de la Santé

APA : Activité.s Physique.s Adaptée.s

RV : Réalité Virtuelle

PE : Perception d'effort

PR : Plaisir ressenti

CNAM : Caisse Nationale d'Assurance-maladie

MET: Metabolic Equivalent of Task

AP: Activité.s Physique.s

APS : Activités Physiques et Sportives

STAPS : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

SSR : Etablissements de Soins de Suite et de Réadaptation

ALD : Affection Longue Durée

EAPA : Enseignant en Activité.s Physique.s Adaptée.s

M2S : Mouvement, Sport, Santé (Université de Rennes 2)

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

Introduction

Les maladies chroniques posent aujourd'hui aux sociétés développées des questions majeures (Inserm, 2008). Le vieillissement de la population ainsi que l'évolution du mode de vie et des technologies en sont les principales causes (Santé publique France, 2017) et constituent actuellement des facteurs de risque.

Face au développement incontrôlable des maladies chroniques et de leurs prévisions futures (Santé publique France, 2017), l'inactivité physique est définie, depuis 2009, comme le 4^e facteur de risque de celles-ci (Inserm, 2008) amenant les décideurs politiques à porter l'activité physique (AP) comme une priorité de santé se concrétisant par des textes de lois en sa faveur (Charte de Toronto, loi santé, Charte d'Ottawa, loi de modernisation du système de santé, etc) (Inserm, 2008).

Depuis quelques années, les bénéfices de l'AP ont été clairement mis en évidence (Bouchard, Shephard, & Stephens, 1994; Cavanagh et al., 1998; Haskell et al., 2007; Inserm, 2008; O'Donovan et al., 2010; OMS, 2010; World Health Organization, 2002). Que ce soit de manière préventive ou dans le traitement de certaines pathologies, l'AP joue un rôle déterminant sur la santé.

L'enjeu actuel au sein de la prise en charge de ces pathologies non transmissibles par le biais des activités physiques adaptées (APA) est le manque d'observance¹ en dehors de l'établissement de santé. Les prescriptions non médicamenteuses telles que l'AP, le sevrage tabagique et les modifications du régime alimentaire sont souvent mal observées car elles impliquent un changement de mode de vie (Misdrahi D., 2006). D'après certains auteurs, les faibles taux d'achèvement de programme de réhabilitation cardiaque incluant l'AP se situeraient entre 15% et 30% (Boulanger, Pournajib, Mott, & Schaeffer, 2017) et pour d'autres l'observance des prescriptions médicamenteuses et non médicamenteuses est estimée autour de 50% (Lamouroux A, Magnan A, Vervloet D., 2005). Cela signifie qu'actuellement une grande partie des patients ne poursuivraient pas les recommandations en AP post-intervention, ce qui contribue souvent à des rechutes, et donc un retour en structure de soins (engendrant des coûts importants en termes de dépenses de santé). Ces dernières années, les recherches tentant d'élucider le problème persistant lié à la motivation et à l'engagement à l'AP sur le long terme s'orientent vers les technologies innovantes. De nos jours, les nouvelles technologies numériques envahissent tous les domaines y compris celui de la santé, par exemple la télémédecine, l'imagerie médicale de pointe, les applications de santé connectée (Ali, Azmat, Noor, Siddiqui, & Noor, 2017; Pasco, 2013).

Parmi elles, la réalité virtuelle (RV) s'est développée largement dans une multitude de domaines, suscitant beaucoup d'intérêt dans un grand nombre d'applications telles que les jeux vidéo (Zyda, 2005), la médecine (Muller-Wittig, 2011), l'aviation (Stedmon & Stone, 2001) et l'éducation (Choi, 2016). Cette dernière investit, depuis quelques années, le champs de la réhabilitation particulièrement dans la rééducation de la marche, de l'équilibre et du développement de la force dans des pathologies de type AVC ou Parkinson (Corbetta, Imeri, & Gatti, 2015; Howard, 2017) apportant de nouvelles perspectives intéressantes et prometteuses. En effet, la RV peut simuler des environnements sans les risques d'erreurs et en toute sécurité (Kim & Park, 2013) ce qui a montré des avantages dans

¹ « L'observance thérapeutique (en anglais adherence) correspond à la mesure avec laquelle les patients suivent les instructions médicales » (Sabate, 2001), sorte d'adéquation entre prescription médicale et utilisation. Appliquée aux maladies chroniques, l'Organisation Mondiale de la Santé (2003) propose la définition suivante: « la mesure avec laquelle les comportements d'une personne devant prendre un médicament, suivre un régime alimentaire et/ou changer de mode de vie correspondent aux recommandations convenues avec un professionnel de santé ».

l'apprentissage de techniques sportives (Miles & al, 2012), et le développement d'habiletés motrices (Miles & al, 2012 ; Bergamasco & al, 2012).

Au cours de ces dernières années, la RV se retrouve dans beaucoup de produits, d'équipements sportifs tels que les tapis de course (Nunes, Nedel & Roesler, 2014), les rameurs ergomètre (Hoffman, Filippeschi, Ruffaldi & Bardy, 2014; Murray, Neumann, Moffitt & Thomas, 2016), ou encore les cycloergomètre (Legrand, Joly, Bertucci, Soudain-Pineau et Marcel, 2011; (Mestre, Dagonneau, & Mercier, 2011; Plante, Aldridge, Bogden, & Hanelin, 2003). Ce dernier est intéressant puisqu'il se retrouve en effet, dans les structures de réadaptation du fait qu'il présente de nombreux avantages dans le réentraînement à l'effort.

Les études montrent que l'ajout de la RV peut augmenter la performance physique de plusieurs façons, en augmentant la cadence de pédalage (RPM), en améliorant la puissance maximale et ses propres performances individuelles, améliore l'effort physique perçu en jouant sur la fréquence cardiaque et la perception de l'effort (Mestre et al., 2011). Des auteurs suggèrent l'effet de dissociation qu'induit la RV influençant donc la performance, en ce sens cet effet conduit à l'attribution d'affects positifs ainsi qu'un plaisir plus important ressenti pendant l'activité. Par ailleurs, d'autres auteurs suggèrent que cette technologie peut être plus efficace que ce qui est fait d'ordinaire pour permettre un changement de comportement (dans le traitement des phobies par exemple, voir (Riva, Baños, Botella, Mantovani, & Gaggioli, 2016).

Aujourd'hui, les bénéfices liés à la RV sont prouvés, les dispositifs de cyclisme sur cycloergomètre utilisant la RV se développent mais concernent principalement la population sportive et saine (Boullanger et al., 2017; Nowlan, 2016), ou sont encore trop onéreux pour se retrouver au sein des établissements de santé comme les structures de réadaptation à l'effort (notamment en réhabilitation respiratoire).

La combinaison du vélo ou ergo-cycle et de la RV semble donc pertinente et mérite d'être évaluée auprès de patients atteints d'une pathologie les rendant plus ou moins intolérant à l'effort. Le double objectif de cette étude réside dans l'évaluation de la faisabilité et des bienfaits d'une telle stimulation dans un contexte de réentraînement à l'effort chez des personnes présentant diverses pathologies. Il s'agira d'identifier des éléments de réponses à la question suivante : dans quelle mesure un programme de réentraînement à l'effort comprenant des séances en RV sur ergo-cycle s'avère-t-il faisable et bénéfique ? Trois principales hypothèses seront testées. La première hypothèse stipule que les participants obtiendront une amélioration plus importante en termes de puissance maximale (en watts) obtenue en fin de protocole. La seconde est que la RV engendrera un effet positif sur la perception d'effort des participants, les rendant donc plus tolérant à l'exercice ultérieurement. Et enfin, la troisième hypothèse mentionne que la condition expérimentale (RV) devra être plus appréciée par les participants et donc occasionner un impact sur les séances d'entraînement ultérieures en condition sans RV ou ordinaire.

I. Revue de littérature

1. Prévalence des pathologies chroniques

La santé est un concept complexe comprenant différentes mesures et différentes dimensions, en effet selon l'OMS elle est définie très largement ainsi : « un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ». Cette définition sous-entend la prise en compte du ressenti des individus concernant leur santé, d'où la complexité des politiques de santé publique. D'après un rapport de Santé Publique France datant de 2017, les Français « sont globalement en bonne santé par rapport aux pays de richesse similaire et à plus forte raison en regard de la population mondiale. En effet, les enquêtes révèlent que les Français bénéficient d'une espérance de vie élevée, celle des femmes est de 85,0 ans en 2015 (et est parmi les plus élevées d'Europe) et celle des hommes est de 78,9 ans (dans la moyenne européenne). En dix ans, l'espérance de vie des femmes a progressé de 1,2 ans et celle des hommes de 2,2 ans.

En revanche, notre pays se classe dixième en Europe pour l'espérance de vie sans incapacité, qui traduit le nombre d'années que l'on peut vivre avant la survenue des premières incapacités ou des maladies invalidantes. En France, les femmes vivent en moyenne jusqu'à 85 ans, mais elles développent leur première pathologie chronique à 63,5 ans. Pour les hommes, celle-ci apparaît à 61,9 ans.

C'est ce qui est commun à la plupart des pays développés qui, actuellement, doivent faire face à de « nouvelles épidémies » : les pathologies chroniques. Au début du 20^e siècle, les causes de mortalité étaient différentes et concernaient principalement des maladies telles que la grippe, la pneumonie ou la tuberculose (maladies transmissibles).

L'amélioration des systèmes de soins et les technologies actuelles des sociétés modernes ont eu un effet sur l'espérance de vie des individus et ont modifié leurs modes de vie (transport, consommation, passe-temps, etc). Ces deux transitions sont également les causes de ces « nouvelles épidémies ». En effet, le vieillissement démographique va de pair avec la croissance des maladies chroniques mais également l'impact de notre mode de vie actuel.

D'ici 2025, d'après les prévisions de la Caisse Nationale d'Assurance-maladie (CNAM), plus d'un milliard de personnes auront 60 ans ou plus, ce qui explique notamment le fait que le diabète, qui est une maladie plus courante après 40 ans, est actuellement très répandu et le sera encore plus.

Les statistiques de la CNAM (croisant les prévisions démographiques de l'INSEE avec les évolutions prévisibles des principales pathologies), ont révélé que la France devrait compter, d'ici 2020, 548 000 personnes de plus, qu'en 2015, atteintes d'au moins une pathologie chronique ou nécessitant un traitement au long cours (diabète, cancer, maladie psychiatrique...). Parmi ces pathologies, certaines devraient connaître probablement des hausses de leurs effectifs : + 12 % pour le diabète (455 000 patients de plus), + 10 % pour les maladies respiratoires chroniques (340 000 patients de plus), + 11 % pour les maladies psychiatriques (100 000 patients de plus), + 20 % pour les maladies inflammatoires (234 000 patients de plus).

2. L'inactivité physique : un facteur de risque modifiable

2.1 Définitions et distinction entre « inactivité physique » et « sédentarité »

Actuellement, la littérature scientifique conduit à définir la sédentarité comme « une situation d'éveil caractérisée par une dépense énergétique $\leq 1,5$ équivalents métaboliques (METs) en position assise ou allongée » (Anses, 2016 ; Tremblay et al. 2010; Owen et al. 2010; Pate et al. 2008).

Le MET (Metabolic Equivalent of Task) est utilisé comme unité de mesure de l'intensité d'une activité physique. 1 MET correspond au niveau de dépense énergétique au repos, assis sur une chaise (3.5ml/02/kg) (Shephard, 2012).

La notion de sédentarité a longtemps été confondu avec celle de l'inactivité physique, aujourd'hui définit comme « la non-atteinte des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en termes d'Activité Physique (AP) » (Anses, 2016; OMS, 2010)

Ainsi, selon ces définitions, potentiellement une personne peut être considérée comme :

- ✓ Active et non sédentaire, comme par exemple une enseignante en activité physique adaptée (APA), toute la journée active à conduire des séances d'APA auprès de patients et n'accumulant pas de temps sédentaires hors de son travail ;
- ✓ Active et sédentaire, par exemple un chercheur en STAPS, assis une grande partie de sa journée devant son ordinateur à rédiger des articles mais soucieux, de suivre les recommandations en matière d'AP ;
- ✓ Non active et non sédentaire, comme le cas d'une infirmière, debout au chevet des patients l'ensemble de sa journée mais ne pratiquant pas d'AP modérée à vigoureuse lors de ses loisirs ;
- ✓ Enfin non active et sédentaire, telle qu'une personne ayant une activité professionnelle de bureau et n'atteignant pas le seuil d'AP recommandé.

Pour l'OMS, un individu est caractérisé comme sédentaire si à l'échelle d'une semaine, il pratique moins de 30 min d'AP² au moins 5 jours par semaine, ou s'il ne pratique pas d'AP d'intensité rigoureuse au moins 3 fois par semaine ou s'il ne dépasse pas 600 METs.min.semaine (OMS, 2010).

2.2 Lien entre inactivité physique, sédentarité et maladies cardiovasculaires

Il y a quelques années, Blair et Morris (2009) ont rendu compte des effets de l'AP sur la mortalité toutes causes confondues et sur la mortalité cardiovasculaire, mais ces effets ne sont pas connus d'hier. En effet, une étude s'y intéressant date des années 1950 et démontrait que les taux de survenue de maladies cardiovasculaires étaient plus bas chez les contrôleurs de bus (physiquement actifs) de Londres que chez les conducteurs de bus (sédentaires).

De nombreuses études ont démontré que des exercices vigoureux et réguliers ou une activité physique sur le lieu de travail réduisaient le risque de maladies cardiovasculaire du tiers à la moitié (Kyu et al., 2016). De plus, il a été démontré que des niveaux très élevés de condition physique cardiorespiratoire réduisent de 60 à 70 % ces risques (Kyu et al., 2016). Les études de grande ampleur montrent que la pratique d'une AP régulière et le suivi des recommandations lié au tabagisme et à l'alimentation ont des effets sur la longévité et sur la durée de vie sans incapacité (Fraser & Shavlik, 2001).

² La définition de l'activité physique proposée par Caspersen, en 1985, est aujourd'hui largement reprise : « ensemble des mouvements corporels produits par la mise en action des muscles squelettiques et entraînant une augmentation substantielle de la dépense énergétique au-dessus du métabolisme de repos » (Caspersen et coll., 1985).

Parmi les essais interventionnels ayant tenté de contrôler ou de modifier un ou plusieurs facteurs de risque de maladies cardiovasculaires, l'AP est l'intervention qui apporte la plus grande réduction du risque en comparaison avec les médicaments et le régime alimentaire (Ridker & al, 2009 ; Wilt et al., 2004).

Cependant, il est intéressant de noter que diverses formes d'interventions en matière d'AP n'ont pas les mêmes effets. Par exemple, l'AP entraîne généralement une réduction modeste des LDL (lipoprotéines de faible densité) ou une augmentation des HDL (lipoprotéines de haute densité) (Halverstadt et al. 2007 ; Green et al. 2008), suggérant que l'AP est moins efficace que les statines pour réduire le taux de cholestérol dans le sang. C'est le cas également chez les sujets normotendus ou hypertendus où l'AP n'a qu'un effet modéré sur la pression artérielle par rapport aux médicaments. A l'inverse, dans le cas du diabète de type 2, les données sont davantage en accord avec l'AP. Effectivement, un certain nombre d'études rapportent que 150 minutes de marche modérée ou vigoureuse par semaine peuvent réduire de moitié le nombre de sujets d'âge moyen à risque présentant un risque élevé de diabète de type 2 sur 5 ans (Lindstrom et al. 2006). De plus, l'exercice semble davantage bénéfique que les interventions à base de médicaments pour la prévention du diabète chez les patients à haut risque (Tuomilehto et al. 2001 ; Knowler et al. 2002).

En fait, la question que l'on se pose actuellement est de savoir dans quelle mesure l'effet bénéfique de l'exercice sur le risque cardiovasculaire est en réalité dû à son interaction avec les facteurs de risque « traditionnels » ou à son effet sur ceux-ci (Mora et al, 2007).

Par ailleurs, de récentes études ont révélé l'existence de deux types de comportements coexistant chez une majorité de personnes, à savoir l'inactivité physique et la sédentarité (Ekelund et al., 2016; Escalon, Bossard, Beck, & Bachelot-Narquin, 2009; « Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban), 2014-2016 / 2017 / Environnement et santé / Rapports et synthèses / Publications et outils / Accueil », s. d.; Guthold, Stevens, Riley, & Bull, 2018; Hallal et al., 2012). Les comportements sédentaires étant associés à différents marqueurs de santé, à savoir un risque accru de développement de pathologies cardiovasculaires, de cancer, de diabète de type 2 et une augmentation du nombre d'hospitalisations (Tremblay, Colley, Saunders, Healy, & Owen, 2010). En France, une récente étude transversale, réalisée sur une cohorte de plus de 30 000 adultes âgés en moyenne de 45 ans et ayant une activité professionnelle, estimait (par mesure auto-rapportée) à environ 12 heures le temps moyen passé en position assise lors d'une journée de travail, et 9 heures lors d'une journée de congé (Saidj M, Menai M, Charreire H, Weber C, Enaux C, Aadahl M, et al, 2015). Ainsi, en fonction de nos activités professionnelles ou de loisirs, la sédentarité se répartit dans de nombreux moments de la vie quotidienne incluant les transports passifs, le travail ou encore les moments de détente (Rhodes RE, Mark RS, Temmel CP, 2012).

Par ailleurs, de récentes études mettent en évidence l'existence d'un seuil à dépasser pour ne pas engendrer les effets délétères de la sédentarité, car même si une personne suit les recommandations en matière d'AP, mais que celle-ci est dans une position assise (par son activité professionnelle) plus de 8 heures par jour, les études soulignent que l'AP modère les effets délétères de la sédentarité sur la santé mais ne les compensent pas (Biswas et al., 2015; Tremblay et al., 2010). Cependant, une étude récente (Ekelund et al., 2016), examinant les associations entre le temps en position assise et l'AP et la mortalité toutes causes confondues chez plus d'un million d'adultes en bonne santé, a confirmé que le comportement sédentaire est associé à un risque de décès prématuré. La mortalité toutes causes confondues était 12% à 59% plus élevée dans les deux quartiles d'AP les plus bas ; dans chacun de ces quartiles, la mortalité a augmenté avec un temps d'assise plus long. Là où le temps en position assise et la mortalité ne sont pas liés se trouve dans le quartile le plus actif, suggérant qu'une

AP intense (équivalant à 60 à 75 minutes d'activité d'intensité modérée par jour) élimine les effets néfastes de la position assise prolongée sur la mortalité. Néanmoins ce pré-requis dépasse, de loin, les recommandations mondiales des autorités de santé publiques.

Aussi, l'inactivité physique est un facteur de risque majeur de maladies non transmissibles et a un effet négatif sur la santé mentale et la qualité de vie (Bouchard et al., 1994; Haskell et al., 2007; Inserm, 2008; Kyu et al., 2016; O'Donovan et al., 2010; OMS, 2010; World Health Organization, 2002)

La prévalence mondiale d'inactivité physique (normalisée selon l'âge) était de 27,5% en 2016, avec un important écart entre les sexes (23,4% chez les hommes contre 31,7% chez les femmes) (Guthold et al., 2018). Si les tendances actuelles se maintiennent, l'objectif mondial d'activité physique à l'horizon 2025 (réduction relative de 10% de l'activité physique insuffisante) ne sera pas atteint.

3. L'activité physique reconnue comme traitement non médicamenteux

3.1 Evolution de la représentation de l'activité physique et de la prise en charge d'un patient dans son parcours de soins

Le lien entre AP et santé est donc clairement identifié aujourd'hui, reconnaissant cette dernière comme déterminant majeur de la santé des individus à tout âge de la vie (Bouchard et al., 1994; Haskell et al., 2007; Inserm, 2008; Kyu et al., 2016; Moore et al., 2012; O'Donovan et al., 2010; OMS, 2010; World Health Organization, 2002). L'évolution et le changement de regard face à l'AP et ses bénéfices s'est réalisé par étapes dans la communauté scientifique puis au sein des autorités politiques publiques.

Effectivement, face au développement généralisé des maladies non transmissibles, un appel aux décideurs du monde entier à faire de l'AP une priorité de santé s'est concrétisé par la Charte de Toronto en 2010. Depuis 2012, l'inactivité physique est devenue la première cause de mortalité évitable dans le monde, responsable de plus de décès que le tabagisme.

S'inspirant de la Charte de Toronto pour l'activité physique, l'article 144 de la Loi de santé prévoyant la prescription d'une activité physique adaptée (APA) aux personnes inscrites en Affection Longue Durée s'est concrétisée sous la forme d'un décret d'application (1er mars 2017). Si les modalités de financement ne figurent pas dans la loi, le texte reconnaît néanmoins les effets bénéfiques de la pratique d'une AP pour le maintien ou l'amélioration de la qualité de vie des patients en ALD et souhaite en favoriser le développement sur l'ensemble du territoire afin de réduire les inégalités sociales de santé. La pratique d'activités physiques ou sportives (APS) contribue au maintien de la santé chez le sujet sain (Charte d'Ottawa) et contribue chez les personnes vivant avec une maladie chronique non transmissible à améliorer l'état de santé et à prévenir les complications liées à la maladie.

Ces changements ont débuté au travers des recommandations en matière d'AP, aux orientations des politiques de santé publique (pour exemple, citons les PNNS de 2001 et 2006) conduisant à faire de la promotion de la santé un axe de priorité (comme en témoigne l'orientation sport-santé (Anses, 2016) et à devenir plus globalement un enjeu mondial de santé publique.

Il est intéressant de noter également une évolution des recommandations en matière d'AP (élaborées principalement par les autorités publiques des États-Unis) au cours de cette dernière décennie. Les recommandations d'AP destinées aux adultes (< 65 ans) ont évolué de façon importante au cours du

temps (Dunn et coll., 1998 ; Blair et coll., 2004), et en particulier en août 2007 puisqu'elles ont fait l'objet d'une mise au point (Haskell et al., 2007).

Le tableau ci-dessous présentent les différents types de recommandations concernant l'AP et destinées à la population générale diffusés au cours des vingt dernières années.³

Références	Fréquence	Intensité	Durée	Type
ACSM, 1990	3-5 jours/semaine	60-90 % de la réserve cardiaque maximale ou 50-85 % du VO ₂ max	20-60 min en continu	Toute activité utilisant les grands groupes musculaires
ACSM/CDC, 1995 USDHHS, 1996	La plupart si ce n'est tous les jours de la semaine	Modérée (3-6 METs)	30 min en une ou plusieurs fois	Toute activité d'intensité comparable à la marche rapide
ACSM/AHA, 2007	5 jours/semaine	Modérée (3-6 METs)	30 min (par session de 10 min ou plus)	Endurance (aérobie) de type marche rapide
	ou 3 jours/semaine	Élevée (>6 METs)	20 min (par session de 10 min ou plus)	Endurance (aérobie) de type jogging
	et 2 jours/semaine (non consécutifs)		8 à 10 exercices 8 à 12 répétitions par exercice	Résistance (poids)

ACSM : American College of Sports Medicine ; AHA : American Heart Association ; CDC : Centers for Disease Control and Prevention ; USDHHS : US Department of Health and Human Services ; MET : Metabolic Equivalent Task

Nous pouvons distinguer deux types de recommandations dans ce tableau, d'un côté celles qui visent l'amélioration de la capacité cardio-respiratoire et de l'autre celles qui visent l'augmentation du niveau habituel d'AP dans le but d'améliorer l'état de santé global. Cette évolution des recommandations reflète l'évolution de la compréhension des relations entre AP et l'état de santé par la communauté scientifique (Dunn et coll., 1998 ; Blair et coll., 2004). Effectivement, les recommandations élaborées à partir des années 1970 jusqu'aux années 1990 étaient basées sur l'amélioration de la capacité cardio-respiratoire, préconisant donc des AP d'intensité élevées. Alors que les recommandations élaborées à partir des années 90 et jusqu'à aujourd'hui, basées sur l'augmentation du niveau habituel d'AP, s'adresse davantage à la population générale dans un but de promotion de la santé par l'AP. Car celles-ci ne visent pas seulement des AP réalisées au cours des loisirs mais également celles réalisées dans d'autres domaines de la vie quotidienne comme dans le cadre du travail, du domicile ou lors des transports.

L'évolution qu'a connu l'AP a entraîné la multiplication des initiatives pour intégrer les APA dans la prise en charge médicale des maladies chroniques. Effectivement, son intérêt dans la prévention de nombreuses pathologies chroniques, le fait qu'une AP pratiquée de façon régulière soit un facteur essentiel pour éviter les complications et réduire l'intensité des traitements médicamenteux et du fait que depuis mars 2017, les médecins peuvent officiellement les prescrire à leurs patients atteints de maladie chronique lui offre un nouveau statut, celui de « thérapie non médicamenteuse ». Ce qui ouvre, ainsi, la voie à la généralisation des APA dans les parcours de soins de nombreux patients. Ainsi, les établissements de santé privés, et particulièrement les établissements de soins de suite et de réadaptation (SSR), dont les missions sont axées sur le retour du patient vers son lieu de vie ou de travail, sont les véritables pivots des filières de prise en charge puisqu'ils contribuent ainsi à la fluidité du parcours de soins qu'ils fournissent au travers de leurs missions de rééducation, de réadaptation et

³ L'ACSM et l'association américaine d'étude des maladies du cœur (American Heart Association, AHA) ont publié deux documents, l'un s'adressant aux adultes en bonne santé de moins de 65 ans et l'autre s'adressant aux adultes âgés de plus de 65 ans.

de réinsertion. Ils ont été précurseurs d'initiatives comme l'inclusion d'une pratique physique régulière et raisonnée dans le parcours de soins des patients faisant partie intégrante de l'amélioration de leur état de santé général. Cet engagement se poursuit par la loi de modernisation du système de santé, préconisant la prescription d'APA à la pathologie, aux capacités physiques et au risque médical dans le cadre du parcours de soins des patients atteints d'une ALD.

3.2 Définition de l'activité physique adaptée

C'est au sein d'un congrès au Québec, au début des années 1970, que le concept d'APA a été reconnu internationalement. Il a ensuite été introduit en Europe en 1979 par Jean-Claude de Potter qui a créé en 1986 l'European Association for research into adapted physical activity. Ce n'est qu'en 1992, que ce concept fut reconnu par le ministère de l'enseignement supérieur en France.

Les activités physiques adaptées (APA)⁴ regroupent « l'ensemble des activités physiques et sportives à des fins de prévention secondaire ou tertiaire, de réhabilitation, de post réhabilitation, de rééducation, d'éducation ou d'insertion sociale auprès de personnes en situation de handicap et / ou vieillissantes » (Barbin et al., 2016). Ces AP sont dites « adaptées » puisqu'elles sont modifiées aux vues des capacités des enfants ou adultes atteints de pathologie chronique ou de handicap. En APA, l'objectif est de prévenir l'apparition ou l'aggravation de maladies, d'augmenter l'autonomie et la qualité de vie des patients, voire de les réinsérer dans des activités sociales.

Ainsi, l'APA est aujourd'hui considérée comme un complément essentiel à la rééducation et à la réadaptation traditionnelle de patients en situation de handicap en fonction de l'évolution de la pathologie chronique. De plus, les APA peuvent contribuer à prévenir le déconditionnement à l'effort qui s'installe fréquemment après une maladie aiguë, ce qui d'après l'Inserm conduit à encourager l'APA durant l'hospitalisation en SSR et/ou après l'hospitalisation (Inserm, 2008).

3.3 Rôle de l'activité physique adaptée dans la réhabilitation

Si nous prenons pour exemple le diabète, en reprenant quelques chiffres le concernant : 425 millions de personnes en sont atteintes dans le monde d'après la Fédération internationale du diabète. Celle-ci qualifie le phénomène de véritable pandémie, car la progression est considérable puisque l'OMS prévoit 622 millions de diabétiques d'ici 2040. En France, en 2015, 3,7 millions de personnes prenaient un traitement médicamenteux pour leur diabète (soit 5,4% de la population).

Les conclusions des études d'interventions démontrent que l'AP est un élément clef dans la gestion de cette pathologie. En effet, il a été prouvé que lorsqu'on est pré-diabétique, l'AP fait baisser d'environ 50% les risques de devenir diabétique à moyen terme (3 ans) et permet de retarder l'apparition de la maladie. Également, lorsqu'on est diabétique la pratique d'au moins 150 minutes d'AP par semaine, combinée à des conseils nutritionnels, fait baisser l'hémoglobine glyquée d'environ 0,7 % et diminue les risques

⁴ La fiche métier associée à la licence APA-S, dans le Répertoire National des Certifications Professionnelles (RNCP) précise que « le professionnel a pour vocation à participer à la conception, la conduite et l'évaluation de programmes de prévention, de réadaptation et / ou d'intégration par l'APA auprès de groupes de personnes relevant des catégories suivantes : troubles fonctionnels et métaboliques, troubles sensoriels et moteurs, troubles du comportement et de la personnalité, déficiences intellectuelles, troubles liés au vieillissement, maladies chroniques ou létales... ». Cette formation professionnelle intitulée STAPS « mention activité physique adaptée et santé » est habilitée depuis l'arrêté ministériel du 17 juillet 2008 (publié au journal officiel le 3 août 2008 relatif aux diplômes et titres délivrés par le ministère chargé de l'enseignement supérieur, modifiant les dispositions réglementaires du code du sport).

de complications associées (rétinopathie, néphropathie, accident cardiaque et accident vasculaire cérébral).

Parmi les nombreux bénéfices de l'AP, il est important de rappeler que celle-ci a des effets sur :

- Amélioration de l'insulino-sensibilité et de l'équilibre glycémique ; (Helmrich, Ragland, & Paffenbarger, 1994; Lynch et al., 1996; Tuomilehto et al., 2001; Warburton, Gledhill, & Quinney, 2001)
- Diminution du risque de maladie cardio-vasculaire et d'hypertension artérielle ;(Blair et al., 1996; Hu et al., 2004; Myers et al., 2004)
- Diminution des graisses abdominales ; (Maiorana, O'Driscoll, Taylor, & Green, 2003; Seidell JC, Cigolini M, Deslypere JP, et al, 1991; Warburton et al., 2001)
- Diminution du taux de mauvais cholestérol (LDL) ; (Berg A, Halle M, Franz I, et al., 1997; Brenes G, Dearwater S, Shaper R, et al., 1986; Warburton et al., 2001)
- Augmentation du taux de bon cholestérol (HDL) ; (Berg A, Halle M, Franz I, et al., 1997; Brenes G, Dearwater S, Shaper R, et al., 1986; Warburton et al., 2001)
- Aide au maintien ou à la perte poids ; (Maiorana et al., 2003; Warburton et al., 2001)
- Diminution du stress et de l'anxiété ; (Dunn, Trivedi, & O'Neal, 2001; Warburton et al., 2001)
- Augmentation de la confiance en soi et du bien-être ; (Fox, 1999; Penedo & Dahn, 2005; Taylor, Sallis, & Needle, 1985)
- etc.

Aussi, la littérature confirme des bénéfices acquis pendant et après traitements, en effet l'AP joue un rôle dans la prévention ou la correction d'un déconditionnement physique, le maintien et/ou la normalisation de la composition corporelle, une réduction de la fatigue liée aux cancers et une amélioration globale de la qualité de vie, une amélioration de la tolérance des traitements et de leurs effets à moyen et long termes ainsi qu'un allongement de l'espérance de vie et une réduction du risque de récurrence (Schmid, 2014 ; Blair et coll., 2004 ; (Bouchard et al., 1994; Haskell et al., 2007; Inserm, 2008; OMS, 2010; Wen et al., 2011; World Health Organization, 2002) ; WHO, 2016). Il convient de noter que plus l'AP est initiée (ou préservée) tôt dans le parcours de soins, plus ses effets seront bénéfiques sur le patient. Cela prend encore plus de sens si elle est maintenue dans la durée.

De plus, l'APA participe activement au processus de renforcement des capacités du patient, à l'amélioration de sa tolérance à l'effort visant à le rendre plus autonome, avec l'objectif de disposer d'une qualité de vie acceptable par lui, permettant ainsi de recouvrer tout ou partie des capacités de son corps. Grâce à l'AP, le patient gagne en durée et qualité de vie, avec une diminution significative des coûts induits par la maladie, liée à un moindre recours aux hospitalisations et aux technologies diagnostiques et thérapeutiques (Haskell et al., 2007; Inserm, 2008).

L'objectif principal pour les enseignants en APA (« EAPA ») est la poursuite par les usagers du programme APA, mais à titre individuel cette fois, d'une APA régulière après six mois d'adhésion au programme ou protocole de la structure constituant aujourd'hui un enjeu majeur.

Effectivement, après la sortie du SSR, le patient se voit prescrire des soins de rééducation en kinésithérapie dont la fréquence et l'intensité sont limitées, et souvent insuffisantes pour lui permettre de maintenir les progrès réalisés pendant le séjour hospitalier. La participation de ces patients à des

AP est ainsi significativement plus faible que dans la population générale alors que les effets de ces activités sont aujourd'hui bien démontrés sur les déficiences (équilibre, marche, endurance, force), sur la qualité de vie et sur l'humeur. Plusieurs barrières à la participation de ces patients sont rapportées telles que le coût des programmes, l'absence d'informations sur les lieux et le type de pratiques préconisées mais aussi et peut-être surtout l'image de soi comme image de la société sur le handicap.

4. L'enjeu actuel inhérent aux EAPA : le manque d'observance

La recherche d'une prescription d'AP efficace et sans danger est le principal but d'un EAPA, mais également la recherche de l'observance en suscitant le plaisir à modifier ses habitudes de vie fait partie de ses missions au sein des établissements de santé notamment au sein des SSR. Guiraud et al., ont montré qu'à deux mois et à un an après le séjour en rééducation cardiovasculaire, plus de 50 % des patients cardiaques ne maintiennent pas le niveau d'AP recommandé par les médecins.

En effet, les prescriptions non médicamenteuses telles que l'AP, le sevrage tabagique et les modifications du régime alimentaire sont souvent mal observées car elles impliquent un changement de mode de vie (Misdrahi D., 2006). D'après certains auteurs, les faibles taux d'achèvement de programme de réhabilitation cardiaque incluant l'AP se situeraient entre 15% et 30% (Boulanger et al., 2017) et pour d'autres l'observance des prescriptions médicamenteuses et non médicamenteuses est estimée autour de 50% (Lamouroux A, Magnan A, Vervloet D., 2005). Cela signifie qu'aujourd'hui une grande partie des patients ne poursuivraient pas les recommandations en AP post-intervention, ce qui contribue souvent à des rechutes, et donc un retour en structure de soins (engendrant des coûts importants en termes de dépenses de santé).

Les freins à la pratique exprimés par les patients sont souvent les suivants : le manque de motivation⁵, de temps, les conditions météorologiques, la pathologie chronique, le fait de ne pas se sentir sportif, ou le manque de goût pour les activités physiques, etc. Un autre constat intéressant à rajouter venant d'une enquête récente révélant qu'un français sur deux ne sait pas que l'AP peut permettre de prévenir et traiter de nombreuses maladies chroniques telles que le diabète (Escalon et al., 2009; « Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban), 2014-2016 / 2017 / Environnement et santé / Rapports et synthèses / Publications et outils / Accueil », s. d.).

Le fait que l'AP fasse partie des comportements de santé et que ceux-ci sont des comportements avant tout sociaux est le challenge actuel. Ce qui explique davantage la difficulté de parvenir à un changement de comportement, de maintenir la motivation de celui-ci et son engagement sur le long terme.

La complexité de la prise en charge actuelle en APA fait face à plusieurs défis. En effet, d'une part, le déconditionnement d'un patient diagnostiqué d'une pathologie chronique respiratoire est en partie l'une des causes de la genèse de la pathologie (ou de son aggravation, voir spirale du déconditionnement d'après Young, 1983 ; Préfaut et coll., 1995). La spirale du déconditionnement postule le fait que la sédentarité entraîne la survenue d'une pathologie, celle-ci entraînant davantage de limitations et donc davantage de sédentarité, entraînant à son tour des complications pouvant engendrer la survenue d'une nouvelle pathologie. De plus, la plupart des patients pris en charge se

⁵ Motivation : « construit hypothétique utilisé afin de décrire les forces internes ou externes et qui produisent le déclenchement, la direction, l'intensité et la persistance du comportement » (Vallerand & Thill, 1993)

voit proposer de l'AP pendant leur parcours de soins, mais souvent ceux-ci sont très éloignés des APS comme évoqué précédemment.

Et d'autre part, un schéma semble se retrouver dans de nombreuses pathologies, pouvant avoir un lien avec la motivation. Prenons l'exemple de l'obésité, cette dernière est fonction du niveau d'AP et de ses variables psychologiques (antécédents de l'obésité), mais l'obésité influence les variables comportementales sauf que cette influence n'est pas directe et passe par les variables affectives (comme le stress, la culpabilité ou la honte), des variables cognitives ou encore des variables conatives. Les influences sont donc dans les 2 sens. En d'autres termes, d'un côté, l'origine de l'obésité réside en des facteurs psychologiques (influençant le comportement alimentaire et pouvant engendrer des désordres au sein de celui-ci) et de l'autre, l'obésité influence ou aggrave davantage ces facteurs psychologiques puisqu'elle entraîne des conséquences sociales (telles que la discrimination, la stigmatisation, des difficultés à l'embauche par exemple, et donc de l'exclusion) et psychologiques (telles que l'augmentation des états dépressifs, une mauvaise estime de soi, un sentiment d'exclusion, de l'isolement ou le rejet de son corps) (Basdevant A., 2011 ; OMS, 2003). C'est le cas dans d'autres pathologies chroniques, les variables psychologiques expliquant la genèse de la pathologie sont accentuées davantage par la pathologie elle-même. Et puisque la motivation influence le niveau d'AP, on se retrouve avec un schéma de cause à effets, qui sont les mêmes des deux côtés du schéma. Ce qui reflète la difficulté de développer la motivation des patients envers l'AP et la difficulté de la maintenir dans le temps au retour à leur domicile à la suite d'une intervention. C'est également ce qui constitue un objet de recherche à part entière depuis longtemps dans le domaine des interventions en promotion de la santé par les politiques de santé publique.

5. Les nouvelles technologies : un outil de développement de la motivation ?

Au cours de ces dernières années, les nouvelles technologies n'ont cessé de prendre de l'ampleur dans notre société et ont envahi notre quotidien. De nombreuses inventions technologiques deviennent disponibles chaque jour pour aider les gens à mieux se connecter au monde ou à mieux accomplir leurs tâches. Et depuis quelques années, la technologie de la Réalité Virtuelle (RV) connaît un fort succès et s'est développée dans un bon nombre de domaines tels que le tourisme ou l'immobilier en proposant des visites virtuelles, dans le divertissement médiatique en retransmettant des événements sportifs en direct et avec des points de vue de 360°, dans l'éducation (Choi, 2016 ;(Nigel & Liliya, 2014) et la formation professionnelle des métiers techniques et risqués (par exemple des simulations en RV pour du pilotage dans le domaine militaire (Dourado & Martin, 2013) ; Stedmon & Stone, 2001), des interventions à distance, pour repérer le terrain ou pour l'entraînement, etc.), ou bien encore dans l'univers des jeux vidéo (voir site du plus grand salon du jeu vidéo au monde : Electronic Entertainment Expo (E3) : <https://www.e3expo.com/> ; Zyda, 2005) et de la publicité en utilisant la RV pour faire vivre spectateur des émotions fortes. Et récemment, fait son apparition dans le domaine de la médecine (Muller-Wittig, 2011) dans le but d'acquérir des compétences dans l'apprentissage de techniques opératoires telles que la chirurgie ou dans le traitement des phobies (Riva et al., 2016).

5. Définition

La réalité virtuelle ⁶ est définie comme «un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs. » (Traité de la réalité virtuelle, édition 3, Presses de l'Ecole des Mines de Paris, volumes 1, 2003).

En d'autres termes, la réalité virtuelle (en anglais, virtual reality ou VR) est une technologie qui permet de plonger une personne dans un monde artificiel créé numériquement. Selon les technologies employées, elle permet à l'utilisateur de ressentir un univers virtuel par le biais de ses différents sens : la vue le plus souvent mais aussi le toucher, l'ouïe, l'odorat. La réalité virtuelle permet donc à une personne de vivre une expérience d'immersion et de mener une activité sensori-motrice dans un monde artificiel.

5.1 Les différents dispositifs existant

La RV peut se classer selon les différents matériels informatiques qui la compose, ainsi elle peut comprendre un ensemble d'éléments tels que : le PC / mobile, un affichage à tête haute (HMD), un suivi du mouvement par capteurs et techniques développés pour amener les utilisateurs plus proches du système de compilation et de calcul en temps réel. L'objectif principal étant d'offrir aux utilisateurs une expérience de la vie en 3D dans un environnement virtuel en temps réel (Ali et al., 2017).

Il existe trois types de systèmes de RV :



IVR (1)



SIVR (2)



NIVR (3)

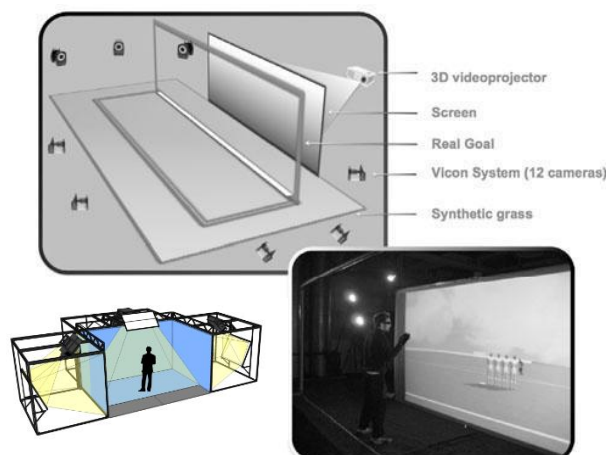
⁶ La RV ne date pas d'aujourd'hui. En effet, la première machine de réalité virtuelle date de 1956 et est attribuée à Morton Hellig qui l'a nommée « Sensorama », elle permettait à l'utilisateur de ressentir les effets faisant appel à plusieurs sens (toucher, odorat, ouïe, etc). Les premiers casques de réalité virtuelle sont apparus qu'au début des années 90 par la première impulsion des programmes de recherche lancés par la NASA.

(1) IVR (ou Immersive Virtual Reality) : Réalité Virtuelle Immersive

Le système de RVI est utilisé pour faire croire aux utilisateurs qu'ils sont réellement dans un environnement 3D artificiel, en leur donnant le sentiment qu'ils sont isolés du monde extérieur. Un environnement IVR (ou RVI) consiste en un casque de RV, par exemple, Google Cardboard ou Samsung VR utilisant des smartphones en tant que composant principal pour afficher un environnement simulé.

(2) SIVR (Semi Immersive Virtual Reality) : Réalité Virtuelle Semi Immersive

Le système de SIVR consiste souvent en un grand écran concave avec des projecteurs qui sont dirigés vers trois à six murs d'un cube de la taille d'une salle. L'exemple de la Cave (figure ci-contre) représente complètement ce système.



(3) NIVR (Non Immersive Virtual Reality) : Réalité Virtuelle Non Immersive

L'environnement NIVR utilise un système informatique graphique traditionnel avec un moniteur, une souris et un clavier

Au cours des deux dernières décennies, la RV a finalement atteint un stade où il peut être facilement adapté à n'importe quel téléphone portable. Avec l'aide de HMD (Head-mounted display ou affichage monté sur la tête) bon marché, comme Google Cardboard et Samsung VR, il peut maintenant convertir n'importe quel dernier smartphone en un dispositif de RVI. Il fournit un tout nouveau support physique pour une formation qui aidera chaque utilisateur à devenir physiquement apte et formé dans un environnement sûr (Ali et al., 2017).

Dans un autre contexte, la RV connaît également un essor fulgurant dans le champs sportif constituant ainsi une nouvelle forme d'entraînement physique à part entière. Aujourd'hui, une variété d'entraînements physiques s'est développé en applications sur smartphones ce qui change nos perspectives et nos manières de s'entraîner, de jouer et d'apprendre dans le domaine de l'AP. Ce qui montre l'intérêt de la RV ajoutant des stimuli pouvant améliorer la perception de l'effort et pouvant par la suite améliorer les réponses physiologiques liées à l'exercice, fournissant un moyen d'améliorer la performance. Cette technologie numérique a fait ses preuves dans le domaine du sport de haut niveau, puisque que l'un de ses avantages est qu'elle peut simuler des environnements standardisés, contrôlés et en toute sécurité ce qui se révèle efficace dans l'apprentissage de techniques sportives (Pasco, 2013), le développement d'habiletés motrices (Pasco, 2013).

Au cours de ces dernières années, la RV se retrouve associée à de nombreux produits, d'équipements sportifs tels que les tapis de course (1) (Nunes, Nedel & Roesler, 2014), les rameurs ergomètre (2) (Hoffman, Filippeschi, Ruffaldi & Bardy, 2014; Murray, Neumann, Moffitt & Thomas, 2016), ou encore les cycloergomètre (3) (Dagonneau, Maïano, Mercier, & Mestre, 2009; Mestre et al., 2011; Plante et al., 2003). Ce dernier est intéressant puisqu'il se retrouve en effet, dans les structures de réadaptation du fait qu'il présente de nombreux avantages dans le réentraînement à l'effort.



(1)



(2) Murray et al.



(3)

5.2 Applications de la réalité virtuelle dans le domaine sportif

En quête perpétuelle de meilleures performances, chercheurs et scientifiques investissant le domaine du sport de haut niveau visent l'amélioration des stratégies d'entraînement et l'optimisation de la performance pour les athlètes. Actuellement, les nouvelles technologies font leur apparition dans ce domaine et rentrent dans le champ des « aides ergogéniques » (bien que le terme puisse prêter à confusion puisqu'il est en général employé pour les substances ou produits tels que les compléments alimentaires, protéines, créatine, etc.). Parmi ces aides technologiques, certaines ont montré leur intérêt dans le champ sportif, par exemple la musique et la vidéo suscitent un certain nombre de bénéfices psychologiques (motivation, humeur, affect, évaluation de l'effort perçu (RPE) et physiologiques (modification de la fréquence cardiaque, de la respiration, concentrations de testostérone) (Cook & Crewther, 2012 ; Rhodes & al, 2009 ; Barwood et al., 2009 ; Karageorghis & Priest, 2012). La combinaison de ces changements induit des améliorations de la performance, notamment une augmentation des valeurs de puissance moyenne et maximale (Jarraya et al., 2012; Chtourou et al., 2012; Stork, Kwan, Gibala & Martin, 2015), du temps écoulé jusqu'à l'épuisement (Terry, Karageorghis, Saha et D'Auria, 2012; Nakamura, Pereira, Papini, Nakamura & Kokubun, 2010), une amélioration du temps des performances individuelles à l'entraînements (Atkinson, Wilson et Eubank, 2004; Elliot, 2007; Lin et Lu, 2013), et une amélioration des performances de sprint et de squat (Cook & Crewther 2012).

Par ailleurs, les travaux du laboratoire M2S (Université de Rennes 2) menés notamment par Benoit Bideau (Directeur du laboratoire) et son équipe dont Richard Kulpa, travaillent depuis 20 ans sur la RV dans le milieu sportif. Par exemple, ces derniers démontrent que la RV offrent des avantages considérables dans l'amélioration de la performance des sportifs de haut niveau en étant la solution la plus bénéfique pour détecter le moment exact et le lieu de la prise d'informations d'un défenseur lors d'une attaque feintée d'un adversaire au rugby (en comparaison avec les autres méthodes déjà utilisées pour répondre à cette problématique, à savoir les questionnaires, l'oculomètre, l'oculation spatiale et temporelle, et enfin la vidéo) (Brault, Bideau, Kulpa, & Craig, 2012). Il existe d'autres travaux portant sur d'autres disciplines sportives telles que le handball (Benoit Bideau et al., 2004) toujours dans l'objectif d'utiliser la RV pour isoler chaque paramètre permettant ainsi de voir l'influence d'un paramètre spécifique et de mieux comprendre le couple perception-action et d'innover la manière d'entraînement pour que celle-ci soit plus efficace (B. Bideau et al., 2010). Par ailleurs, une étude s'intéressant aux effets de la RV sur les réponses physiologiques est actuellement

en cours au sein du laboratoire M2S. L'équipe a développé un ergo-cycle assisté par un système de RV dans le but d'améliorer la performance chez des sujets sportifs mais également de prévenir les blessures et d'améliorer la prise en charge chez des sujets atteints de pathologies chroniques.

5.3 Applications de la réalité virtuelle dans le domaine de la réhabilitation

Le réentraînement à l'effort est centré sur deux objectifs, d'une part il vise à lutter contre le déconditionnement donc porte sur l'entraînement en aérobie ou endurance, d'autre part il vise à lutter contre l'atrophie musculaire dont souffre le patient et donc porte sur le renforcement musculaire ou travail en résistance. Souvent le vélo ou cycloergomètre est choisi dans les programmes de réadaptation puisqu'il répond aux deux objectifs cités précédemment.

Si les bienfaits de l'AP ont été mis en évidence quel que soit le type d'activité, le vélo, sport de plein air, est une discipline intéressante car très complète. En effet, le principal atout du vélo est qu'il fait travailler en même temps le muscle cardiaque et les autres muscles (abdominaux, pectoraux, bras, dos, fessiers et surtout les jambes), ce qui développe l'endurance cardio-vasculaire et musculaire (développe la puissance des muscles des membres inférieurs). En plus d'être une AP, le vélo est aussi un moyen de transport, de déplacement ce qui peut constituer un élément de motivation pour la poursuite de cette AP en dehors de l'établissement de santé offrant la prise en charge. Pour rappel, l'objectif à moyen terme est de parvenir à impliquer le patient dans un programme adapté et régulier pendant sa prise en charge, puis à long terme l'objectif visé est le changement de comportement c'est-à-dire l'engagement du patient dans une AP régulière en dehors de l'établissement et ce, après 6 mois ou plus post intervention.

Cependant, les études montrent que le réentraînement à l'effort et notamment le travail en endurance est perçu comme fastidieux et ennuyeux pour les patients (Ekkekakis, Parfitt, & Petruzzello, 2011), ce qui joue sur la motivation et donc sur l'adhérence au programme au sein de la structure de prise en charge mais également en dehors de celle-ci pendant la période post intervention (Daly et al., 2002; Neubeck et al., 2012). Les facteurs associés aux taux faibles de participation à la réadaptation comprennent: le manque de recommandation du médecin, une plus grande distance de l'hôpital, le manque de moyens de transport, le coût (par exemple, les frais de stationnement), le manque de motivation personnelle, le manque de soutien social, la faible estime de soi, la peur d'un événement cardiaque et le manque de plaisir à faire de l'exercice, car il n'a généralement pas de rétroaction environnementale et le patient doit faire un exercice ennuyeux (Boulanger et al., 2017; Daly et al., 2002; Neubeck et al., 2012).

Les programmes de réhabilitation physique impliquent la répétition de mouvements corporels spécifiques selon les pathologies, et l'utilisation souvent d'aides techniques de résistance telles que les charges ou poids pour le renforcement musculaire ou encore le tapis roulant. Aujourd'hui, de récents programmes de réhabilitation ont commencé à utiliser d'autres outils offrant une expérience visuelle parmi lesquels nous retrouvons la RV qui représente une solution innovante et prometteuse (Howard, 2017)

La méta analyse d'Howard (Howard, 2017) a examiné les effets de programmes de réhabilitation utilisant la RV soit en prenant partie intégrante du programme ou en partie au sein du programme ordinaire. Ainsi, de nombreux auteurs ont montré que les programmes de RV pouvaient avoir des bénéfices sur le plan physique (Cho, Lee et Song, 2012 ; Rahman, 2010 ; Rostami et al., 2011) en

développant quatre paramètres physiques étant : le contrôle moteur, l'équilibre, la mobilité et la force (avec plus de résultats sur l'équilibre et la force) (Chen, Jeng, Fung, Doong, & Chuang, 2009). De plus, dans certains cas, il a été démontré qu'une rééducation intégrant la réalité virtuelle est plus efficace qu'une rééducation classique pour améliorer la vitesse de marche, l'équilibre et la mobilité notamment après un AVC (Corbetta et al., 2015). L'explication de son efficacité repose sur le fait que la RV a la capacité de développer les mécanismes tels que : l'excitation/plaisir, l'engagement physique et cognitif.

De même, Carlo C. et al. ont mis au point un système de RV pour améliorer le processus de rééducation en proposant un programme d'exercices personnalisés en fonction des besoins spécifiques du patient assurés par un thérapeute virtuel. L'application enregistre les mouvements effectués par le patient à l'aide de capteurs de mouvements et un système rétro-actif permet un retour d'informations au patient directement (Ali et al., 2017).

5.4 Les premiers pas de la réalité virtuelle en réhabilitation respiratoire (ou réentraînement à l'effort)

La RV intrigue le champ de la réhabilitation cardio-respiratoire car celle-ci pourrait pallier à certaines limites rencontrées chez les patients et dans les structures de soins. Effectivement, il existe dans la plupart des pathologies chroniques des limites apparaissant à l'effort comme la douleur, la gêne, l'exacerbation, la dyspnée, etc. La RV rend alors possible la création d'exercices qui détournent l'attention des sensations corporelles désagréables (comme les douleurs musculaires ou une respiration accrue) et retarde ainsi l'ennui et la fatigue (Annesi & Mazas, 1997 ; Annesi, 2001), il est alors possible d'encourager une participation accrue. Selon Annesi et Mazas (1997), « le passage d'une attention interne à une attention externe peut être attribué à la stimulation sensorielle externe de la réalité virtuelle (c'est-à-dire visuelle et / ou auditive) ».

Certaines études ont montré que le plaisir de l'activité est un facteur sous-estimé conduisant à une plus grande participation à la réadaptation, car les patients qui ont une vision positive de l'exercice ont plus de chances de poursuivre leurs programmes d'exercices (Dishman, 1982; Htut, Hiengkaew, Jalayondeja, & Vongsirinavarat, 2018; Tirrell & Hart, 1980).

Actuellement, il existe un intérêt croissant pour l'exploration des avantages potentiels des solutions de « santé connectée » ou « e-santé » (*D'après l'OMS, l'e-santé se définit comme « les services du numérique au service du bien-être de la personne » ou « l'utilisation des outils de production, de transmission, de gestion et de partage d'informations numérisées au bénéfice des pratiques tant médicales que médico-sociales » comprend donc la télémédecine, les applications santé sur smartphones, etc*) pour optimiser la participation à la réhabilitation cardiaque. Effectivement, la RV semble être intéressante en tant qu'amélioration de l'expérience et en termes de changement de comportement qu'il soit personnel ou clinique. Une étude (Riva et al., 2016) suggère que la « RV peut transformer notre expérience externe grâce au haut niveau d'efficacité personnelle (*D'après Bandura (1977), celui-ci constitue la croyance qu'a un individu en sa capacité de réaliser une tâche*) et de réflexion sur soi généré par leur sens de la présence et leur engagement émotionnel, de plus elle peut également modifier notre expérience intérieure en structurant, modifiant ou remplaçant notre « soi corporel » ou « conscience du soi corporelle » (« bodily self-consciousness »). Cela s'explique par le fait que la RV peut être utilisée comme outil de simulation pour une exposition contrôlée à des situations spécifiques, où l'on peut surveiller les réponses générées par l'utilisateur et concevoir différents niveaux de difficulté allant des performances simples aux plus difficiles. Il est possible donc de simuler une réalité externe pour modifier notre expérience du corps et de l'espace ou de simuler une réalité interne pour améliorer notre perception et la propriété de notre corps ce qui peut

induire des émotions positives, des attitudes positives et aider à comprendre et à contrôler les signaux de notre corps.

6. Une solution prometteuse mais coûteuse : quelles autres solutions envisager ?

On assiste à l'inclusion de la RV au sein de programmes de réadaptation cardiopulmonaire, cardiaque ou respiratoire, L'objectif de la RV est de transformer ces programmes fastidieux en programmes amusants remplis de stimulation perceptuelle dans le but de faciliter ou d'améliorer l'expérience d'entraînement physique et d'en promouvoir de meilleurs bénéfices grâce au plaisir ressenti pendant celui-ci. Les études rapportent que la réhabilitation cardiaque par RV améliore plus efficacement les conditions mentales et physiques des patients cardiaques que les programmes conventionnels. Cependant, sa complexité et son coût empêchent son application dans la population générale (Penn, Chuang, Chuang, & Yang, 2018)

Cependant, les récents progrès de la technologie ont facilité la mise au point d'équipements, de dispositifs de cyclisme sur cycloergomètre utilisant la RV (Nigg, 2003). Ces unités de réalité virtuelle créent un environnement virtuel interactif associant une stimulation auditive et visuelle dans laquelle les utilisateurs s'exercent sur un vélo stationnaire. Le vélo lui-même est équipé d'un dispositif à résistance variable qui module l'intensité de l'exercice en fonction de l'environnement virtuel. Avec cet équipement, le logiciel reçoit des données de la performance du participant et contrôle en permanence les informations sensorielles et de force envoyées au participant en fonction de sa progression dans l'environnement virtuel (Mestre et al., 2011). L'objectif général de l'introduction de ce matériel de RV dans la population en général est d'accroître la participation et l'observance de l'utilisateur.

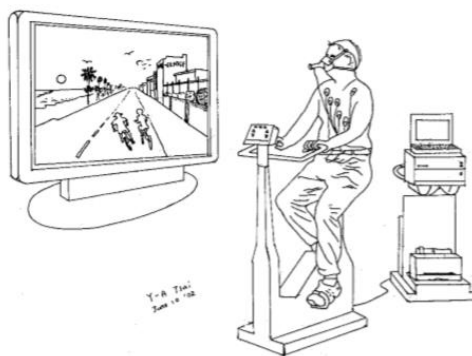


Mestre et al.

7. Résultats de ce dispositif de cyclisme utilisant la RV

Hormis l'affirmation générale selon laquelle le couplage de la réalité virtuelle à un équipement de type ergomètre tirerait parti du plaisir de l'exercice et des performances (Dagonneau et al., 2009), certains auteurs (Plante et al., 2003) ont étudié les effets cognitifs et comportementaux de la réalité virtuelle et ont constaté des effets positifs sur l'effort physique réel lors d'une tâche sur vélo améliorée par la réalité virtuelle, tandis que d'autres (Ijsselsteijn, 2006) ont constaté que les effets comportementaux semblent dépendre du format et du contenu de l'information de l'environnement virtuel.

Des recherches antérieures sur la réponse physiologique humaine à l'exercice, ont montré qu'une augmentation significative du temps, de la distance et des dépenses caloriques sur vélo avait été observée chez des seniors en bonne santé immergés dans un monde de réalité virtuelle profitant de leur parcours virtuel (Chuang et al., 2003). Ce qui montre que les programmes d'AP en réhabilitation cardiorespiratoire pourraient être assistés par la RV puisque les résultats rapportent un maintien de l'endurance, une amélioration de l'intensité cible et de la consommation totale d'énergie puisque l'effort perçu semble différer pour les groupes bénéficiant de la RV. D'autres auteurs se sont intéressés à la manière dont la RV peut améliorer la performance, le plaisir et la dissociation (voir Mestre et al, 2011).



D'autres études ont directement testé l'effet d'un paramètre de réalité virtuelle sur les états affectifs et / ou les performances lors du cyclisme en salle (Chuang et al., 2003; Plante et al., 2003). Annesi et Mazas (1997) ont testé l'effet d'un programme d'exercice sur vélo en réalité virtuelle de 14 semaines dans un centre de fitness sur l'adhérence et les états de sensation induits par l'exercice chez 45 adultes de 20 à 60 ans. L'étude a utilisé le vélo Tectrix VR⁷, un vélo couché connecté à un logiciel de jeu vidéo ressemblant à un jeu vidéo, avec un écran d'ordinateur placé devant l'utilisateur. Les résultats ont montré un effet positif et significatif de la RV sur l'observance et l'assiduité, par rapport aux vélos d'exercice classiques, droits ou couchés.



Plante, Aldridge et al. (2003) ont étudié si la technologie de la réalité virtuelle améliorait les avantages psychologiques de l'exercice aérobique chez 88 adultes. Les participants ont été assignés au hasard à l'une des trois conditions (de 30 minutes) suivantes : a) pédaler à intensité modérée (fréquence cardiaque maximale de 60 à 70%) sur un vélo stationnaire, (b) jouer à un jeu de vélo en RV sur ordinateur, (c) une expérience de vélo interactive (RV) sur un ordinateur tout en faisant de l'exercice sur un vélo stationnaire à une intensité modérée. Les résultats ont révélé que la RV associée à l'exercice augmentait le plaisir et l'énergie tout en réduisant la fatigue. En revanche, la RV sans exercice augmentait la tension et la fatigue des participants tout en diminuant leur niveau d'énergie. Dans des conditions similaires, Plante, Frazier et al. (2003) ont également signalé des effets psychologiques positifs à long terme de la réalité virtuelle ajoutés à l'expérience d'exercice.

Mac Rae et al. (2003) ont examiné si les caractéristiques physiologiques (fréquence cardiaque, consommation maximale d'oxygène, etc.), de performance (vitesse, distance, etc.) et psychologiques (humeur, sentiment, satisfaction, etc.) de femmes entraînées et non-entraînées étaient altérées lorsque celles-ci étaient exposées à une expérience interactive visuelle avec feedbacks (RV) avec de la musique, par rapport à de la musique uniquement. Les résultats ont montré des effets positifs sur la performance puisque la vitesse moyenne et la distance parcourue étaient considérablement améliorées dans la première condition lorsque les participantes étaient considérées comme non-entraînées.

IJsselsteijn et ses collègues (2006) ont étudié les effets de l'immersion et du coaching par un agent virtuel sur la motivation intrinsèque et le sens de la présence chez les participants faisant du vélo sur un vélo d'entraînement à domicile. Dans cette étude, deux niveaux d'immersion (élevé ou faible, c'est-à-dire une vision égocentrique ou allocentrique) et deux niveaux d'entraînement (avec ou sans, l'entraîneur étant un agent virtuel) ont été testés. Les résultats ont confirmé un effet positif et significatif de l'immersion sur la vitesse moyenne, en faveur de la condition d'immersion élevée, sur quatre dimensions de la motivation intrinsèque (intérêt / plaisir, compétence perçue, valeur / utilité et contrôle perçu) et sur trois dimensions de la présence (présence spatiale, engagement et validité écologique).

Concernant les études qui ont directement testé les effets de la RV sur la performance physique, un article, Chuang et al. (2008) rapporte que la rétroaction de la RV permet aux exercices anaérobies de durer plus longtemps en réduisant l'effort perçu (voir aussi Chuang et al., 2003).

Une étude s'est intéressée aux effets d'un programme de cyclisme en exergame (sur plate-forme Internet) de six semaines sur la condition cardiovasculaire de sujets jeunes atteints de paralysie cérébrale. Malgré les limites de celle-ci comprenant un faible échantillon et l'absence d'un groupe contrôle, les auteurs démontrent des résultats positifs de ce programme (Knights et al., 2016). Par ailleurs, d'autres auteurs ont développé un système de cyclisme en RV augmentée⁸ pour remédier aux

⁷ <http://tulrich.com/tectrixvr/>

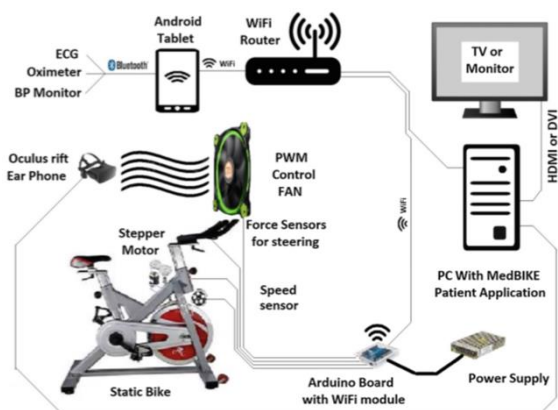
⁸ *La réalité augmentée utilise le monde réel pour y afficher des informations (en 2D ou 3D), avec lesquelles l'utilisateur va pouvoir interagir. Ces données apparaissent par le biais d'un appareil spécifique, pouvant aller du casque (ou des lunettes) à un smartphone, tablette ou ordinateur. Site : <https://www.realite-virtuelle.com/difference-realite-augmentee-virtuelle>

déficits du contrôle moteur et de condition physique globale de sujets en phase chronique post-AVC. Les résultats démontrent une amélioration statistiquement significative de 13% ($p = 0,035$) de la Vo_2 (avec une fourchette de 6 à 24,5%). Pour ces personnes, le cyclisme en RV augmentée, qui utilisait leur fréquence cardiaque pour régler la vitesse de l'avatar, favorisait un entraînement d'une durée et d'une intensité suffisantes pour promouvoir la condition physique (Deutsch et al., 2012).

Enfin, des auteurs ont étudié la RV-exergaming⁹ en comparaison à un ergomètre standard pour déterminer si la puissance maximale pouvait être améliorée par la RV-exergaming (comprenant deux modes, à savoir le mode fantôme où le participant jouait contre sa performance précédente et le mode difficile où on augmentait la résistance de pédalage) sans avoir de conséquence sur le plaisir lié à l'exercice. Il s'est avéré que la RV-exergaming peut être un outil efficace pour initier la population générale ou faire connaître un programme HIIT comme mode d'entraînement. De plus, en permettant aux individus de visualiser leurs performances précédentes, il est possible d'accroître le stress lié à l'exercice en HIIT. Les auteurs concluent que cela semble également motiver les participants à surmonter une augmentation de la résistance mécanique et à travailler beaucoup plus en difficulté, sans nuire à leur plaisir d'exercer (Farrow, Lutteroth, Rouse, & Bilzon, 2018).

Une autre étude portant sur les bénéfices psychologiques d'un programme de rééducation basé sur la RV sur ergo-cycle chez 30 sujets atteint de pathologies du rachis a démontré que celui-ci pouvait apaiser les tensions des patients et induire des moments de détente et de calme (Chen et al., 2009).

Récemment, certaines entreprises ont développé des systèmes de cyclisme en RV utilisant la réalité virtuelle et les ergo-cycle ou vélo instrumentés. Par exemple, Widerun (voir figure ci-contre), une entreprise italienne, permet aux utilisateurs de connecter un vélo normal à leur dispositif de résistance, d'enfiler un casque VR et de parcourir des mondes virtuels. Leur système fournit une résistance variable en fonction de l'environnement du jeu. Bon nombre de ces systèmes ont une visée avant tout commerciale ciblant les passionnés du cyclisme, ils sont donc onéreux et se concentrent surtout sur la performance physique. Concernant les applications médicales de ces systèmes, une étude s'y est intéressée en proposant un système de RV sur vélo (cycloergomètre) « low cost » appelé MedBike comprenant une surveillance du patient à distance et la mise en relation avec un professionnel de santé (Boulangier et al., 2017)



Medbike



Widerun

⁹ *L'exergaming est la combinaison de deux mots anglais « exercise » et « gaming » qui est un terme utilisé pour parler des jeux vidéo qui sont également une forme d'exercice ou d'entraînement. L'exergaming s'appuie sur une technologie qui suit le mouvement ou la réaction du corps (<https://en.wikipedia.org/wiki/Exergaming>)

II. Hypothèses et objectifs mémoire

La combinaison du vélo ou ergo-cycle et de la RV-exergaming semble donc pertinente et mérite d'être évaluée auprès de patients atteints d'une pathologie les rendant plus ou moins intolérant à l'effort. Le double objectif de cette étude réside dans l'évaluation de la faisabilité et des bienfaits d'une telle stimulation dans un contexte de réentraînement à l'effort chez des personnes présentant diverses pathologies. Il s'agira d'identifier des éléments de réponses à la question suivante : dans quelle mesure un programme de réentraînement à l'effort comprenant des séances en RV sur ergo-cycle s'avère-t-il faisable et bénéfique ? Trois principales hypothèses seront testées. La première hypothèse stipule que les participants obtiendront une amélioration plus importante en termes de puissance maximale (en watts) obtenue en fin de protocole. La seconde est que la RV engendrera un effet positif sur la perception d'effort des participants, les rendant donc plus tolérant à l'exercice ultérieurement. Et enfin, la troisième hypothèse mentionne que la condition expérimentale (RV) devra être plus appréciée par les participants et donc occasionner un impact sur les séances d'entraînement ultérieures en condition sans RV ou ordinaire.

III. Matériel et méthode

3.1 Contexte d'intervention

3.1.1 Structure

L'Institut Rennais de Chirurgie Orthopédique et de Médecine du Sport (IRCOMS) à Cesson-Sévigné (Ille et Vilaine) est un centre reconnu en Bretagne pour la prise en charge des pathologies ostéo-articulaires liées à l'activité physique. En effet, celui-ci regroupe un ensemble de chirurgiens orthopédiques spécialistes de la main, du coude, de l'épaule, de la hanche et rachis, du genou, de la cheville et du pied ainsi que des spécialistes reconnus en médecine physique et rééducation fonctionnelle ou médecine du sport. De ce fait, ce collectif offre aux patients une prise en charge pluridisciplinaire adaptée allant du diagnostic primaire à la rééducation complète.

Le pôle de médecine du sport s'est créé en avril 2017 et concède à sa patientèle un réentraînement à l'effort suite à un déconditionnement ainsi qu'une réadaptation dite fonctionnelle pour recouvrir les gestes de la vie quotidienne.

Le protocole de réentraînement à l'effort de 20 séances proposé aux patients entre dans les nouvelles modalités de prises en charge remboursées par la Sécurité Sociale. En effet, le décret du 30 décembre 2016 a lancé les prémices du sport sur ordonnance¹⁰ en France en précisant qu'un médecin traitant peut prescrire au patient atteint d'une affection de longue durée (ALD) une activité physique dispensée par des intervenants spécialisés (parmi lesquels se trouvent les professionnels de santé mentionnés aux articles L. 4321-1, L. 4331-1 et L. 4332-1, les professionnels titulaires d'un diplôme dans le domaine de l'activité physique adaptée *développé selon les règles fixées à l'article L. 613-1 du code de l'éducation*, ainsi que les autres professionnels et personnes qualifiées disposant des prérogatives pour dispenser une activité physique aux patients atteints d'ALD). Les professionnels

¹⁰ Visible sur le site : <https://sport-ordonnance.fr/>

principalement concernés sont les coach APA, masso-kinésithérapeutes, des ergothérapeutes et psychomotriciens, c'est-à-dire des professionnels paramédicaux ainsi que les personnes certifiées par la fédération sportive.

Ce décret est rentré en application le 1^{er} mars 2017 et s'adresse précisément à certains patients dont l'affection de longue durée figure sur la liste de celles qui ont le droit au remboursement (article L. 322-3 du Code de la Sécurité Sociale). Parmi les 30 pathologies figurant dans la liste, les deux types de diabète, les cancers, la maladie de Parkinson et d'Alzheimer, et la sclérose en plaque en font partie. Le décret n'évoquant pas encore la modalité du remboursement du sport sur ordonnance, c'est pourquoi aujourd'hui quelques mutuelles ont développé leurs offres ainsi que certaines collectivités en proposant des séances de sport sur ordonnance gratuites pendant un an (c'est le cas de Strasbourg par exemple). Cette prescription est la réponse du signal d'alarme lancé par l'OMS au sujet de l'augmentation des maladies chroniques et de leur incidence sur les coûts liés à la santé. Celle-ci est destinée à diminuer les facteurs de risques, lutter contre les effets délétères de la sédentarité (aujourd'hui considéré comme étant le 4^e facteur de risque des maladies chroniques), et enfin améliorer la qualité de vie des personnes atteintes d'une affection de longue durée compte tenu des bénéfices liés à la pratique d'une activité physique (« sport-santé » reconnu comme thérapeutique non médicamenteuse par la HAS en 2011).

3.1.2 Public

Le public accueilli en général au sein de ce pôle est varié, composé de tout âge et de pathologies diverses. D'un côté, les personnes vivant avec un trouble ostéo-articulaire ayant subi une chirurgie avec l'éventualité d'une pose de prothèse et de l'autre, des personnes souffrant de pathologies chroniques (cancers, sclérose en plaque, polyarthrite rhumatoïde, fibromyalgie, lombalgie, etc). De ce fait, les objectifs visés par la rééducation fonctionnelle ou le reconditionnement cardiorespiratoire vont dans le même sens, à savoir retrouver ou développer la mobilité et la force nécessaire à une qualité de vie satisfaisante bien que ceux-ci soient souvent freiner par certaines limitations.

En France, en pratique orthopédique, il est posé 90,000 prothèses de la hanche, et 50,000 prothèses du genou par an (Rouxel, 2015). A titre de comparaison, aux États-Unis en 2008, 650 000 prothèses de genou ont été implantées, contre 139 000 prothèses de hanche (PTH) (Prof Andrew J Carr, FMedSci et al., 2012).

Un tableau présentant les caractéristiques des pathologies rencontrées au sein de la structure est détaillé en Annexe 1.

3.1.3 Programme d'APA

Le protocole mis en place au sein du pôle médecine du sport et rééducation par le Docteur Raphael Jallageas repose sur les fondements du PEP'C (Programme d'Entraînement Personnalisé en Créneaux) reconnu comme solution thérapeutique au déconditionnement. Aujourd'hui, ce trouble, induit par une multitude d'affections pouvant être d'ordre métabolique, cardiovasculaire, ostéo-articulaire, neuromusculaire etc ou bien encore issu d'un déséquilibre alimentaire, du tabagisme, ou suite à de longues hospitalisations, est largement connu. Les symptômes de ces pathologies entraînent une sédentarité qui favorise un déconditionnement physique global pouvant conduire à l'invalidité.

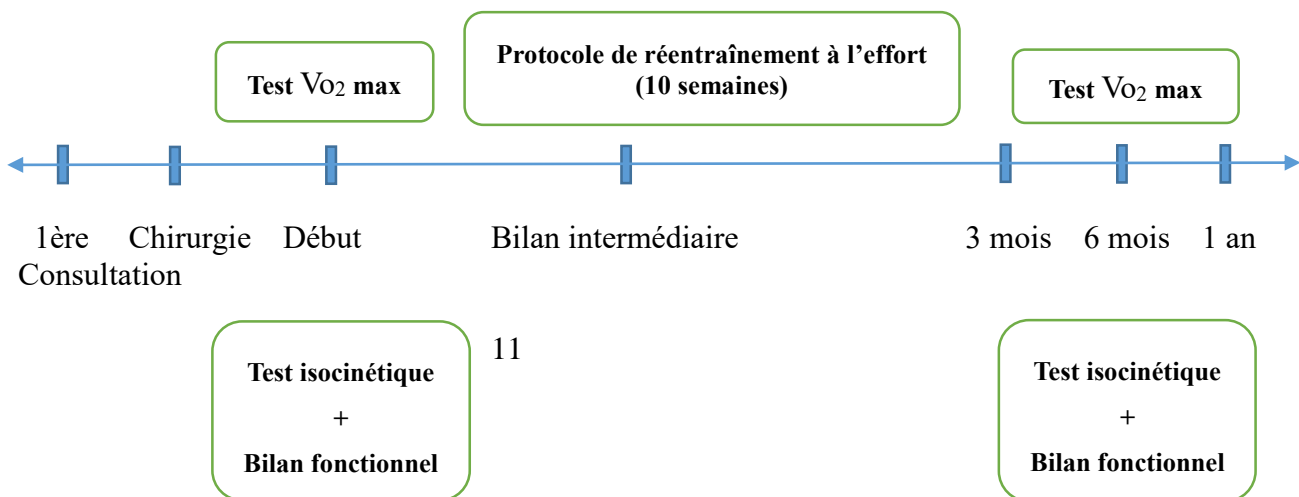
Le PEP'C est le fruit de nombreuses études (Lang et al., 2015) démontrant son efficacité quant au reconditionnement cardio-respiratoire. Les résultats démontrant qu'en 18 séances, les participants

obtiennent une nette amélioration des paramètres cardiorespiratoires maximaux (Puissance Maximale Théorique (PMT), le pic de consommation d'O₂ (Vo₂pic), et la Ventilation Maximale Minute (VMM)) et des paramètres d'endurance aérobie (SV1, FC au SV1, taux de lactate) était observée (p <0,05). Ce protocole, d'après la littérature permet un gain fonctionnel de l'ordre de 30%.

Le protocole comprend en premier lieu, un test d'effort cardio-respiratoire maximal (test Vo₂ max) réalisé sur cyclo-ergomètre par un médecin spécialiste afin d'évaluer de manière précise les capacités propres du patient. Ensuite, une série de 18 séances d'1h sont proposées au patient (comprenant un programme individuel et évolutif de réentraînement à l'effort sur cyclo-ergomètre ainsi que du renforcement musculaire adapté) à cela s'ajoute 2 séances supplémentaires servant de bilan (intermédiaire et final). Les séances sont collectives mais se cantonnent au nombre limité de 5 patients afin d'offrir les meilleures conditions d'encadrement et de proposer, suivre et faire évoluer les exercices proposés en fonction de la pathologie et de la condition générale du jour. Celles-ci sont réalisées par deux préparateurs physiques spécialisés dans le domaine de traumatologie orthopédique du sport (évoluant séparément car se répartissent le planning). En général, le programme dure 10 semaines, avec deux séances par semaine au départ, puis en fonction de l'évolution et des besoins du patient le protocole est aménagé. Egalement en fonction de l'évolution de la santé et de la pathologie du patient, et suite aux bilans et tests finaux le protocole est reconduit après dialogue avec le patient compte tenu des bénéfices et gains obtenus et souhaités.

Une séance d'APA ordinaire se décompose en 3 parties : en moyenne 40 minutes de cyclo-ergomètre puis 10 minutes de renforcement musculaire et pour finir 5 minutes d'étirement pour le retour au calme.

3.1.4 Suivi



Un premier test est réalisé en pré-opératoire afin de s'assurer de la bonne récupération musculaire, puis au 4ème mois et 6ème mois afin de suivre l'évolution de la rééducation.

Le test a pour but de calculer la force maximale de chaque groupe musculaire selon un mode de contraction précis (concentrique, excentrique). Il peut également être utilisé en prévention des

¹¹ Test isocinétique : permet l'analyse des couples de force articulaires (ou de force) statiques ou dynamiques que ce soit en mode évaluation, en entraînement de la force musculaire ou lors d'exercices de coordination avec monitoring associé en rééducation comme en renforcement. La mesure de force des différents muscles de la cuisse (quadriceps et ischiojambiers) est réalisée dans les suites, par exemple d'une rupture du ligament croisé antérieur (LCA).

ruptures du LCA ou de lésions des ischiojambiers notamment dans les sports de pivot-contact tel que football, le handball, le basket ou le rugby.

Le protocole établi au sein du pôle prévoit une visite de suivi 6 mois après le dernier test d'effort clôturant la prise en charge, puis une autre visite 6 mois après soit un an post prise en charge. Ce suivi permet au patient et à l'encadrant de faire le point sur l'état de santé général, l'évolution suite au programme et la condition physique post-intervention du patient.

3.1.5 Local et matériel

Le pôle de médecine et réadaptation possède une salle d'une superficie d'environ 40 m² ainsi que d'un couloir. Le matériel mis à disposition comprend une large gamme d'accessoires spécifiques de musculation tels que des haltères, medecine ball, swiss ball (ballon de gymnastique ou d'exercice), box, élastiques de musculation, corde à sauter, kettlebell, tapis de sol, step, rouleau de massage, plots, aquahit, bosu, trampoline. De plus, les appareils ou équipements dont se dote l'établissement sont issus des dernières innovations technologiques et offre ainsi une grande qualité dans les soins accordés au patient. En effet, 5 cyclo-ergomètres sont à disposition et utilisés dans le cadre du protocole de réentraînement à l'effort, ainsi que d'un dispositif isocinétique de marque CONTREX12 et des cardio-fréquencemètres de la marque Polar.

3.1.6 Cyclo-ergomètre et logiciel cardiowise

La structure accueillant l'étude possède 5 ergomètres de la marque Cardiowise, modèle Ergo-Fit de la série XRCISE CYCLE MED. Cardiowise est un fabricant d'ergomètres allemand et reconnu dans le secteur de la santé et de la réhabilitation. En effet, ce cycle ergométrique a été conçu spécialement pour des personnes ayant des problèmes de genou ou de hanche, car il est équipé de base du réglage de selle électrique permettant d'ajuster la hauteur de selle même si le patient est assis dessus (jusqu'à 200 kg). De plus, ce vélo peut recevoir en option la mesure de la tension artérielle ainsi que la mesure de la fréquence cardiaque car détecte le signal du cardio-fréquencemètre directement. Un faible niveau de résistance initiale de 15 watts permet un entraînement à faible impact ce qui est idéal pour le réentraînement à l'effort notamment chez les patients fortement déconditionnés ou avec des problèmes cardiaques. Il permet également d'effectuer



¹² visible sur le site : <https://www.medimex.fr/contrex-by-physiomed.html>



des tests d'effort maximaux lorsqu'il est couplé à un masque Hans Rudolph spécialement conçu pour la mesure de la Vo_2 . Le logiciel Cardiowise¹³ permet le contrôle des ergomètres via l'ordinateur, également la prise en compte des capteurs qui peuvent être rajoutés tels que la fréquence cardiaque, l'ECG, la pression artérielle, la saturation en oxygène. Conçu pour un contexte d'entraînement en réadaptation cardiaque, il se révèle efficace et intéressant notamment dans les différentes fonctions qu'il propose telles que les analyses des entrainements en enregistrant et en traitant des données de chaque patient (watts, programme

d'entraînement, distance parcourue en kilomètre, dépense énergétique, Mets, FC) et en les représentant en graphique. Egalement, le logiciel a la capacité de créer un programme d'entraînement adapté au test d'effort qu'a réalisé le patient, d'enregistrer toutes les informations de chaque patient.

3.1.7 Casque de RV

Dans l'intérêt de l'étude et pour des questions pratiques, le choix du casque devait premièrement s'orienter vers des capacités de réglages facilement modulables pour pouvoir être adapté à chaque patient. De plus, celui-ci devait également posséder des propriétés confortables et ergonomiques, notamment en termes de possibilité de porter des lunettes en dessous le casque, ou la possibilité d'ôter les mousses de protections pour pouvoir les laver régulièrement. C'est pourquoi le casque de réalité virtuelle VR CASE RK5¹⁴ semblait correspondre aux attentes et également à l'enjeu du low cost. En effet, ce dernier dispose de caractéristiques intéressantes telles que les élastiques réglables qui se rejoignent sur un support plat à l'arrière, des lentilles de résine optiques asphériques pour diminuer la fatigue visuelle et la possibilité de régler la distance entre le smartphone et les lentilles. D'autant plus que son utilisation est simple, puisqu'il s'agit d'une ouverture à l'avant fonctionnant avec un bouton de pression pour installer le smartphone à l'intérieur.



3.1.8 Smartphone

Pour cette étude et dans l'objectif de rester dans une solution low cost, la décision a été de choisir un smartphone accessible à tous ou qui est déjà utilisé par de nombreuses personnes. Le choix s'est donc tourné vers le smartphone que j'avais à ma disposition et que j'utilise quotidiennement, il s'agit du Samsung S6¹⁵. Ce dernier fait partie des smartphones recommandés pour un usage lié à la RV mais comme nous allons le voir plus tard, souffre de légers bugs concernant le gyroscope par exemple qui est à l'origine des « glissements d'images ». Néanmoins, ce smartphone dispose d'une bonne résolution d'image,

¹³ Visible sur le site : <https://www.ergo-fit.de/en/cardiowise/workout-management/>

¹⁴ <https://www.acobj.fr/260-casque-realite-virtuelle-vr-case-rk5.html>

¹⁵ <https://www.samsung.com/us/mobile/phones/galaxy-s/samsung-galaxy-s6-64gb-at-t-white-pearl-sm-g920azweatt/>

d'une mémoire vive et de stockage correcte, d'une taille d'écran idéale pour les applications en RV, et aussi d'un poids léger (ce qu'il fallait prendre en compte pour le confort des participants à l'étude car celui-ci se place dans le casque).

3.1.9 Vidéos youtube

Lors des recherches de contenus accessibles en RV pouvant se transférer au contexte d'entraînement sur vélo ou cyclo-ergomètre, plusieurs solutions ont émergé. En effet, il existe des applications en RV disponibles sur le Playstore d'Android et accessibles aux utilisateurs bénéficiant d'un Google Cardboard ou d'un casque de RV. Egalement, il existe des vidéos sur Youtube en 360° réalisées par des utilisateurs disposant d'une caméra en 360° telles que les go pro, ces vidéos sont donc réalistes mais avec une vue dite « embarquée » puisque la caméra est soit attaché sur le casque du cycliste ou en dessous du guidon.

De même, il existe des vidéos également sur Youtube spécialement conçues pour les utilisateurs de vélo d'appartement ou d'intérieur qui sont en version 360° compatibles avec un casque de RV et sous la forme d'un jeu vidéo (donc moins réalistes). Ces dernières ont semblé être les plus pertinentes pour être incorporées dans l'étude. Par ailleurs, ces vidéos sont issues de la chaîne Youtube « FiVR - Fitness in VR »¹⁶ proposant à ces abonnés des vidéos en 360° en RV (comprenant l'utilisation d'un casque de RV) conçues pour stimuler les utilisateurs de vélos d'intérieur dans leur entraînement. La configuration de la vidéo suit les bases d'un programme HIIT¹⁷ qui comprend une phase d'échauffement de 5 minutes, puis 10 cycles de 30 secondes en intensité élevée puis 30 secondes d'intensité modérée, et enfin une phase de récupération de 5 minutes. Les vidéos plongent l'utilisateur dans un environnement virtuel réalisé sur Unity dans lequel évolue également un.e cycliste que ce dernier suit pendant tout le parcours. Il existe différents paysages tels que la plage (1), la montagne (2), la ville, un parc (3), le bord de mer (4), ou encore le désert.



(1)



(2)



¹⁶ https://www.youtube.com/channel/UCmI0gvUMI5FJGIVU5zBZ5TQ?sub_confirmation=1

¹⁷ L'entraînement fractionné de haute intensité (de l'anglais High Intensity Interval Training (HIIT) est un mode d'entraînement fractionné qui vise un renforcement de la condition physique par de brèves séances (de 15 à 30 minutes) d'exercices en anaérobie.



(3)



(4)

3.1.10 Sélection de l'échantillon

Le recrutement s'est réalisé au sein même de la structure par le biais du volontariat avec l'aide des deux préparateurs physiques ainsi que par l'intermédiaire d'une lettre d'information placée dans la salle (Annexe 2, 3 et 4) présentant l'étude et son déroulement visible par tous les patients.

L'objectif de l'étude étant d'explorer la faisabilité et les bienfaits de la stimulation par la RV dans un contexte de réentraînement à l'effort, le choix de ne cibler aucune pathologie ni âge particulier semblait juste et intéressant du point de vue de la recherche. Néanmoins, les risques potentiels de la RV pouvant aller des légers troubles de l'équilibre, aux vertiges voire nausées, il était demandé en amont aux patients leur sensibilité quant aux écrans, transports ou autre expérience immersive les ayant potentiellement désorienté auparavant.

Ainsi, 17 sujets ont été présélectionnés et ont passé le premier test de RV qui consistait en une première familiarisation avec le casque VR sur cyclo-ergomètre avec une vidéo youtube en 360° durant environ 5 minutes. Les patients étaient interrogés quant à leur sensation, immersion et ressenti pendant la stimulation et au bout de 5 minutes et une fois le casque enlevé. Par la suite, 5 patients ont été écarté de l'étude (pour cause d'arrêt du protocole de réentraînement à l'effort suite à des problèmes de santé, raisons personnelles ou autre chirurgie).

Concernant la sélection du groupe contrôle, celle-ci s'est réalisé aléatoirement avec pour seul critère l'envie de participer à l'étude en s'engageant à remplir les questionnaires. Suite à la sélection des patients, une fois la feuille de consentement remplie par le patient, la passation des questionnaires a pu débuter ainsi que le protocole. Parmi les premiers tests, 2 patients ont ressenti des vertiges et parfois des nausées quelques heures après la session de RV de 15 minutes. Au final, 12 patients ont fini le protocole d'étude.

3.2 Organisation structurelle de l'étude

3.2.1 Programme

Le protocole de l'étude devait correspondre au programme de réentraînement habituel qui s'étend généralement sur 10 semaines, à raison de 2 séances hebdomadaires d'activité physique au sein de la

structure. Les patients bénéficient d'un programme de reconditionnement cardiorespiratoire sur cyclo-ergomètre individualisé et adapté, l'expérience en RV devait être calibrée sur celui-ci. Suite à la période de pré-tests et selon le souhait des patients de bénéficier des expériences en RV, deux groupes ont alors été constitués. Le protocole de l'étude envisageait le programme d'APA ordinaire instauré par la structure pour les deux groupes, et prévoyait une expérience en RV par semaine pour chaque patient du groupe expérimental.

3.2.2 Le système de réalité virtuelle-exergaming

« Une personne en immersion et en interaction dans un environnement virtuel perçoit par ses sens naturels, décide et agit sur le monde virtuel ce qui peut être schématisé par une approche “perception, décision, action” » (Ladeveze, 2010).

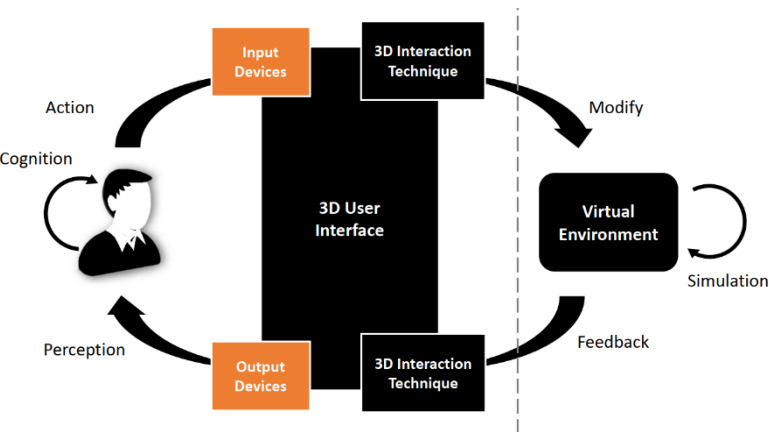


Figure 1 « Boucle Perception, Décision, Action » : schéma issu du *Traité de la Réalité Virtuelle* (« Le traité de la réalité virtuelle volume 1 – L’Homme et l’environnement virtuel - Presses des Mines », s. d.)

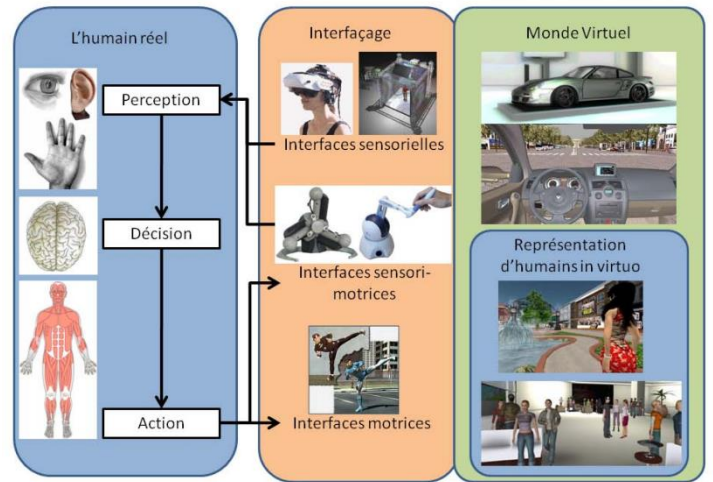


Figure 2 : Boucle de “Perception, Décision, Action” situant les trois grandes problématiques de la RV : “L’analyse et la modélisation de l’activité humaine en environnement réel et en environnement virtuel” (en bleu, à gauche et à droite), “l’analyse et modélisation de l’interfaçage du sujet pour l’immersion et l’interaction dans l’environnement virtuel” (en orange, au milieu) et “la modélisation et réalisation de l’environnement virtuel” (en vert, à droite) (Ladeveze, 2010)



Figure 3 Fonctionnement système RV

La figure 3 ci-contre représente le fonctionnement du système RV testé au sein de cette étude. La personne s'installait sur l'ergo-cycle, portait le casque et un cardio-fréquence-mètre et effectuait sa séance personnalisée et adaptée de 15 à 20 minutes d'entraînement HIIT programmé par le logiciel Cardiowise contrôlant les ergo-cycles. Le lancement de la vidéo et du programme sur ergo-cycle étaient lancés en même temps pour pouvoir être parfaitement synchronisés entre les cycles s'annonçant dans la vidéo comme ceux contrôlant la résistance en watts réglée sur l'ergo-cycle. Ainsi,

la personne évoluait dans un parcours virtuel avec un avatar à suivre et avait comme seule interaction avec l'environnement virtuel les mouvements de sa tête (détectés par le smartphone placé à l'intérieur du casque) et restitués dans la vidéo. Dans le cadre de cette étude, l'intérêt portait en tout premier lieu sur les effets de la perception visuelle sur la perception d'effort, en d'autres termes qu'apporte la stimulation visuelle sur le plan physique ? La perception visuelle permet-elle de décentrer la personne de ces limites, douleurs, gênes ? Ce qui explique le choix de fonctionnement du système de RV, à savoir de ne pas coupler la fréquence de pédalage de l'ergocycle avec la vidéo ou le jeu. Egalement, ce choix s'explique par le public étudié avec lequel il faut être prudent quant à la mise en situation d'échecs.

3.2.3 L'expérience en RV

Suite aux différents essais de RV comprenant différentes expériences telles que des jeux disponibles en RV ou vidéos accessibles en RV via Youtube, et après les différentes critiques et préférences émis par les patients le choix d'utiliser les vidéos de RV disponibles sur Youtube s'est avéré logique. Concernant le calibrage entre les vidéos en RV et le programme commandé par le logiciel dont dispose la structure, celui-ci s'effectuait manuellement et de manière synchronisée afin que les cycles intermittents entre les vidéos et la résistance du cyclo-ergomètre correspondent parfaitement pour ne pas gêner et biaisé l'expérience en RV du patient.

Ainsi, chaque participant devait effectuer une première fois son programme de réentraînement sur cyclo-ergomètre avec le casque de RV puis une seconde fois sans le casque au sein d'une même séance afin de pouvoir comparer les deux expériences. L'opération était renouvelée à la séance suivante en modifiant le premier passage afin de pouvoir également comparer l'impact de l'expérience en RV en premier ou en 2^e sur les caractéristiques et ressentis et performances physiques. Après chaque session sur cyclo-ergomètre en RV ou sans, il était demandé au patient d'évaluer son ressenti ou perception d'effort (PE) (à l'aide de l'échelle de Borg allant de 0 à 10) ainsi que son plaisir ressenti (PR) (sur une échelle également allant de 0 à 10). Concernant, la mesure de la fréquence cardiaque, donnée qui semblait pertinente comparée par exemple à la perception de l'effort mais aussi comparée en expérience avec casque de RV et sans. Aussi, celle-ci était relevée à chaque session sur ergo-cycle durant l'effort (à l'aide de cardio-fréquencemètre Polar mis à disposition par la structure) directement transmis, accessibles et visibles instantanément sur le logiciel Cardiowise contrôlant les cyclo-ergomètres. Ce dernier permettant d'avoir accès à toutes les sessions d'entraînement des patients, ainsi que les graphiques de chaque performance détaillant le nombre de kilomètres parcourus, les Mets, les Watts ou puissance développée, ainsi que les RPM (rotations /min ou fréquence de pédalage).

3.2.4 Logistique

Dans un souci de logistique, à savoir un casque de RV pour un patient à la fois, les participants ont pu profiter d'au moins 5 expériences en RV. Aussi, come évoqué précédemment, pour pouvoir profiter de l'expérience en RV, le programme de réentraînement sur cyclo-ergomètre du patient devait être modifié pour prendre la forme d'un entraînement en intermittent. Ce qui, dans certains cas, s'est révélé davantage « agréable » dans la forme (moins de lassitude comparé à un plateau stable à maintenir sur la durée) et dans d'autres, s'est révélé plus difficile à réaliser.

Egalement, le calibrage entre les vidéos en RV et le programme d'entraînement sur cyclo-ergomètre contrôlé par l'ordinateur devait être parfaitement synchronisé, ce qui certaines fois s'est révélé contraignant. En effet, il pouvait y avoir des décalages de quelques secondes entre la vitesse annoncée dans la vidéo (à savoir le mot « fast » ou « slow » et le défilement de l'image qui accélérât ou ralentissait) et l'augmentation de la charge ou résistance (en watts) sur le cyclo-ergomètre, ce qui rendait l'expérience moins confortable pour l'utilisateur (et qui se retrouvait aussi dans l'évaluation du plaisir ressenti).



Le système de RV se composant d'un casque de RV couplé d'un smartphone placé à l'intérieur de celui-ci, ainsi le système gérant la position et le déplacement ou orientation de la tête pour que celui-ci soit synchronisé dans la vidéo en 360° en RV ne reposait que sur les capteurs du smartphone. Or, le smartphone dont je disposais était victime du souci de « glissement » d'image (problème récurrent rencontré sur cette gamme de smartphone), c'est-à-dire qu'au fur et à mesure de la vidéo, les capteurs se recalibraient ce qui faisait glisser l'image petit à petit sur un côté, si bien que l'utilisateur pour avoir la bonne orientation dans la vidéo était obligé de tourner la tête parfois jusqu'à 45°, ce qui rendait encore une fois l'expérience moins agréable.

Parmi les vidéos accessibles en RV, certains environnements détenaient un parcours avec des virages, ce qui pouvait désorienter légèrement les utilisateurs. Cependant, ceci montre l'immersion dans laquelle se trouvait la personne. Aussi, certains patients ont montré leur préférence quant à certains paysages plutôt que d'autre (notamment en termes de qualité d'image et de graphisme) ce qui dans certains cas, était la base de la réponse liée au plaisir ressenti durant l'expérience.

Les précédentes caractéristiques sont également présentées dans la partie « Discussion ».

3.2.5 Les variables indépendantes

Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi de recueillir quelques informations sur les participants par l'intermédiaire de questionnaires. Le questionnaire est issu de l'étude EMAPS¹⁸ par Julie Boiché (Boiché, Gourlan, Trouilloud, & Sarrazin, 2019) ayant développé cet outil de mesure dans le but d'évaluer les motivations à pratiquer des activités physiques dans une perspective de santé. Ce dernier se compose d'une cinquantaine d'items classés en 3 parties : une donnant des informations sur le niveau d'activité physique actuel comprenant les activités réalisées selon différents contextes (médical, associatif et les loisirs ou déplacements) ; une autre partie concernant la perception propre du contexte de pratique d'activité physique (liberté de pratiquer ; sociabilité de l'activité ; auto-efficacité) ; et la dernière partie portant sur la motivation à l'exercice comprenant les différentes formes de motivations (à savoir la motivation intrinsèque, la régulation intégrée, la régulation identifiée, la régulation introjectée, la régulation externe et enfin l'amotivation). Dans l'intérêt de

¹⁸ L'étude EMAPS est visible sur le site de la SFP APA : <https://www.sfp-apa.fr/assets/fichiers/blog/346/questionnaire%20SFPAPA%201.pdf>

l'étude, nous avons choisi de recueillir également des informations sur la qualité de vie perçue, c'est pourquoi nous avons rajouté le questionnaire SF12 (Gandek et al., 1998) en 4^e partie (Voir Annexes 5, 6 et 7).

3.2.6 Caractéristiques individuelles : âge, sexe, pathologie

Concernant le recueil d'informations personnels des patients, le logiciel CardioWise offre la possibilité de créer des « dossiers patients » ce qui a permis de collecter des données telles que l'âge, le sexe, la pathologie, le(s) protocole(s) déjà réalisés, les performances réalisées aux différents tests, etc.

3.2.7 Motivation à l'exercice

Connaître la motivation prédominante à l'activité physique dans ce contexte est intéressante, cela va indiquer dans quelle phase se situe la personne. Puisque souvent, dès lors qu'un individu commence un programme de reconditionnement physique, sa motivation est extrinsèque car celui-ci agit dans le but d'obtenir un bénéfice qui se trouve en dehors de l'activité même (par exemple faire des rencontres agréables, parler avec son ami, etc). Plus on avance dans le programme et plus cette motivation va glisser vers une motivation différente : on parle alors de motivation intrinsèque. C'est-à-dire que l'individu va agir en vertu de l'intérêt et du plaisir qu'il rencontre à travers la pratique de l'activité (par exemple, quelqu'un qui est motivé par des défis, le dépassement de soi, le bien-être, etc). L'objectif de collecter ces données était de pouvoir classer différents profils d'individus et de parvenir à mesurer l'effet de l'expérience en RV sur la motivation.

L'Echelle de motivation envers l'activité physique en contexte de santé (EMAPS) a fait l'objet d'une validation en version française et peut être considéré comme un outil valide et fiable utilisable dans des contextes de prévention ou de rééducation. Cette échelle se base sur les six formes de motivations issues de la théorie de l'auto-détermination¹⁹ de Deci et Ryan (Ryan & Deci, 2000).

3.2.8 Qualité de vie

La SF-12 a été développée comme une version abrégée de la SF-36 (*La Medical Outcomes Study 36-item Short-Form Health Survey*, Ware & Sherbourne, 1992), mesure générique largement utilisée dans de grandes enquêtes de populations générale et spécifique pour mesurer la qualité de vie (de Hann, 2002, HAS, 2013). Cette version en 12 items a été créée pour évaluer la qualité de vie liée à la santé (QVLS), elle peut être auto administrée ou administrée par entrevue, par téléphone ou avec un ordinateur. (Nemeth, 2006). D'autres versions ont été mises au point pour palier à certaines limites notamment en termes de rappel long ou aigu selon la prise en charge (Ware, Kosinski, & Keller, 1996). Le SF12 permet d'obtenir deux scores : un score de qualité de vie mental et social et un score de qualité de vie physique²⁰.

¹⁹ *La théorie de l'auto-détermination (acronyme TAD en français ou SDT anglais) est une macro-théorie de la motivation humaine et de la personnalité, qui concerne les tendances inhérentes au développement et les besoins psychologiques innés des êtres humains. Elle traite de la motivation agissant derrière les choix que les êtres humains font sans aucune influence ou interférence externe. La TAD définit le degré d'auto-motivation et d'auto-détermination d'un comportement.

²⁰ L'interprétation des scores a été réalisée par l'intermédiaire des sites web : <http://orthotoolkit.com/sf-12/> et grâce au fichier Excel du scoring disponible à l'adresse suivant : https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=2ahUKEwjJgfTX597hAhXizIUKHaKmAlAQFjACegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.laterlifetraining.co.uk%2Fwp-content%2Fuploads%2F2011%2F12%2Fsf12_Scoring_Spreadsheet.xls&usq=AOvVaw0WCmlrpxxPSJMjnVwR23wq

3.2.9 Perception de l'effort ou effort perçu (RPE « Rate of perceived exertion » mais simplifiée dans cette étude par l'abréviation PE)

Il s'agit d'évaluer subjectivement l'intensité de l'effort à partir de l'échelle de Borg modifiée²¹ (Tableau 1). Cette dernière est graduée de 0 à 10 où le 0 correspond à l'absence d'effort physique et le 10 correspond à l'effort le plus difficile que l'on puisse fournir. Cette méthode est particulièrement utile dans les situations où la prise de médicaments influence le rythme cardiaque (c'est le cas des bêtabloquants) ou lorsqu'il est impossible de mesurer adéquatement ses battements cardiaques. C'est également un indicateur utilisé aussi bien en médecine pour le diagnostic (essoufflement, dyspnée, douleurs thoraciques et musculo-squelettiques) qui donne des informations notamment durant un test physique, mais aussi dans le domaine sportif ou de réadaptation quand il s'agit de travailler à une certaine intensité ou déduire une charge d'entraînement et pour évaluer celle-ci. Bien que la mesure soit subjective, il a été démontré qu'elle est corrélée à de nombreux paramètres physiologiques tels que la fréquence cardiaque, les seuils ventilatoires, l'accumulation de lactate sanguin, etc (Borg, 1982). Voir aussi Annexe 8.

Cote	Perception
0	Rien du tout
0,5	Très très facile
1	Très facile
2	Facile
3	Moyen
4	Un peu difficile
5	Difficile
6	
7	Très difficile
8	
9	
10	Très très difficile (presque maximal)

LÉGENDE :
 Intensité faible
 Intensité modérée
 Intensité élevée

Tableau 1 : Echelle de Borg modifiée

3.2.10 Plaisir ressenti (PR)

La perception d'effort, présentée précédemment, ainsi que la sensation de plaisir pendant une activité sont des concepts déjà documentés qui ont été mis en avant par les travaux de Gunnar Borg. Actuellement, ces notions réapparaissent dans les récentes recherches menées dans le domaine de l'entraînement et du reconditionnement. L'effort est alors l'engagement nécessaire du sujet qui mobilise ses forces afin de poursuivre l'exercice entrepris, lequel comporte un certain degré de pénibilité pour lui, et requiert toute son attention et sa volonté. Le physiologiste ne peut faire abstraction de l'expérience subjective. L'effort fait presque toujours implicitement référence au vécu. L'effort représente à la fois le phénomène objectif (travail, dépense énergétique) et subjectif (sensation et perception : prise de conscience). La notion d'effort désigne alors à la fois la réalisation d'un exercice physique et la sensation de pénibilité qui lui est associée.

Selon Borg et Neely (Borg et Neely, 1992), la perception de l'effort correspond à la sollicitation d'un ensemble de systèmes et de processus sensoriels s'intégrant en une perception générale de l'effort ; elle inclut la sensation de tension et de douleur dans les muscles actifs et les articulations, l'essoufflement, les battements du cœur, et la sudation. Cette perception intègre les informations provenant de nombreux signaux (Borg, 1998). Elle est définie comme l'intensité subjective d'effort, d'inconfort, de pénibilité qu'a le sujet en réponse à des stimuli lors de l'exercice physique et correspond à un niveau de pénibilité.

Dans les travaux actuels (Baron, 2014), la notion de « charge affective » est prédominante et renvoie à la différence entre l'effort perçu et le plaisir ressenti, celle-ci qui permettant à un athlète confirmé

²¹ Document issu du site de la Société Québécoise de l'hypertension artérielle, visible à l'adresse : https://www.hypertension.qc.ca/gestion/habitude_de_vie/25_bougez-doser.pdf

de contrôler à tout moment l'intensité de son exercice en fonction de sa conscience vis-à-vis de ses paramètres physiologiques et psychologiques lui permettant ainsi de réguler son allure (on parle aussi de la capacité à conserver une réserve émotionnelle) afin d'atteindre la ligne d'arrivée ou plus largement les objectifs qu'il s'est fixé à l'entraînement ou dans le cadre d'une compétition (Baron, 2014). Ce qui distingue un sportif confirmé d'un débutant également, mais qui peut aussi expliquer parfois pourquoi un athlète arrête son effort avant l'atteinte de ses limites physiologiques. Aussi, les réflexions se portent sur le lien qui semble exister entre la perception d'effort et la détection précoce de la fatigue permettant ainsi de réguler la charge de travail ou d'entraînement chez les sportifs et ainsi d'individualiser davantage l'entraînement et la récupération en prenant en compte le niveau de forme de l'athlète (Baron, 2014).

Dans le cadre de programmes de réentraînement, l'utilisation de la PE permet d'évaluer l'impact de celui-ci sur le niveau de condition physique du patient afin d'éviter les complications cardiovasculaires provoquées lors d'exercices trop intenses ou aussi dans la prescription d'exercices à domicile se basant sur le ressenti de la personne. Une étude met en évidence un outil servant à déterminer les seuils ventilatoires via la PE chez des jeunes sujets obèses (Quinart, S., 2013).

L'outil le plus connu et utilisé est l'échelle de Borg (RPE) puisqu'il a été démontré que celle-ci pouvait permettre d'obtenir des feedbacks plus précis sur les réponses perceptives durant un exercice physique, également des données qui ne sont pas accessibles à partir des critères de performances ou physiologiques mesurées classiquement.

Avec l'appui des récentes recherches sur cette notion, il existe des preuves suffisantes pour affirmer que le plaisir joue un rôle dans la performance (Baron, 2014). Le plaisir se définit comme un ressenti positif, pendant ou juste à la fin d'une action qui résulte d'une combinaison d'affects (humeur, émotions, sentiments) mis en relation avec l'expérience antérieure et l'histoire du sujet. En effet, le plaisir est corrélé à la motivation et peut être relié au niveau individuel d'acceptation à une charge affective ou à un certain degré de douleur. Notre organisme dispose d'un système sensoriel informant en continu notre cerveau sur les changements physiologiques qui se produisent dans les tissus lors de toute activité motrice, et décide si l'expérience est douloureuse ou pas en envoyant un signal. Il existe ainsi, un niveau d'acceptation de la charge (motivation) et un niveau d'acceptation de la douleur propre à chacun. De plus, le plaisir suit un schéma dans lequel un processus ou une action produit le plaisir (ou le déplaisir) et où celui-ci reste en mémoire et laisse des traces offrant une tendance à l'action ou à l'inaction. Des traces de plaisir engendrent l'envie de renouveler ce plaisir, cette expérience donc développer une certaine motivation et des conduites attractives ou mobilisatrice pour ce plaisir recherché, alors que des traces de déplaisir vont engendrer des attitudes répulsives, et tentatives d'évitement, de fuite ou d'abandon. Ainsi, Claire Perrin (Perrin, Ferron, Gueguen, & Deschamps, 2002) met en avant dans une étude la visée hédoniste d'une pratique physique (recherche de plaisir) comme étant plus propice à la santé que mes pratiques à visée hygiéniste (devoir de santé). L'interaction entre les sensations agréables et désagréables et le niveau de motivation peut expliquer le processus de régulation d'un athlète à une certaine intensité.

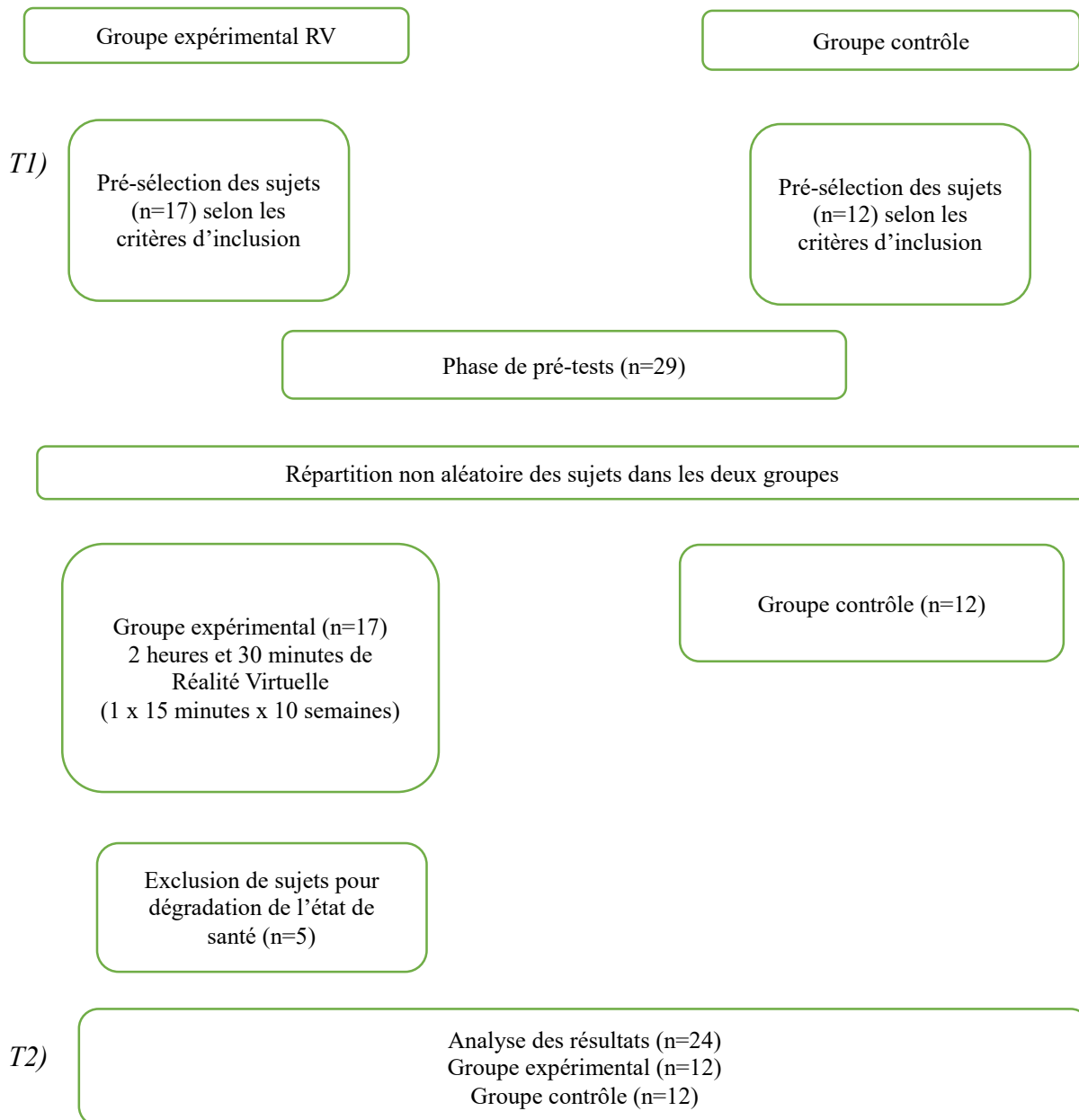
L'interaction entre la perception de l'effort et le plaisir est réelle selon Baron et al, « le désir de sélectionner une intensité élevée dépend de la différence entre le niveau d'acceptation de charge affective (autrement dit, la motivation) pour une durée donnée et le niveau de cette charge affective ». En d'autres termes, plus le plaisir à réaliser l'exercice est important, plus le désir de sélectionner une intensité élevée l'est aussi, à l'inverse, plus l'effort est important, moins le désir l'est.

Pour évaluer le plaisir ressenti, nous avons opté pour une échelle appelée « Plaisiromètre²² » allant de 0 à 10, où 1 équivaut à un ressenti négatif (insupportable, ou déplaisir), où 5 équivaut à aucun ressenti significatif (indifférence voire ennui) et où 10 correspond à un ressenti positif et intense (du plaisir proprement dit).

1	Ressenti négatif, insupportable, déplaisir	
2		
3	Ressenti désagréable	
4	Ressenti défavorable	
5	Aucun ressenti significatif, indifférence voire ennui	
6	Ressenti favorable	
7	Ressenti agréable	
8		
9		
10	Ressenti positif et intense, plaisir	

Tableau 2 : Echelle du plaisir modifiée

3.2.11 Chronologie étude



²² Issu du document en ligne « Réflexions du groupe ressource « Plaisir et EPS » Philippe Gagnaire et François Lavie (2014) visible sur le site : http://www.aeeps.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2229:une-education-au-plaisir-de-pratiquer-un-enjeu-pour-leps&catid=95:documentation-grise&Itemid=91

IV. Résultats

4.1 Analyses et traitement des données

Le traitement statistique des données obtenues a été réalisé à partir du logiciel d'analyse de données JAMOVI version 0.9.5.12, et le résultat pour les différentes variables testées a été considéré significatif pour une p-value inférieure à 0.05, à partir des tests non paramétriques, soit pour des échantillons indépendants avec le test des rangs de Mann-Whitney (analyse inter-groupe), soit pour des échantillons appariés avec le test des rangs de Wilcoxon (analyse intra-groupe).

Analyse exploratoire descriptive
des 2 groupes

Vingt-quatre personnes dont la moyenne d'âge s'élève à $59,6 \pm 10,7$ dont huit femmes et seize hommes ont été inclus dans le protocole expérimental. Au terme de l'étude, 24 participants ont complété l'intégralité du protocole et ont été intégrés dans les analyses (Tableau 3). L'exclusion de certains participants est due à l'arrêt du protocole de réentraînement à l'effort en raison de la dégradation de leur état de santé (n=5). Douze participants constituent le groupe expérimental bénéficiant de l'entraînement HIIT en RV et douze participants constituent le groupe contrôle bénéficiant du protocole ordinaire de réentraînement à l'effort.

Les caractéristiques de ces participants sont présentées dans les tableaux suivants. Les participants ont été recrutés sur la base des critères suivants : avoir plus de 18 ans, ne pas présenter de contre-indication médicale liée à l'entraînement HIIT sur ergo-cycle, suivre le protocole de réentraînement mis en place au sein de la structure.

Descriptives					
	âge	sexe	pathologie	Ancienneté	groupe
N	24	24	24	24	24
Mean	59.6				0.500
Std. error mean	2.18				0.104
Median	61.0				0.500
Standard deviation	10.7				0.511
Minimum	26				0
Maximum	72				1

Frequencies of sexe			
Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
F	8	33.3 %	33.3 %
H	16	66.7 %	100.0 %

Tableau 3 : a) Analyse descriptive des groupes
b) Répartition femmes-hommes dans l'étude

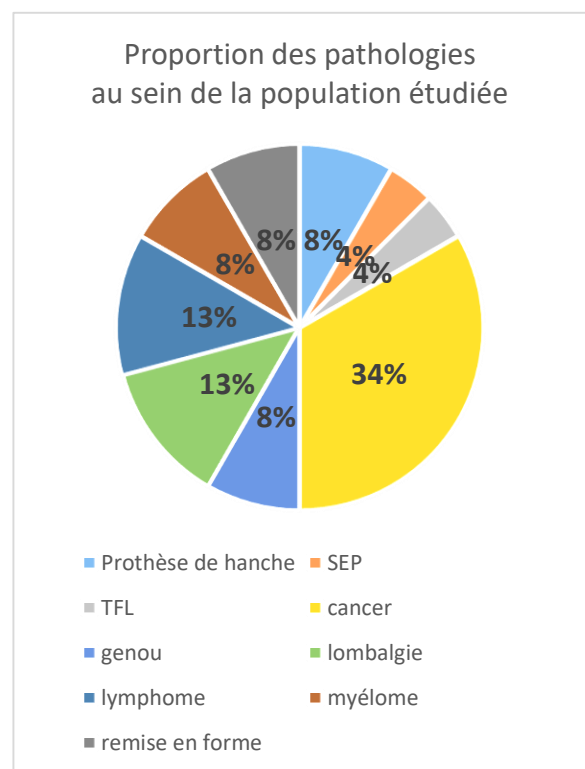


Figure 4 : Répartition des différentes pathologies dans l'échantillon

Variables	Groupe expérimental (n=12)		Groupe contrôle (n=12)	
	M	ET	M	ET
Age	56,42	11,47	62,83	9,15
Poids	79,17	17,85	70,50	13,40
Taille	175,17	8,19	170,67	10,65
IMC	25,61	4,14	24,18	3,91
Ratio (H/F)	9/3		7/5	
Patients débutant leur 1 ^{er} protocole	6		6	
Pathologies				
Cancer	3		5	
Lymphome / myélome	3		2	
Rachis	3		0	
Genou	1		1	
Hanche	1		1	
Autres	1		3	
M : moyenne	ET : écart-type		H : homme	F : femme

Tableau 4 : Descriptif des caractéristiques des sujets par groupe

Groupe contrôle	PE	Plaisir	Groupe expérimental	PE	Plaisir
1	8	8	13	7	7
2	8	8	14	5	3
3	7	6	15	7	7
4	3	3	16	7	6
5	8	9	17	9	8
6	8	0	18	7	3
7	6	9	19	7	7
8	6	3	20	6	4
9	7	7	21	8	6
10	5	7	22	6	4
11	8	3	23	6	6
12	5	7	24	8	5
M	6,58	5,83	M	6,92	5,5
ET	1,62	2,89	ET	1,04	1,61
M : moyenne ET : écart-type PE : perception de l'effort ou effort perçu					

Tableau 5 : Comparaisons des deux groupes selon les variables perception d'effort (PE) et plaisir ressenti (PR) à t1

Variables	Groupe expérimental (n=12)		Groupe contrôle (n=12)	
	M	ET	M	ET
Niveau d'AP (min/sem)				
Médical	102,5		115	
Associatif	37,5		27,5	
Loisirs	121,7		78,75	
Motivation (partie 1)				
Liberté choix	31,67	2,06	30,08	2,43
Sociabilité	29,78	4,18	28,08	4,19
Auto-efficacité	20,67	3	22,92	3,06
Motivation (partie 2)				
Motivation intrinsèque	27,11	3,92	28,25	3,17
Régulation intégrée	30,22	3,38	28,92	4,25
Régulation identifiée	31,44	2,88	32,58	1,93
Régulation introjectée	22,33	5,74	24,67	3,77
Régulation externe	10,78	4,27	12,92	7,09
Amotivation	6,44	2,19	8,75	6,38
Qualité de vie SF-12				
Santé physique	38,101923	8,86	38,555288	6,40
Comparaison avec La moyenne française	-10,86474333	7,44	-8,978045833	7,25
Santé mentale	48,922697	4,44	45,849421	8,50
Comparaison avec la moyenne française	0,411585556	4,45	-2,5589125	8,42
M : moyenne	ET : écart-type		Motivation partie 1 et 2 : scores sur 35	

Tableau 6 : Descriptif et comparaison des caractéristiques des sujets par groupe selon les variables niveau d'AP, motivation et qualité de vie issus des questionnaires

Analyse comparative
des 2 groupes
selon les variables :

Puissance
maximale
(Watts)

PE

PR

Tests : Normalité de la distribution + Homogénéité des variances
Independent samples t-test



Shapiro Wilk

	T1	T2
Contrôle	0.009	0.107
Expé	0.974	0.212
Test résidus	0.002	0.043

La variable « puissance maximale obtenue en watt » ne suit pas une loi normale car $p < 0.05$



Levene

	T1	T2
F	3.00	2.53
p	0.097	0.126

$p > 0.05$, ce qui signifie qu'il n'y a pas de différence significative entre les variances observées au sein des groupes



Shapiro Wilk

	T1	T2
Contrôle	0.031	0.031
Expé	0.487	0.172
Test résidus	0.163	0.064

La variable « perception d'effort » suit une loi normale car $p > 0.05$



Levene

	T1	T2
F	2.83	1.37
p	0.107	0.254

$p > 0.05$, ce qui signifie qu'il n'y a pas de différence significative entre les variances observées au sein des groupes



Shapiro Wilk

	T1	T2
Contrôle	0.088	0.088
Expé	0.285	0.069
Test résidus	0.081	0.066

La variable « plaisir ressenti » ne suit pas une loi normale car $p < 0.05$



Levene

	T1	T2
F	4.14	4.84
p	0.054	0.039

$p > 0.05$, ce qui signifie qu'il a une différence significative entre les variances observées au sein des groupes

Tests non paramétriques

Mann-Whitney

	T1	T2
Mann-Whitney	0.543	0.235
Welch	0.933	0.512

$p > 0.05$, pas de différence significative pour la variable « puissance maximale obtenue en watt ». Peu d'effet de la RV sur cette variable

Mann-Whitney

	T1	T2
Mann-Whitney	0.882	0.569
Welch	0.561	0.406

$p > 0.05$, pas de différence significative pour la variable « perception à l'effort ». Peu d'effet de la RV sur cette variable

Mann-Whitney

	T1	T2
Mann-Whitney	0.464	0.747
Welch	0.734	0.798

$p > 0.05$, pas de différence significative pour la variable « plaisir ressenti ». Peu d'effet de la RV sur cette variable

Analyse comparative
du groupe expérimental
selon les variables :

PE

PR

Test : Normalité de la distribution
Paired samples t-test



Shapiro Wilk (paired test)

	PE T1 - PE RV
Test résidus	0.503
p	

La variable « perception
d'effort » suit une loi
normale car $p > 0.05$



Shapiro Wilk (paired test)

	PR T1 - PR RV
Test résidus	0.243
p	

La variable « plaisir
ressenti » suit une loi
normale car $p > 0.05$

Tests non paramétriques



Wilcoxon (paired test)

	PE T1 - PE RV
Wilcoxon	0.254

$p > 0.05$, pas de différence
significative pour la variable
« perception à l'effort ». Peu
d'effet de la RV sur cette
variable.



Wilcoxon (paired test)

	PE T1 - PE RV
Wilcoxon	0.005

$P < 0.05$, il y a une différence
significative pour la variable
« plaisir ressenti ». Il y a
donc un effet de la RV sur
cette variable.

4.2 Interprétation des résultats

4.2.1 Comparaisons inter-groupe

Effet de la RV sur la puissance maximale obtenue en watts

La puissance maximale obtenue en watts étant un élément souffrant d'une grande variabilité entre les individus et étant difficile à comparer lorsque son évolution nous intéresse, il a semblé nécessaire de normaliser les données de cette variable par la méthode qui se nomme le « centrer-réduire ». Ce terme a une signification très spécifique et fait référence à la transformation de données en soustrayant à chaque valeur une valeur de référence (classiquement une moyenne d'échantillon) et en la divisant par l'écart-type (typiquement un EcT d'échantillon). Cette importante transformation rendra toutes les valeurs (indifféremment de leurs distributions et unités de mesures originales) en unités compatibles avec distribution de moyenne 0 et d'écart-type 1. Cette transformation trouve toute une gamme d'applications parce qu'elle rend la comparaison des distributions de valeurs plus aisée entre les variables et/ou sous-ensembles. Si elle est appliquée aux données d'entrée, le fait de *centrer-réduire* rend aussi les résultats d'une gamme de techniques statistiques entièrement indépendantes de l'étendue de valeurs ou des unités de mesures.

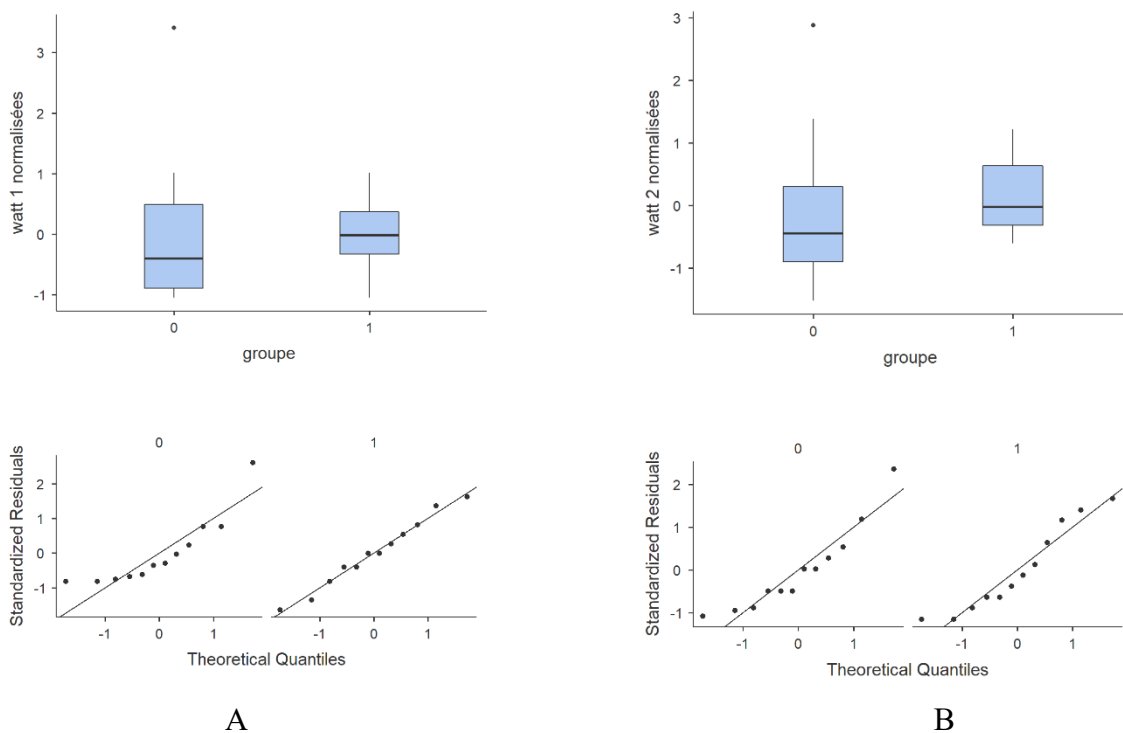


Figure 5 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Puissance maximale obtenue en watts à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1

Les box plot ci-dessus représentent la puissance maximale obtenue en watt des deux groupes à t1 Figure 5 A et à t2 Figure 5 B. En observant ceux-ci, il apparaît une plus grande variabilité dans les valeurs obtenues pour ce paramètre pour le groupe contrôle (0) en t1 comme en t2, ce qui montre une distribution ne suivant pas une loi normale car le diagramme en boîte semble asymétrique et contient une valeur aberrante. Ces valeurs diffèrent et montrent une dispersion entre les valeurs maximales et minimales étant très éloignées de la moyenne et de la médiane. Quant au groupe expérimental (1), en

t1 la boîte à moustache est relativement courte cela signifie que les valeurs obtenues par le groupe se regroupent et sont proches de la moyenne. Néanmoins, il existe des valeurs éloignées de la moyenne, même si la médiane est relativement au centre de la boîte. En t2, la boîte à moustache s'est déplacée légèrement verticalement, mais s'est étendue, avec une médiane plus basse dans la boîte ce qui signifie que les valeurs obtenues connaissent une variabilité plus importante avec des valeurs qui s'éloignent de la moyenne et de la médiane.

Pour finir, la séparation des deux box plot soit celle du groupe contrôle étant plus basse en comparaison avec celle du groupe expérimental se trouvant plus haute, cela suggère une différence entre les deux groupes.

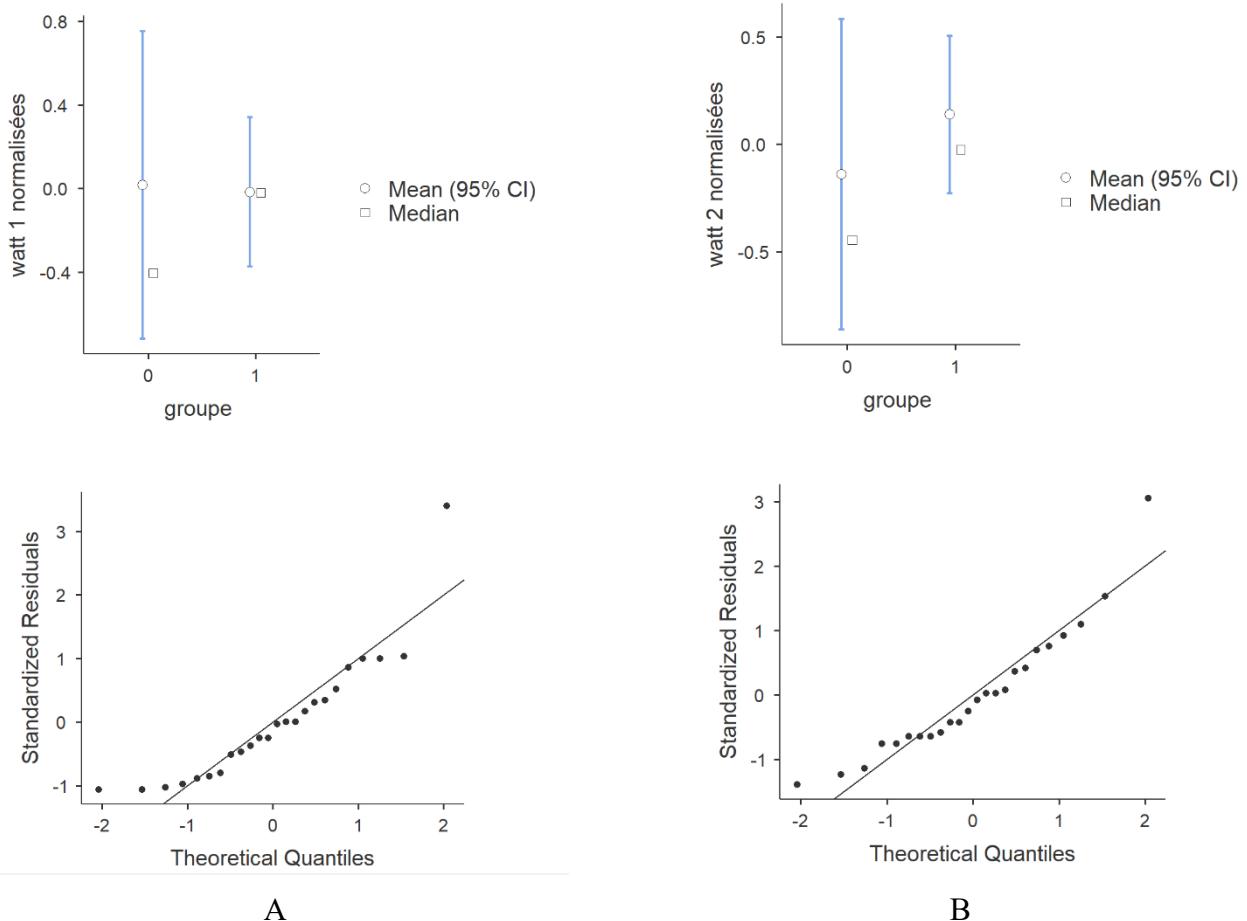


Figure 6 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Puissance maximale obtenue en watts à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1

Les résultats des analyses statistiques issus du test de Mann-Whitney ayant comparé les deux groupes dans la condition avec RV et sans RV selon la variable « puissance maximale obtenue en watts » ne montrent aucune différence significative entre les deux groupes. La RV n'a donc statistiquement eu aucun effet sur ce paramètre évalué.

Les box plot ci-dessus représentent la puissance maximale obtenue en watt des deux groupes à t1 Figure 6 A et à t2 Figure 6 B. Il apparaît une légère augmentation de la moyenne du groupe expérimental alors que le groupe contrôle voit sa moyenne (et sa médiane) légèrement diminuer ce qui montre que le groupe expérimental a une augmentation légèrement plus importante en termes de watts mais pas assez importante pour être significative statistiquement (pas assez de séparation entre les 2 groupes représentés par les box plot). De plus, il apparaît une plus petite variabilité des valeurs obtenues dans le groupe expérimental comparé au groupe contrôle.

Effet de la RV sur la PE (perception d'effort)

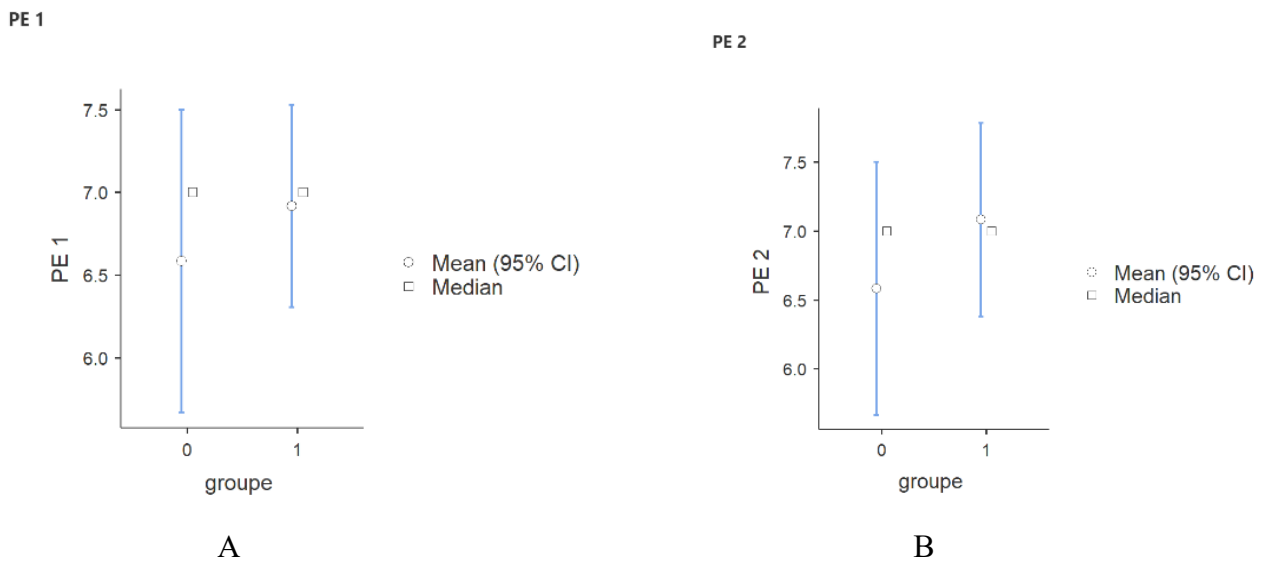


Figure 7 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Perception d'effort (PE) à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1

Les résultats des analyses statistiques issus du test de Mann-Whitney ayant comparé les deux groupes dans la condition avec RV (M=7 à t1 puis à 7 en t2) et sans RV (M=7 à t1 puis à 7 à T2) selon la variable « perception d'effort » ne montrent aucune différence significative (t1 $p=0.882$; t2 $p=0.569$; $p>0.05$) entre les deux groupes. La RV n'a donc statistiquement eu aucun effet sur ce paramètre évalué. Les box plot ci-dessus représentent la perception d'effort (PE) des deux groupes à t1 Figure 7 A et à t2 Figure 7 B. L'évaluation de la perception d'effort (PE) s'est réalisée en t1 pour les deux groupes (« habituellement, lorsque vous réalisez votre entraînement sur l'ergo-cycle, à combien évaluez-vous l'effort que ressentez sur une échelle de 0 à 10 ? » où 0 =aucune sensation d'effort, très facile et 10 = extrêmement difficile) et pour le groupe expérimental celle-ci s'est réalisée en t2 après le protocole de RV (condition expérimentale).

Il apparaît une plus petite variabilité des valeurs obtenues dans le groupe expérimental comparé au groupe contrôle. Également, il apparaît une augmentation de l'amplitude dans le groupe expérimental, la moyenne quant à elle ne change pas alors que pendant l'étude les sujets ont vu leurs watts (ou charge de travail) augmenter ce qui est intéressant. Cela signifie que pour une intensité supérieure, la majorité des sujets a tendance à évaluer son effort de façon similaire à l'intensité d'effort de départ, en d'autres termes un sujet qui, au départ, percevait son effort comme pénible pour une intensité donnée a perçu par la suite l'effort de la même manière malgré une augmentation de sa charge de travail.

Effets de la RV sur le PR (plaisir ressenti)

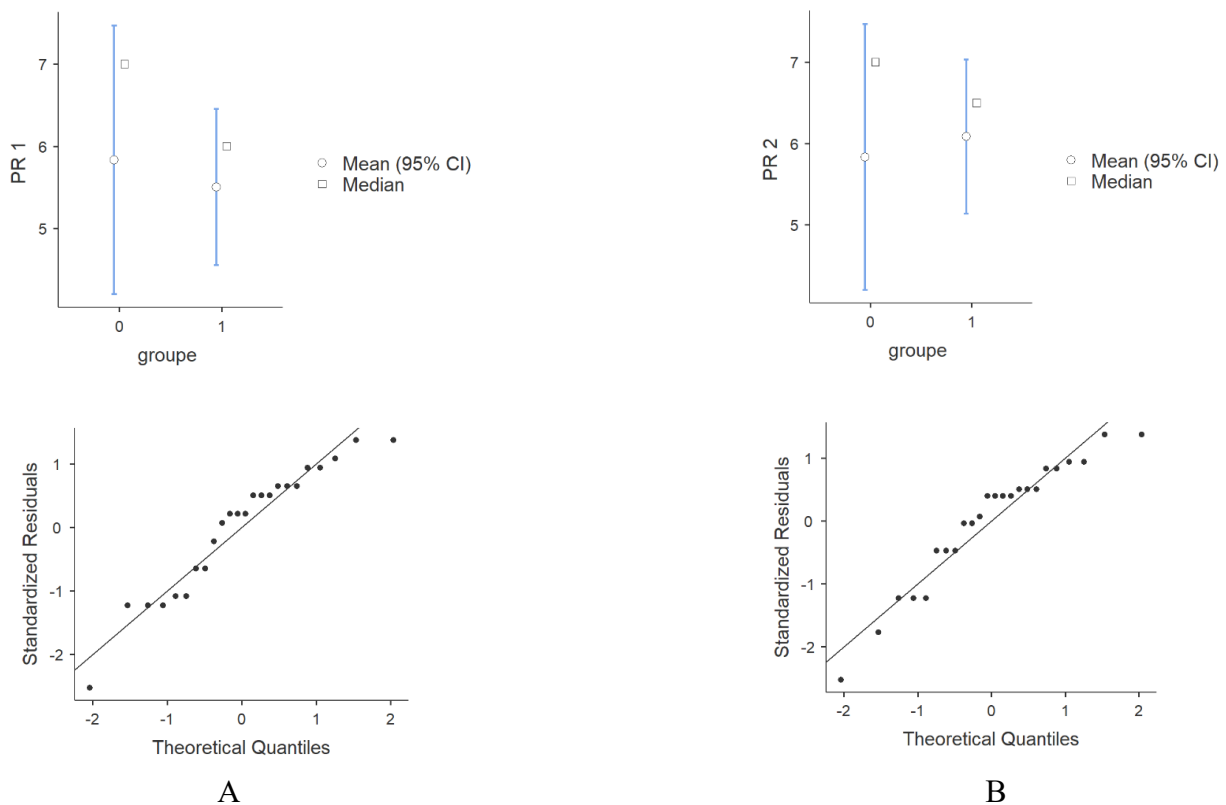


Figure 8 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Plaisir ressenti (PR) à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1

Les résultats des analyses statistiques issus du test de Mann-Whitney ayant comparé les deux groupes dans la condition avec RV (M=6 à t1 puis à 6.5 en t2) et sans RV (M=7 à t1 puis à 7 à T2) selon la variable « plaisir ressenti » ne montrent aucune différence significative (t1 $p=0.464$; t2 $p=0.747$; $p>0.05$) entre les deux groupes. La RV n'a donc statistiquement eu aucun effet sur ce paramètre évalué. Les box plot ci-dessus représentent le plaisir ressenti (PR) des deux groupes à t1 Figure 8 A et à t2 Figure 8 B. L'évaluation du plaisir ressenti s'est réalisée en t1 pour les deux groupes (« habituellement, lorsque vous réalisez votre entraînement sur l'ergo-cycle, à combien évaluez-vous votre plaisir sur une échelle de 0 à 10 ? » où 0 = aucun plaisir, déplaisant et 10 = extrêmement plaisant) et pour le groupe expérimental celle-ci s'est réalisée en t2 après le protocole de RV (condition expérimentale).

Il apparaît une augmentation pour le groupe expérimental, les valeurs basses et la moyenne ont augmenté (alors que la charge de travail a elle aussi augmenté). Ainsi que les valeurs hautes rejoignant les valeurs hautes du groupe contrôle. Le box plot dans sa globalité s'est déplacé verticalement, mais cette augmentation n'est pas suffisamment importante pour être considérée comme statistiquement significative (il n'y a pas de séparation distincte entre les 2 box plot, ce qui s'explique par les valeurs hautes du groupe contrôle).

Effet de la RV sur la Vo2 max

Des analyses statistiques complémentaires ont été effectuées pour comparer les résultats obtenus aux tests sur ergo-cycle en termes de Vo₂ chez les sujets entamant leur tout premier protocole dans la structure (N=6). Un test de normalité (Shapiro-Wilk (0,658 ; 0,757)) ainsi qu'un autre testant l'homogénéité des variances (Levene (0,655 ; 0,230)) ont été réalisés et se sont révélés concluants.

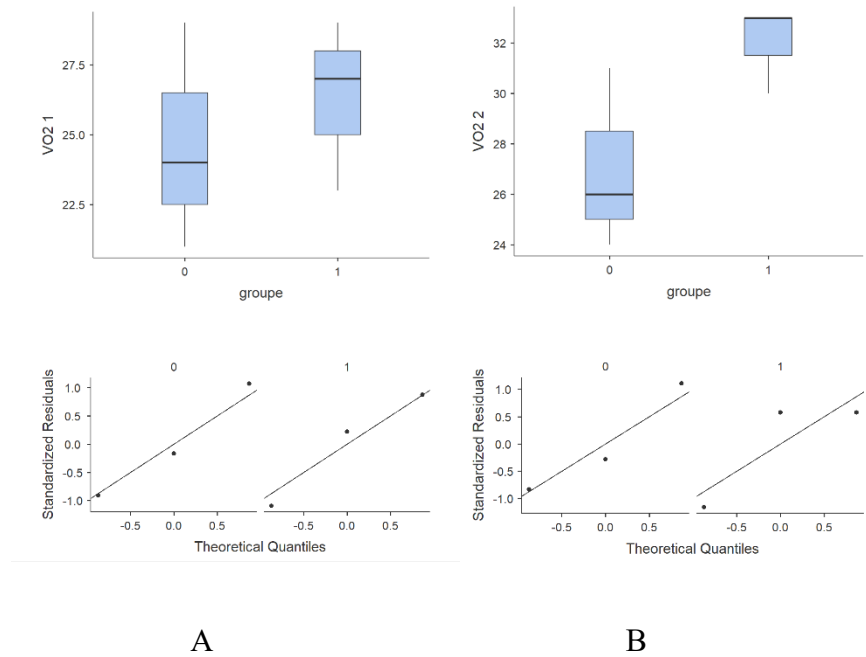
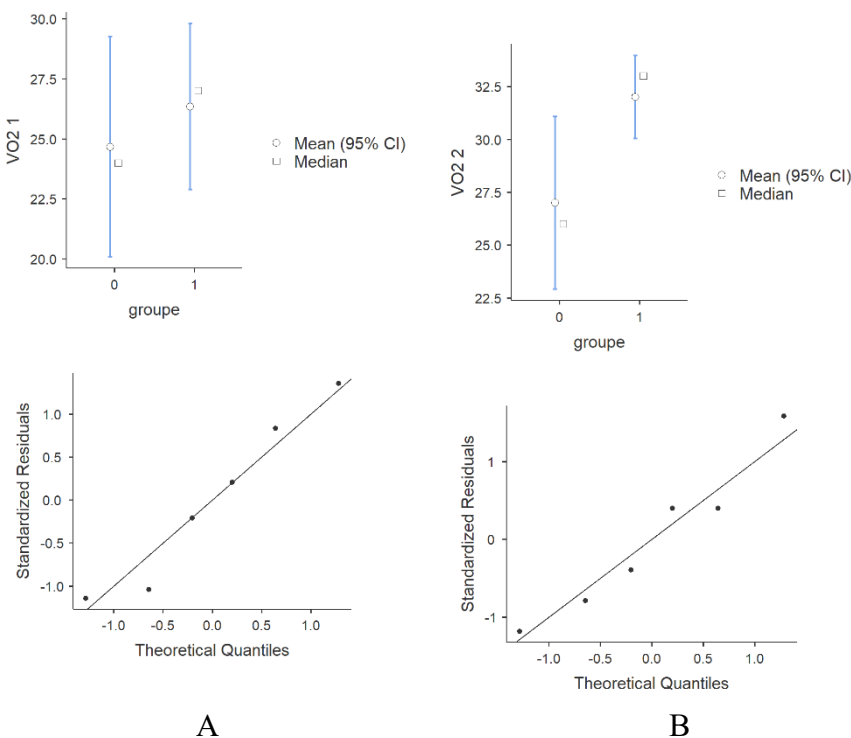


Figure 9 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Vo₂ max à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1

Il apparaît un écart interquartile plus important chez le groupe contrôle, une étendue plus importante des valeurs obtenues ainsi qu'une médiane plus basse de l'interquartile en comparaisons avec le groupe expérimental. Le groupe expérimental est placé nettement plus haut en t2 que le groupe contrôle suggérant d'une plus forte évolution en termes de Vo₂, bien que la médiane ne soit plus centrale en t2 pour ce groupe. Une différence semble se démarquer entre ces deux groupes (Figure 9).



Les résultats de celles-ci issus du test de Student ayant comparé les deux groupes dans la condition avec RV (M=27 ; SD=3,06 à t1 puis à M=33 ; SD=1,73 en t2) et sans RV (M=24 ; SD=4,04 à t1 puis à M=26 ; SD=3,61 à T2) selon la variable « Vo₂ max » ne montrent aucune différence significative (t1 p=0,599 ; t2 p=0,096 ; p>0,05) entre les deux groupes. La RV n'a donc statistiquement eu aucun effet sur ce paramètre évalué.

Figure 10 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Vo₂ max à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1

Les box plot ci-dessus représentent les résultats obtenus pour la Vo₂ max des deux groupes à t1 Figure 10 A et à t2 Figure 10 B. Il apparaît une différence entre les deux groupes, le groupe expérimental est placé plus haut que le groupe contrôle suggérant d'une augmentation plus importante en termes de Vo₂ max bien que celle-ci ne soit statistiquement significative.

4.2.2 Comparaisons intra-groupe

Effet de la RV sur la PE (perception d'effort)

Les résultats des analyses statistiques issus du test de Wilcoxon ayant comparé les résultats du groupe expérimental dans la condition avec RV (M=6.5) et sans RV (M=7) selon la variable « perception d'effort » ne montrent aucune différence significative ($p=0.254$). La RV n'a donc statistiquement eu aucun effet sur ce paramètre évalué.

Les box plot ci-contre représentent la perception d'effort (PE) du groupe expérimental en condition avec RV et sans RV Figure 11. Il apparaît une distinction entre l'effort perçu sans RV et avec RV, où en condition de RV les valeurs obtenues apparaissent toujours inférieures à celles obtenues en condition sans RV ou ordinaire. L'effort perçu semble donc moindre avec le casque de RV comme en témoignent la moyenne et la médiane. L'amplitude des valeurs en condition de RV est plus étendue vers le bas ce qui suggère que les sujets ont eu tendance à évaluer leur effort comme étant plus agréable ou moins pénible dans celle-ci comparé à l'autre condition où l'effort a été perçu comme plus difficile et moins agréable. Les valeurs extrêmes montrent une évaluation moindre de l'effort perçu, ce qui est intéressant considérant l'augmentation de la charge de travail pendant l'étude. Cependant, cette diminution n'est pas assez marquée statistiquement pour être significative.

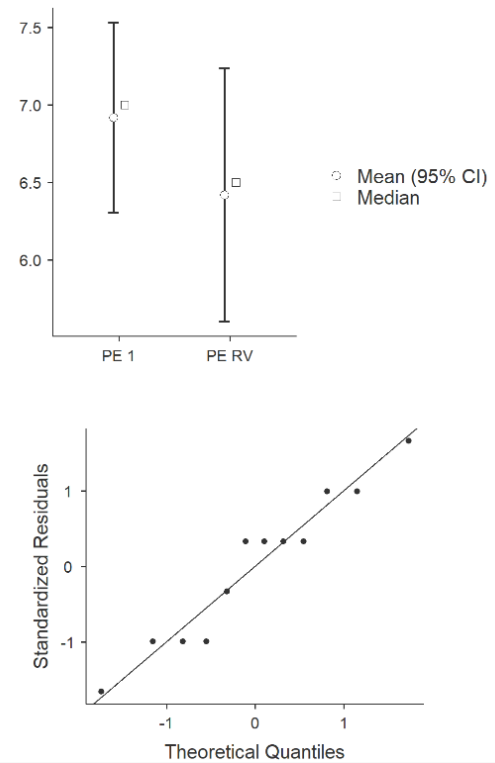


Figure 11 : Résultats de la comparaison intra-groupe selon la variable Perception d'effort (PE) dans les deux conditions à savoir avec RV et sans RV, illustrés par des box plot.

Effets de la RV sur le PR (plaisir ressenti)

Les résultats des analyses statistiques issus du test de Wilcoxon ayant comparé les résultats du groupe expérimental dans la condition avec RV (M=8) et sans RV (M=6) selon la variable « plaisir ressenti » montrent une différence significative ($p=0.005$). La RV a donc statistiquement eu effet sur ce paramètre évalué.

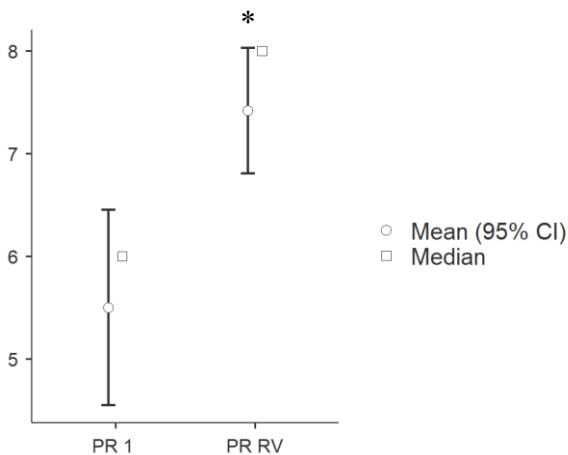


Figure 12 : Résultats de la comparaison intra-groupe selon la variable Plaisir ressenti (PR) dans les deux conditions à savoir avec RV et sans RV, illustrés par des box plot.

Les box plot ci-contre représentent le plaisir ressenti (PR) du groupe expérimental en condition avec RV et sans RV Figure 12. Il apparaît très nettement une distinction entre les valeurs obtenues dans la condition ordinaire (soit sans casque de RV) comparé avec la condition expérimentale (avec casque de RV) où dans cette dernière les sujets ont eu tendance à évaluer le plaisir ressenti toujours supérieur à celui ressenti dans l'autre condition. L'écart entre les moyennes et médianes de ces deux box plot est statistiquement significatif, mettant en avant ce paramètre évalué. L'ensemble des sujets a donc évalué son plaisir ressenti comme étant supérieur à celui qu'ils ont ressenti sans casque de RV ou en condition ordinaire.

Comparaison PE et PR à t1 et t2

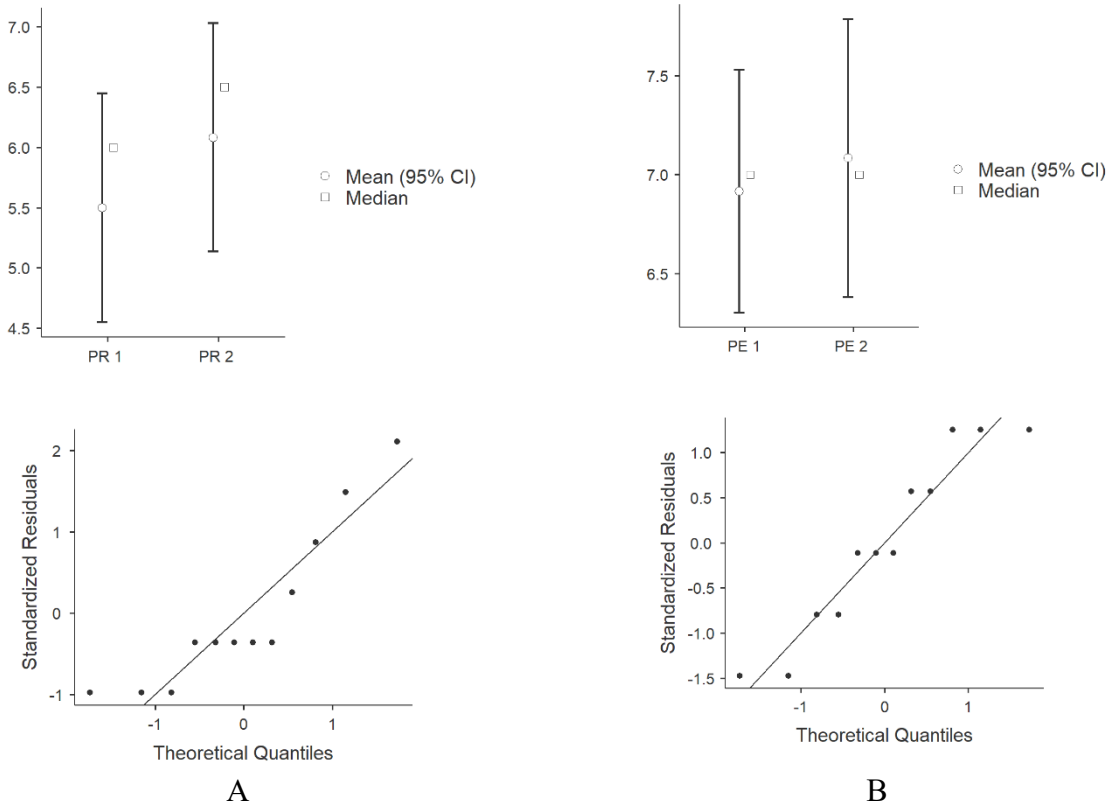
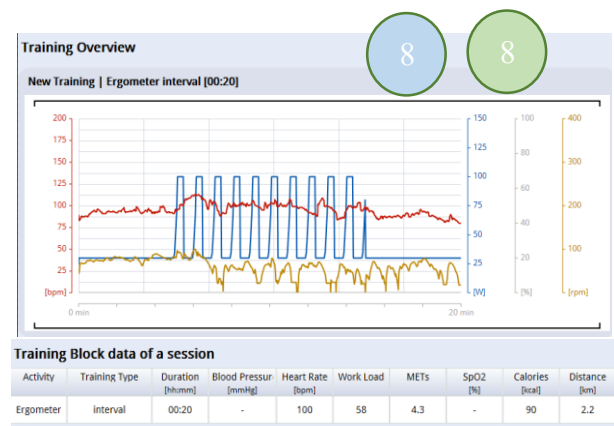
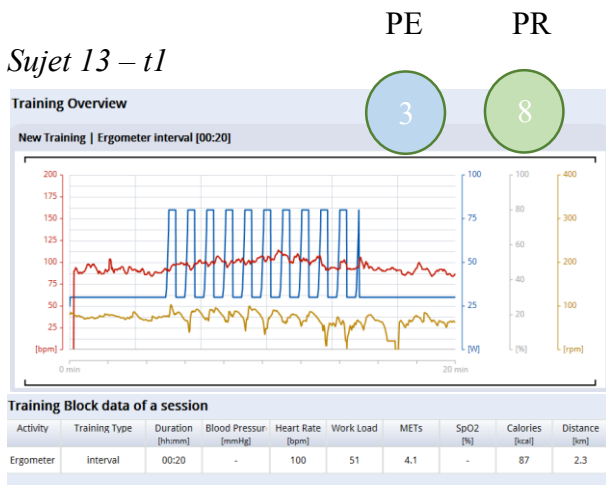


Figure 13 : Résultats de la comparaison intra-groupe selon les variables Plaisir ressenti (PR) A et Perception d'effort (PE) B à t1 et à t2, illustrés par des box plot.

Les box plot ci-dessus comparant le groupe expérimental dans la condition avec RV puis sans RV ou après le protocole expérimental démontrent que malgré l'augmentation de la perception d'effort (PE) (après augmentation de la charge de travail en watts), le plaisir ressenti (PR) est soit similaire soit supérieur à la valeur de départ.

4.2.3 Analyses des sujets individuellement

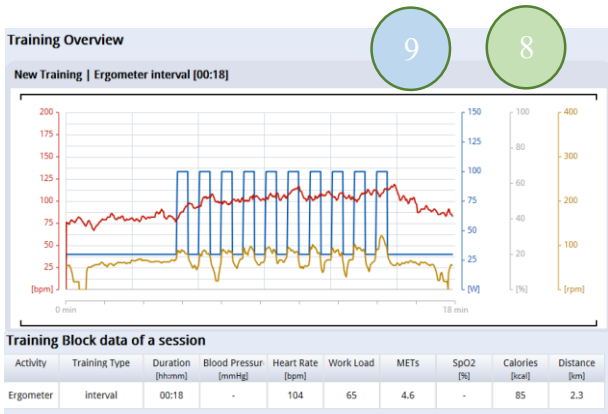
Comparaisons des performances individuelles sur un entraînement sur ergo-cycle en intermittent avec casque de RV et sans



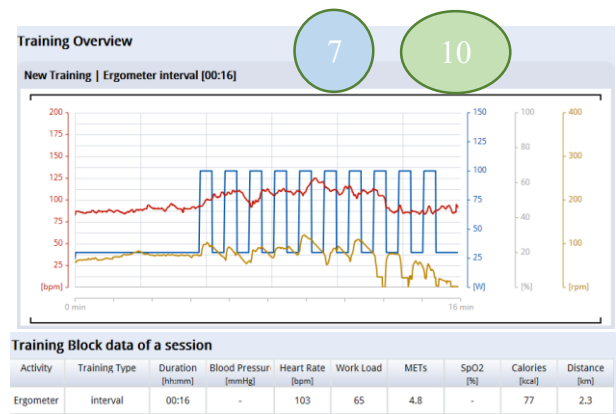
1^{er} passage : Avec casque de RV

2^e passage : Sans casque de RV

Les graphiques ci-dessus représentent les performances réalisées par le sujet 13 dans les deux conditions dans la même séance. En les comparant, la courbe de la fréquence de pédalage (rpm, en jaune) démontre qu'en condition de RV celle-ci a tendance à être plus élevée ou plus proche des 100 rép/min que dans la condition sans RV ou ordinaire. Aussi, cela met en évidence, la tendance du sujet à relâcher davantage son effort et sa fréquence de pédalage lors des périodes de récupération en condition sans casque de RV en comparaison avec la condition expérimentale (avec le casque de RV).



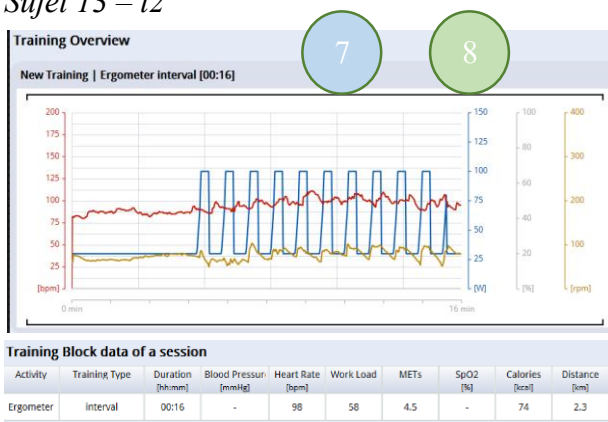
1^{er} passage : Sans casque de RV



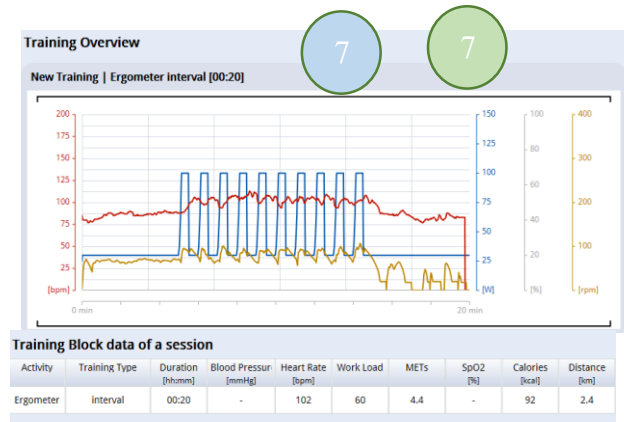
2^e passage : Avec casque de RV

Même constat que le précédent, la courbe de la fréquence de pédalage apparaît plus haute dans la condition de RV en comparaison avec la condition sans casque de RV. Egalement, des variations ou changement de rythmes plus importants semblent se démarquer dans la condition du casque de RV, et moins de valeurs basses en termes de fréquence de pédalage bien que celle-ci diminue beaucoup en fin d'entraînement.

Sujet 13 – t2



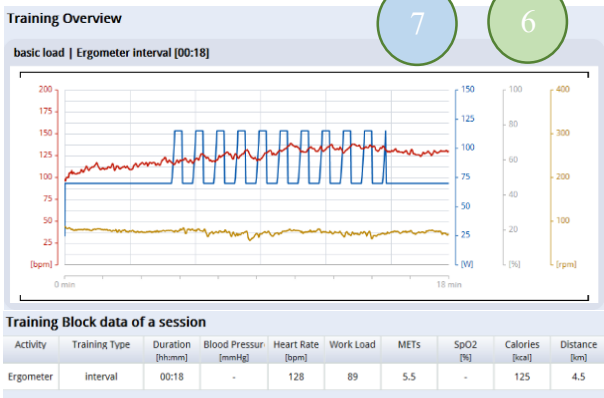
1^{er} passage : Avec casque de RV



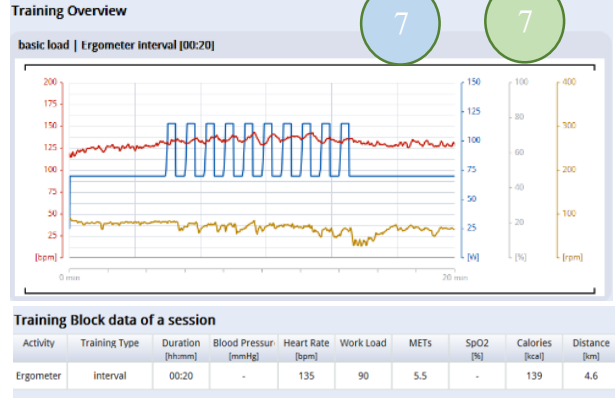
2^e passage : Sans casque de RV

Lors du dernier test, la courbe de la fréquence de pédalage dans les 2 conditions se ressemblent, le sujet a donc augmenté sa fréquence de pédalage entre le début et la fin de l'étude. Egalement, les valeurs basses en rpm observées précédemment sont absentes ici.

Sujet 18 - t1



1^{er} passage : Sans casque de RV



2^e passage : Avec casque de RV

En comparant les graphiques ci-dessus, la courbe de fréquence de pédalage semble se démarquer de la condition sans casque de RV à la condition avec le casque de RV, démontrant davantage de variations dans la fréquence dans la 2^e condition (avec RV).

Sujet 18 - t2



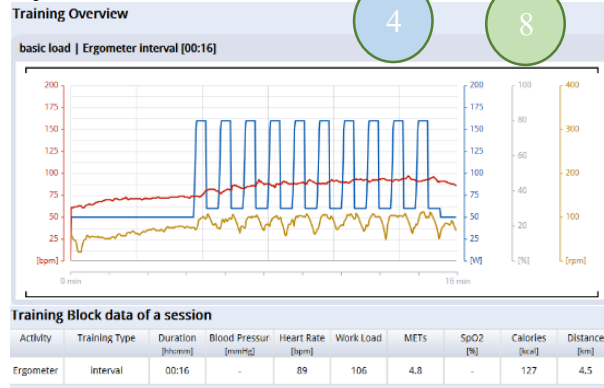
1^{er} passage : Sans casque de RV



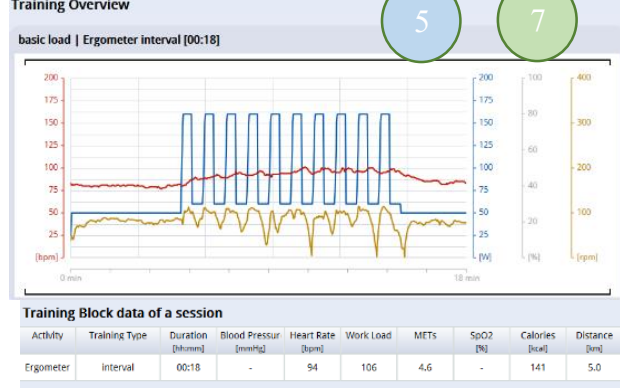
2^e passage : Avec casque de RV

Les graphiques ci-dessus mettent en avant une différence en termes de fréquence de pédalage, il apparaît qu'en condition de RV la courbe montre des variations de celle-ci en fonction des différents cycles à différentes intensités. Cela laisse supposer que le sujet se laisse guider par les informations issues du casque de RV en augmentant sa fréquence de pédalage lorsqu'il voit l'avatar devant lui accélérer et la mention « fast » ou « slow » alors qu'en condition ordinaire sans casque de RV le sujet a tendance à rester stable dans sa fréquence de pédalage peu importe la charge de travail imposée.

Sujet 15 - t1



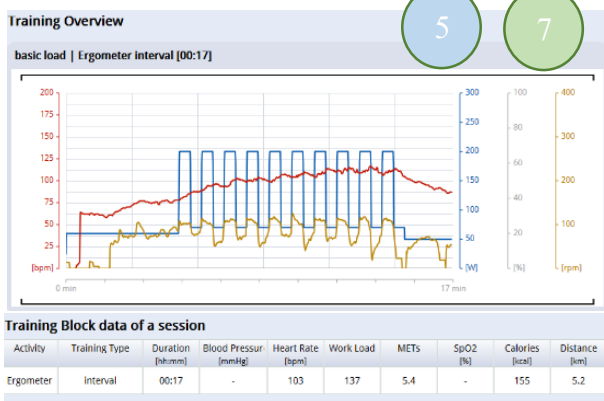
1^{er} passage : Avec casque de RV



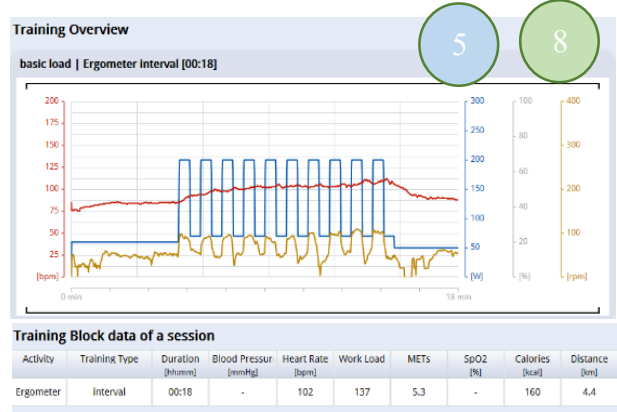
2^e passage : Sans casque de RV

Les graphiques ci-dessus mettent en avant une nouvelle fois la courbe de fréquence de pédalage qui a tendance à rester plus haute dans la condition de RV que dans la condition ordinaire. Le casque de RV semble apporter une continuité ou un non relâchement même pendant les temps de récupération, ce qui n'est pas démontré en condition normale avec le graphique de droite ci-dessus où l'on peut remarquer que pendant la récupération le sujet relâche complètement son effort faisant chuter la fréquence de pédalage.

Sujet 15 – t2



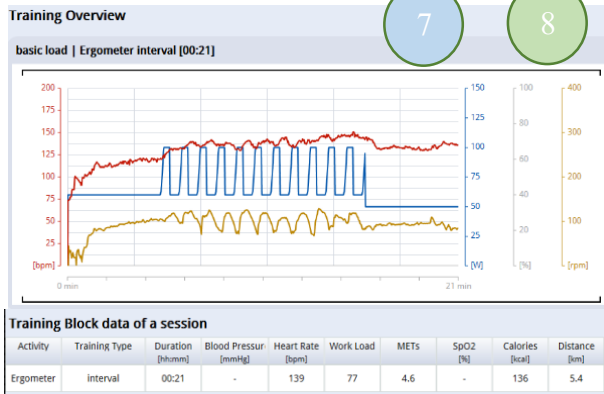
1^{er} passage : Sans casque de RV



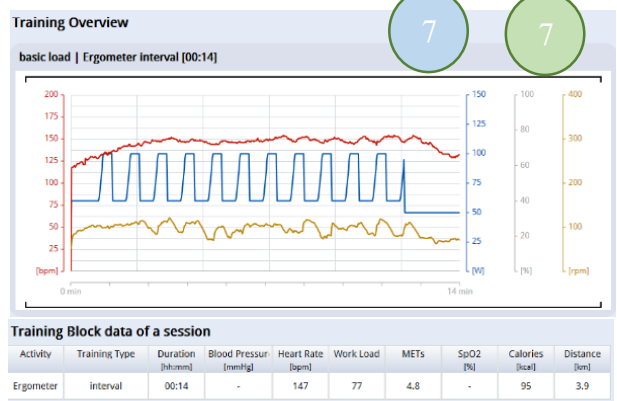
2^e passage : Avec casque de RV

Le casque de RV semble donner une cadence, et à la fin de l'étude le sujet a nettement augmenté sa fréquence de pédalage malgré l'augmentation des watts, et ce peu importe l'ordre du passage des 2 conditions (avec ou sans RV). Le plaisir ressenti quant à lui ne change pas ou augmente et ce, malgré que la charge de travail ait augmenté durant l'étude.

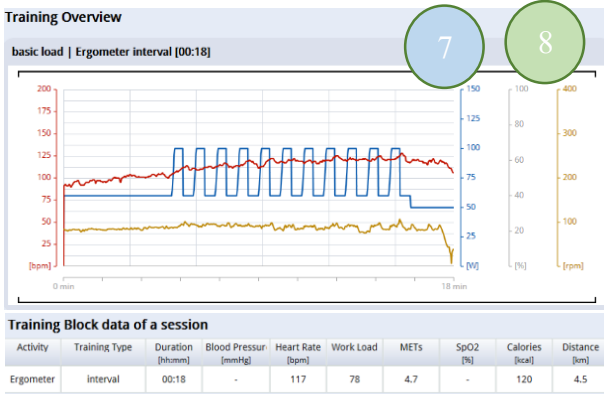
Sujet 19 – t1



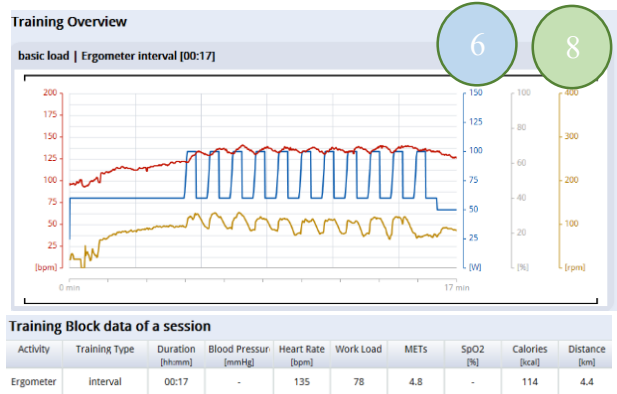
1^{er} passage : Avec casque de RV



2^e passage : Sans casque de RV

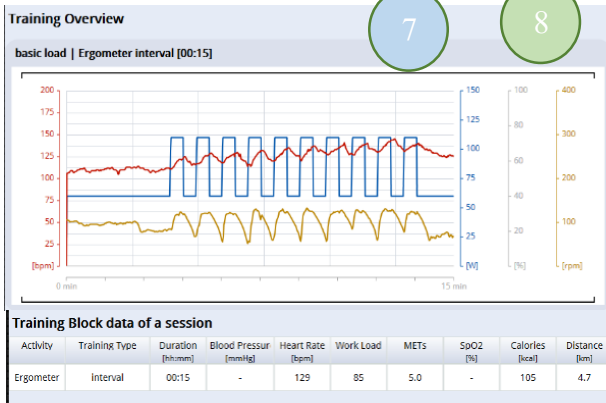


1^{er} passage : Sans casque de RV

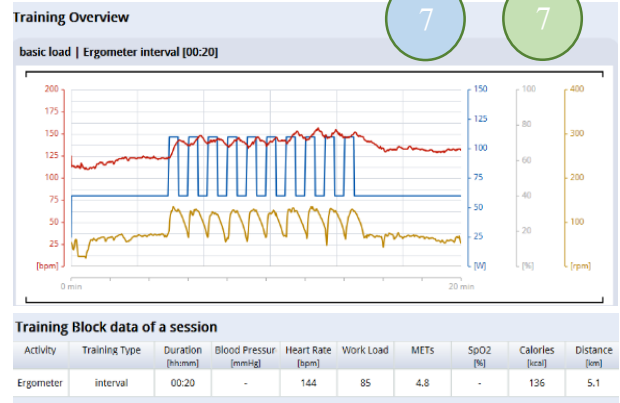


2^e passage : Avec casque de RV

Sujet 19 – t2



1^{er} passage : Sans casque de RV



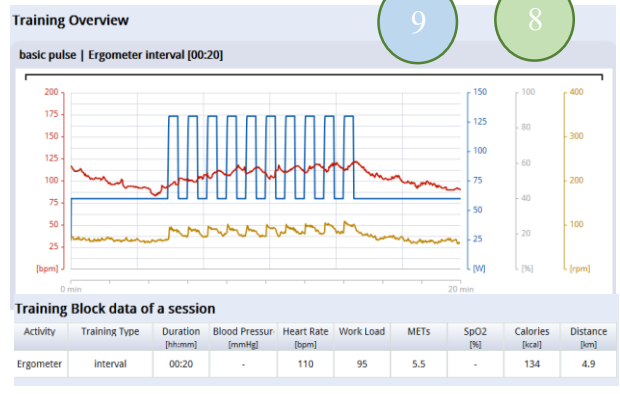
2^e passage : Avec casque de RV

Ces graphiques représentent les performances d'un sujet à la fin de l'étude, on peut remarquer que celles-ci se ressemblent, ce qui montre que le casque (la RV) a permis à ce sujet d'augmenter sa fréquence de pédalage et de chercher plus haut en intensité et ce, tout au long de l'entraînement en ayant augmenté la charge de w, et en ne modifiant peu ou pas ou voire augmentant son plaisir sur ergo-cycle.

Sujet 17 – t1



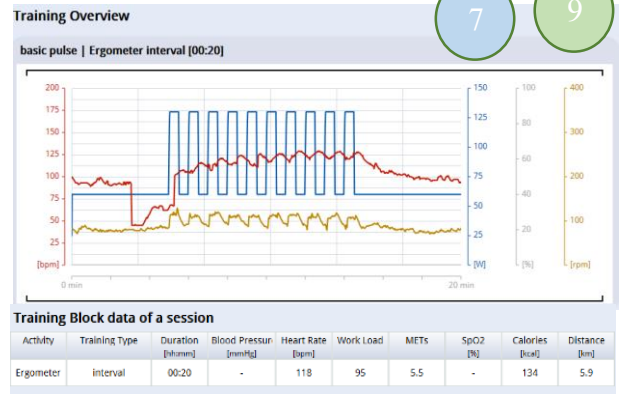
1^{er} passage : Avec casque de RV



2^e passage : Sans casque de RV

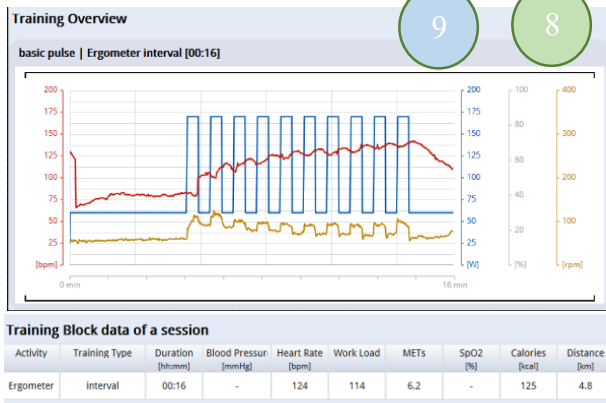


1^{er} passage : Sans casque de RV

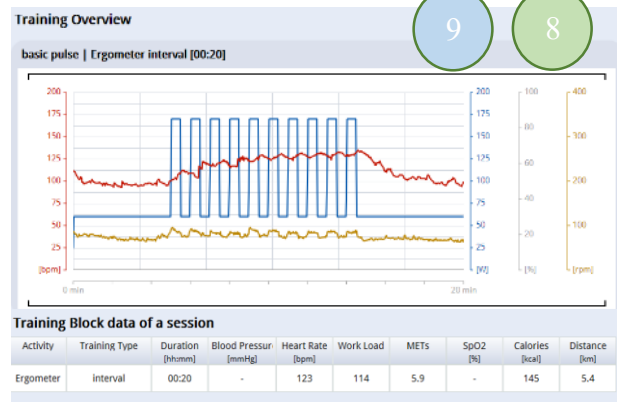


2^e passage : Avec casque de RV

Sujet 17 – t2

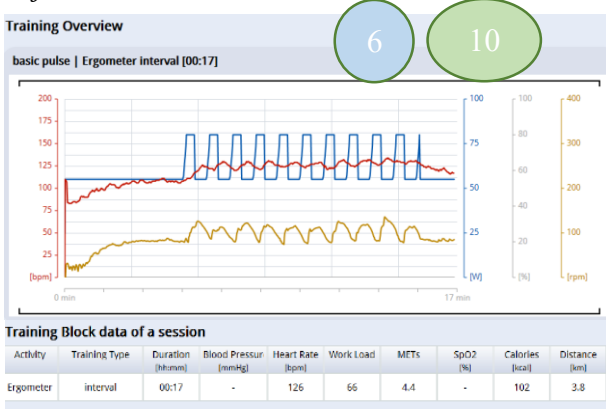


1^{er} passage : Avec casque de RV

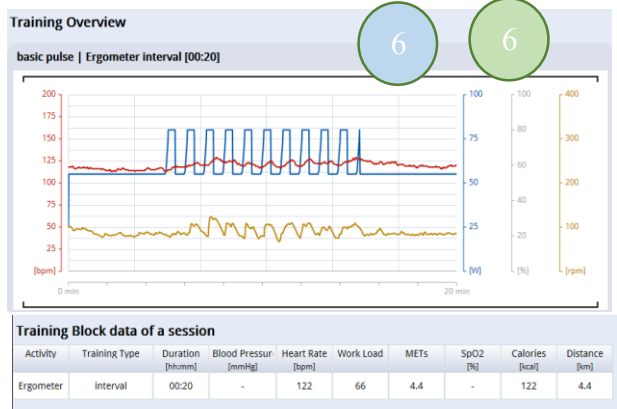


2^e passage : Sans casque de RV

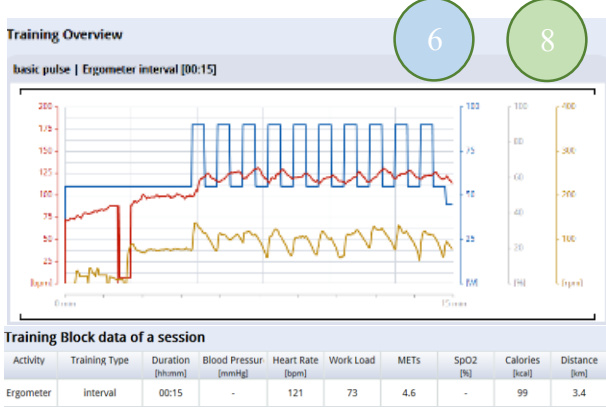
Sujet 23 - t1



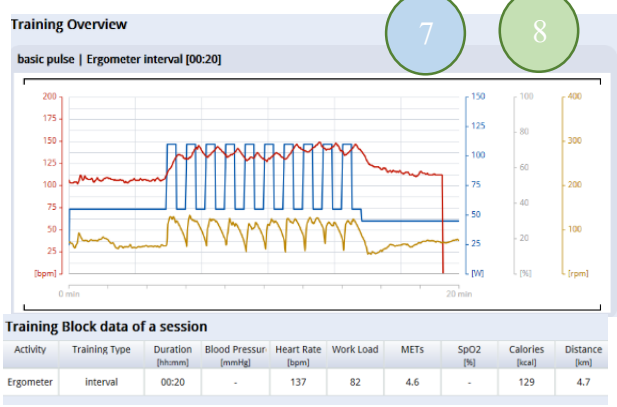
1^{er} passage : Avec casque de RV



2^e passage : Sans casque de RV

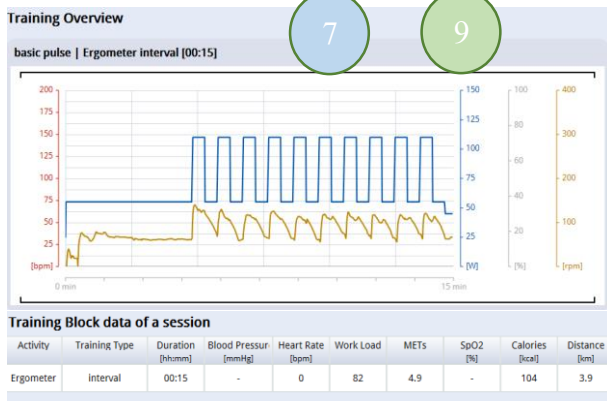


1^{er} passage : Sans casque de RV

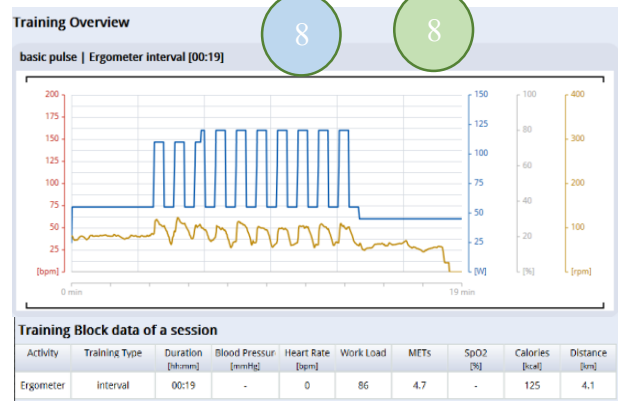


2^e passage : Avec casque de RV

Sujet - t2



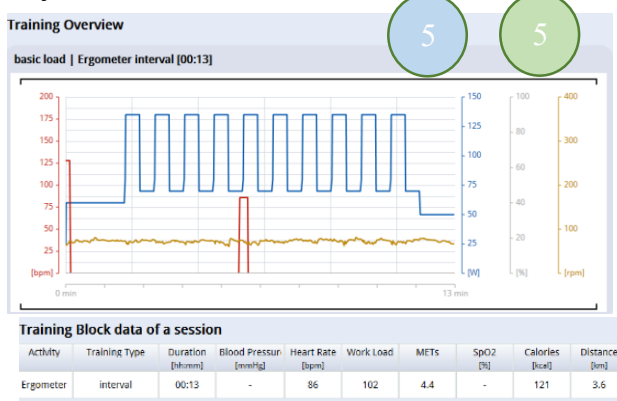
1^{er} passage : Avec casque de RV



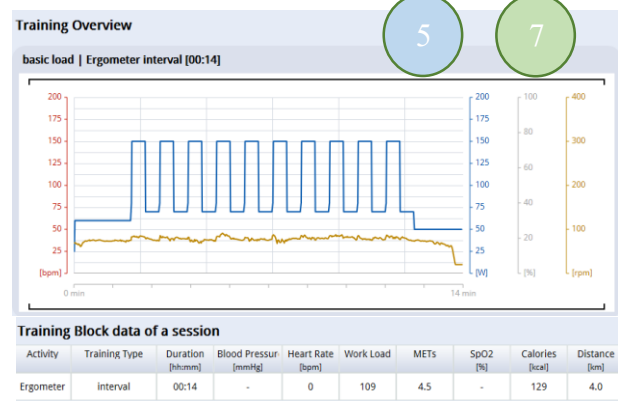
2^e passage : Sans casque de RV

Les graphiques précédents en t1 mettent en avant la tendance revenant quasi-systématiquement, à savoir, une courbe de fréquence de pédalage plus élevée en condition de RV comparé à sans ou ordinaire, et ce, peu importe l'ordre de passage. De plus, les graphiques ci-dessus en t2 mettent en évidence un fait intéressant, les courbes de rpm se ressemblent en fin d'étude et la possibilité d'augmenter la résistance malgré un second passage s'est avérée réalisable et désiré par le sujet.

Sujet 22



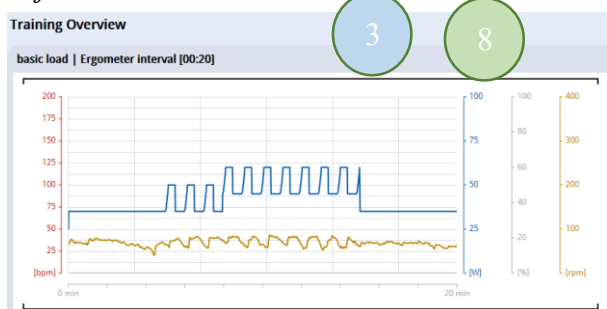
1^{er} passage : Sans casque de RV



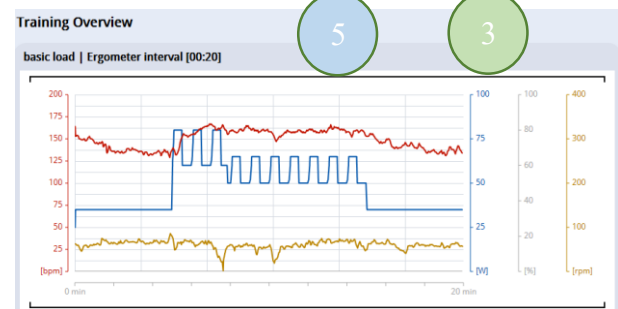
2^e passage : Avec casque de RV

Les graphiques ci-dessus montrent une performance d'un sujet réalisée sans casque de RV à 135 watts (à gauche) et une seconde performance réalisée après la 1ere cette fois-ci avec le casque de RV à 150 watts. La résistance ou la charge de w n'a pas été indiquée au sujet, il savait simplement qu'il y avait eu une augmentation suite à sa demande. Lors de l'évaluation de la perception de son effort, le sujet a répondu 5 dans les deux conditions malgré l'augmentation de ses watts, et a éprouvé plus de plaisir lors du second passage à 150 watts avec le casque de RV.

Sujet 14



1^{er} passage : Avec casque de RV

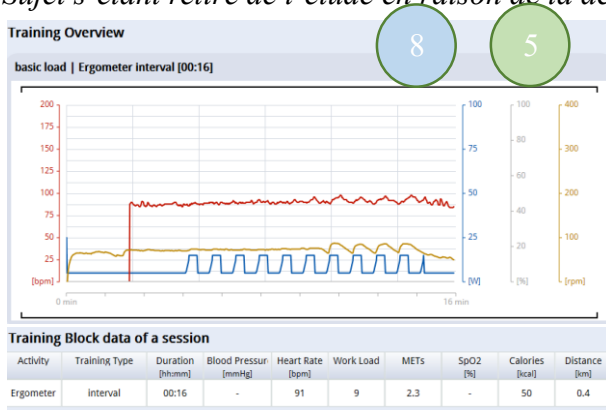


2^e passage : Sans casque de RV

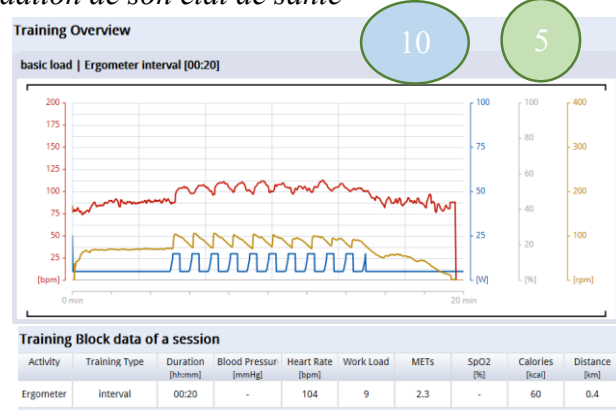
Lors d'un tout 1^{er} test avec un sujet, ce dernier a demandé à ce qu'on augmente les watts car ne ressentait aucune résistance (début du protocole donc charge de travail très faible) ce qui est visible

sur le graphique de gauche ci-dessus. Cependant, lors du second passage sans RV, le sujet a demandé l'inverse, car il ne supportait plus la résistance en condition sans RV ou normale. Cela suppose que le casque de RV apportant une image, un visuel déconcentre le sujet de la perception de l'effort rendant l'effort plus supportable, plus agréable que lorsque celui-ci est réalisé en condition sans casque ou dite ordinaire.

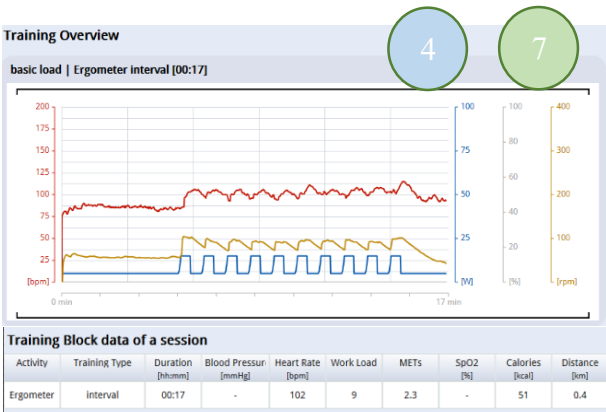
Sujet s'étant retiré de l'étude en raison de la dégradation de son état de santé



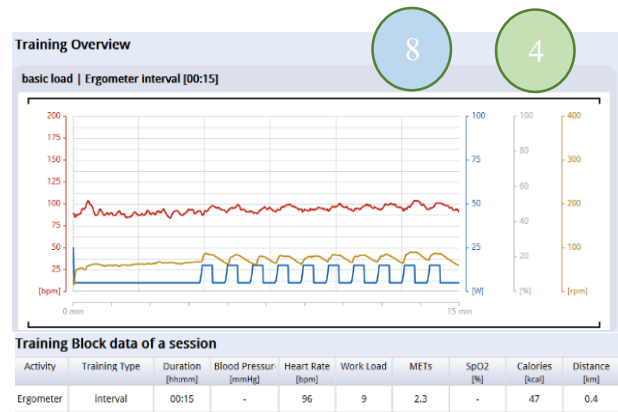
1^{er} passage : Sans casque de RV



2^e passage : Avec casque de RV



1^{er} passage : Avec casque de RV



2^e passage : Sans casque de RV

Ci-dessus les performances d'un sujet atteint d'une maladie entraînant des douleurs quotidiennes rendant ainsi une séance sur ergo-cycle pénible. Le graphique de gauche montrant sa performance sans casque montre une stabilité quasi-continue tout au long de l'entraînement. Celui de droite montre dès les 1^{er} cycles en intensité haute (15 watts pour ce sujet) une variation nettement plus importante dans la fréquence de pédalage se répercutant ainsi sur la fréquence cardiaque du sujet témoignant de l'effet stimulant et motivant du casque de RV.

Néanmoins, le sujet lors de l'évaluation de la PE indiquait ressentir un effort plus intense et plus difficile (étant donné que le sujet pédalait plus vite) avec le casque de RV. Le plaisir ressenti également n'était pas évalué positivement comme la douleur était toujours présente, cependant le sujet a indiqué que le temps passait plus vite et qu'elle n'aurait pas pu faire cette performance sans le casque car cela le déconcentre quand même de sa douleur.

Après observation, il semble que l'entraînement HIIT en VR-exergaming apporte :

- ✓ un changement net d'intensité avec une fréquence de pédalage (RPM) plus élevée retrouvée en fin de protocole et ce, même en condition habituelle (sans RV) ce qui pourrait être une forme d'apprentissage pour que le patient apprenne à aller chercher plus haut en intensité tout en prenant du plaisir pour que par la suite, celui-ci retrouve ces sensations en condition ordinaire
- ✓ + de plaisir, un effort perçu moins difficile et plus agréable
- ✓ + de facilité pour augmenter la résistance en watts, ce qui paraît intéressant lors d'un début de protocole

V. Analyse et discussion

Le but de cette étude interventionnelle menée auprès de personnes atteintes de diverses pathologies et suivant un programme de réentraînement à l'effort était multiple. En effet, les objectifs de celle-ci consistaient d'une part, à évaluer la faisabilité d'un entraînement HIIT en condition de RV-exergaming dans ce contexte précis de reconditionnement à l'effort sur ergo-cycle et d'autre part à évaluer les bienfaits de celle-ci sur ce public présentant diverses pathologies le rendant limité ou intolérant à l'effort en mesurant l'impact sur les dimensions physiques (puissance max, Vo_2 max) et émotionnelles ou subjectives (perception de l'effort et plaisir ressenti) influençant la motivation et l'engagement à l'AP.

La première hypothèse mentionnant une progression supérieure en termes de puissance maximale obtenue (en watts) et de Vo_2 max acquise par le groupe ayant bénéficié de la condition expérimentale (avec RV) ne s'est pas démarquée statistiquement mais s'est vérifiée globalement.

Sujets		Watts			T-3	T-2	T-1	T0	T1	T2
Groupe expérimental	T1	T2	Evolution	Sujets	Puissance maximale obtenue (en watts)					
14	40	100	150%	Groupe contrôle						
15	150	200	33,33%	2	150	200	260	290	300	310
16	120	210	75%	évolution		33,33 %	30 %	11,54 %	3,45 %	3,33 %
17	70	170	142,86%	5		70	95	95	110	145
22	100	150	50%	évolution			35,71 %	0	15,79 %	31,82 %
23	50	110	120%	9	30	50	65	60	45	45
Groupe contrôle	T1	T2	Evolution	évolution		66,67 %	30 %	-7,69 %	-25 %	0
6	80	90	12,50%	12				50	120	130
7	40	90	125%	évolution					140 %	8,33 %
8	40	60	50%	M						37,19
11	100	150	50%	ET						39,87
				Groupe expérimental						
				13	50	80	90	90	85	100
				évolution		60 %	12,5 %	0	-5,56 %	17,65 %
				18	80	90	105	110	110	120
				évolution		12,5 %	16,67 %	4,76 %	0	9,09 %
				19				60	85	120
				évolution					41,67 %	41,18 %
				24				70	130	130
				évolution					85,71 %	0
				M						58,15
				ET						52,22

A

B

Tableau 7 : Comparaison de l'évolution en termes de puissance maximale (watts) obtenue par les nouveaux patients A et ceux ayant déjà réalisé des protocoles au sein de la structure B chez les deux groupes

Le groupe expérimental semble être celui ayant connu une plus importante évolution quant à la puissance maximale acquise en fin d'étude mais qui s'est révélé non significatif en raison de la variabilité retrouvée chez les sujets de ce groupe.

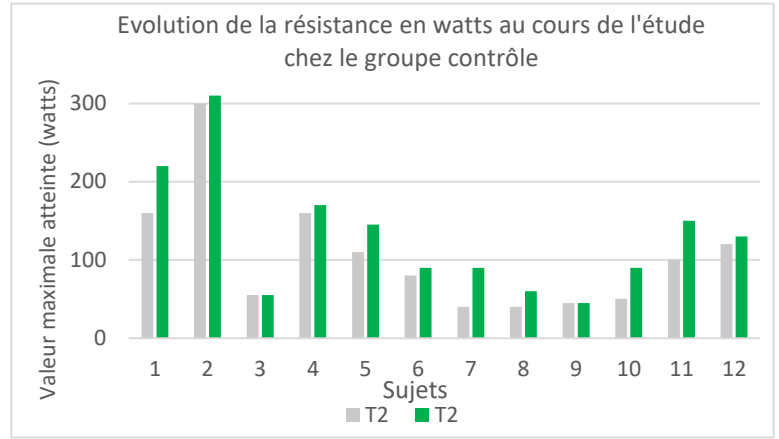
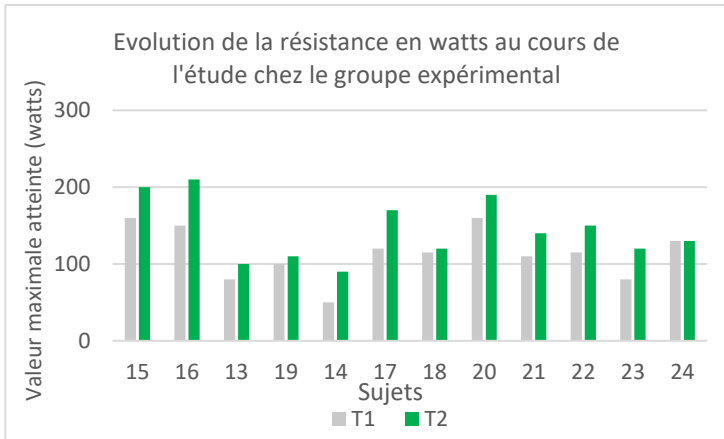


Figure 14 : Comparaison inter-groupes de l'évolution en termes de puissance maximale (watts) obtenue au cours de l'étude illustrés par graphiques.

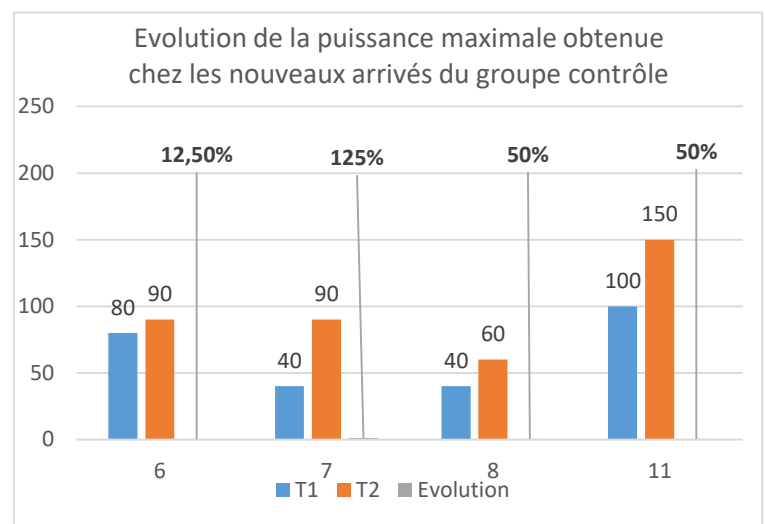
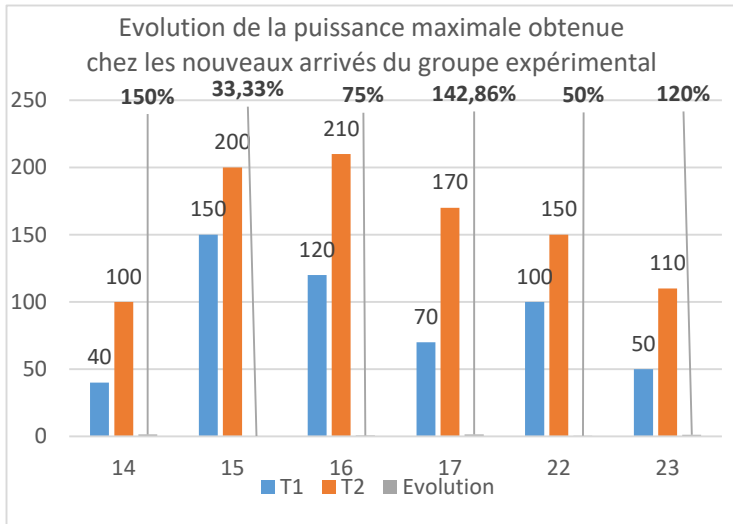


Figure 15 : Comparaison de l'évolution en termes de puissance maximale (watts) obtenue par les nouveaux patients A et ceux ayant déjà réalisé des protocoles au sein de la structure B chez les deux groupes (Représentation du tableau 7).

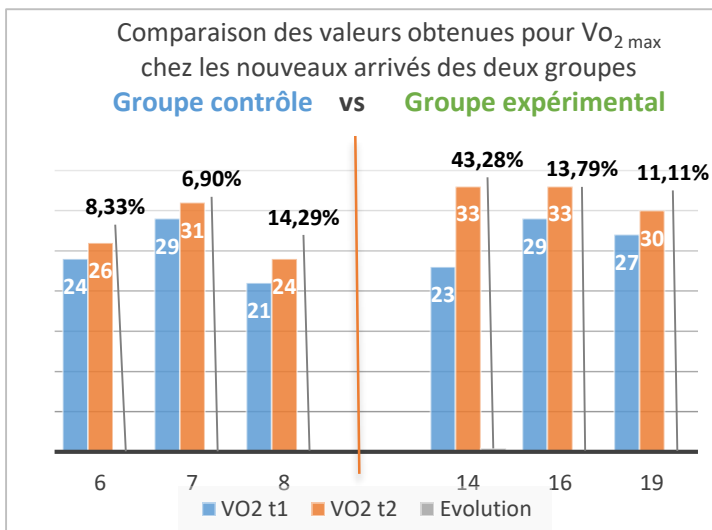


Figure 16 : Comparaison de l'évolution en termes de Vo₂ max obtenue par les nouveaux patients dans les deux groupes.

Le groupe expérimental semble être celui ayant connu une plus importante évolution de son Vo₂ max obtenu en fin d'étude mais qui s'est révélé non significatif par les tests statistiques.

Ne disposant pas de toutes les données concernant la Vo₂ max, il a semblé préférable de réaliser ces analyses de cette façon. Egalement, il faut savoir que le matériel dont dispose la structure pour évaluer la Vo₂ max est parfois capricieux conduisant à des erreurs de mesures dues à des fuites au niveau du masque.

La seconde hypothèse stipulait un impact de la RV sur la perception d'effort (PE) devant opérer un changement positif chez les participants à la condition expérimentale (RV) permettant ainsi chez un sujet pour une intensité supérieure à celle de départ de percevoir un effort comme étant moins difficile et plus agréable. Celle-ci s'est vérifiée globalement.

Sujets	T1		Avec RV				T2 / Sans RV			
	PE	PR	PE	PR	Evolution PE	Evolution PR	PE	PR	Evolution PE	Evolution PR
13	7	7	5	8	-2	1	7	6	0	-1
14	5	3	5	5	0	2	7	2	2	-1
15	7	7	5	8	-2	1	5	7	-2	0
16	7	6	7	6	0	0	8	5	1	-1
17	9	8	9	8	0	0	9	8	0	0
18	7	3	8	7	1	4	8	7	1	4
19	7	7	7	8	0	1	7	7	0	0
20	6	4	8	7	2	3	8	7	2	3
21	8	6	5	8	-3	2	6	6	-2	0
22	6	4	5	7	-1	3	5	5	-1	1
23	6	6	7	9	1	3	8	8	2	2
24	8	5	6	8	-2	3	7	5	-1	0
M	6,92	5,5	6,42	7,42			7,08	6,08		
ET	1,04	1,61	1,38	1,04			1,19	1,61		

M : moyenne ET : écart-type PE : perception de l'effort ou effort perçu PR : plaisir ressenti
RV : Réalité Virtuelle

Tableau 8 : Comparaison intra-groupe selon les variables PE et PR avec la RV au début du protocole (t1) puis à la fin (t2) sans RV.

La troisième hypothèse de ce travail s'intéressait à la dimension du plaisir ressenti (PR) stipulant que la RV apporterait un effet positif sur cette dimension psychologique ou émotionnelle chez les participants ayant bénéficié de la condition expérimentale. Celle-ci s'est vérifiée également. L'entraînement HIIT en RV sur ergomètre en comparaison avec un entraînement HIIT sans RV a été perçu plus plaisant ou a toujours engendrer plus de plaisir par les sujets du groupe expérimental.

La présente étude apparaît donc en faveur de la faisabilité du protocole et s'accorde avec les observations des études antérieures traitant le sujet sur une population saine (Chuang et al., 2003; Mestre et al., 2011). Effectivement, les travaux de Chuang ayant mené au développement d'un système de RV sur ergo-cycle avaient pour objectifs de comparer les réponses physiologiques des systèmes cardiovasculaire et ventilatoire de sujets âgés en bonne santé lors de tests d'exercices avec ou sans RV, et de mesurer les effets de ces derniers sur les évaluations de l'effort perçu (PE) et de la durée du cycle tout au long du test. Les résultats montrent que les programmes de RV par rapport aux programmes sans RV ne différaient pas entre les réponses maximales et sous-maximales à l'exercice. Cependant, des différences significatives ont été observées entre les valeurs moyennes pour la durée, la distance et la consommation d'énergie (Chuang et al., 2003). De plus, la différence entre les courbes PE pour les protocoles VR et non-VR a révélé des résultats prometteurs dans les 45 minutes d'entraînement sur ergo-cycle (test de Breslow, $p = 0,06$) (Chuang et al., 2003). En conclusion, cette étude a montré que le maintien de l'endurance, l'augmentation de l'intensité cible et la consommation totale d'énergie dans les programmes d'exercices pouvaient être assistés par l'introduction de la technologie VR qui semble être un outil efficace pour initier une population ou faire connaître un programme HIIT comme mode d'entraînement. Ce qui a incité le développement de cette technologie au sein des structures de réhabilitation cardiorespiratoire car cela permet aux exercices anaérobies de durer plus longtemps en réduisant l'effort perçu (Chuang et al., 2003) qui était la seconde hypothèse

de cette étude et cela semble également motiver les participants à surmonter une augmentation de la résistance mécanique et à travailler beaucoup plus en difficulté, sans nuire à leur plaisir d'exercer (Farrow et al., 2018) qui était notre troisième hypothèse.

La poursuite de ces études menées auprès d'une population atteinte de pathologies chroniques, par exemple, celle de Chuang et ses collègues (Chuang, Sung, & Lin, 2005) portant sur des sujets coronariens et a démontré que ceux ayant profité du programme avec RV obtiennent des valeurs plus élevées en termes de Vo_2 peak, de METS et de Vo_2 et seuil anaérobie que le groupe en condition ordinaire (sans RV) ce qui est retrouvé globalement dans la présente étude mais également dans d'autres travaux (Deutsch et al., 2012; Farrow, Lutteroth, Rouse, & Bilzon, 2018; Knights et al., 2016). Par ailleurs, l'étude VRACK (Farjadian et al, 2013), testant la RV augmentée sur cycloergomètre chez des sujets post-AVC démontre des gains en termes de durée et d'intensité ce qui est constaté également au sein de ce travail et d'un autre (Deutsch et al, 2012). Cependant, le transfert de l'entraînement sur ergo-cycle à une autre AP comme la marche par exemple, qui a été vérifiée dans l'étude VRACK, n'a pas pu l'être dans la présente étude pour des raisons de logistique et d'assurance quant aux patients.

Ces constats mettent en avant l'attrait et l'effet motivationnel de la RV néanmoins celles-ci sont à prendre avec précaution et doivent prendre en considération le fait que cette étude interventionnelle se soit réalisée sur la base du volontariat.

Par ailleurs, les analyses statistiques ne montrent aucune différence significative permettant de mesurer l'impact de la RV sur la puissance maximale obtenue en watts et la perception d'effort (PE) en revanche la dimension du plaisir ressenti (PR) s'est démarquée statistiquement chez le groupe expérimental réalisant les deux conditions à savoir avec et sans casque de RV. Les raisons pouvant expliquer ces résultats concernant les comparaisons inter-groupes se retrouvent dans le nombre d'individus recrutés ($n < 30$) et la diversité des pathologies présentes dans la population étudiée.

Egalement, d'autres facteurs sont à prendre en compte, notamment le biais dit de « l'expérimentateur » (effet Hawthorne) et celui lié à la subjectivité qui concerne l'évaluation de la perception d'effort (PE) et du plaisir ressenti (PR). Effectivement, certaines évaluations ont été impactées positivement comme négativement par l'humeur du jour ou d'autres facteurs annexes tels que la qualité de la vidéo, le paysage en lui-même, un léger décalage entre la vidéo et le programme imposé par l'ergo-cycle, etc. Il semble pertinent d'ajouter qu'habituellement les patients évoluent tout au long de leur protocole via le préparateur physique, voyant leur programme sur ergo-cycle se modifier. Aussi, le protocole de la présente étude envisageant un entraînement en HIIT en RV nécessitait une modification directe de la configuration du programme des sujets en accord avec leur progression du moment ce qui, dans certains cas, était jugé (au début du protocole) difficile et a donc mené, parfois, à des évaluations de la PE erronée ou surévaluée.

Concernant l'immersion et la présence liée à la RV de cette étude, il a été constaté que la moitié des participants ont jugé d'une présence et d'une immersion effective tandis que pour l'autre moitié seule l'immersion a été effective. En effet, lors de l'interrogation quant à ce sujet (« c'était comme si c'était moi » ou « c'était comme si je n'y étais pas »), les participants ayant répondu ou commenté leur expérience selon la première confirmation pouvaient être catégorisés comme un public n'ayant pas eu beaucoup d'expériences avec le domaine large des jeux vidéo. Aussi, certains sujets croyaient, pendant les sessions de RV, pouvoir réellement dépasser l'avatar qui était devant eux alors que d'autres le suivaient comme s'il s'agissait d'un camarade avec lequel ils étaient parti faire une balade

à vélo (esprit d'équipe). Tandis que les autres participants ayant répondu ou commenté leur expérience selon la seconde confirmation pouvaient être catégorisés comme étant un public adepte des expériences de jeux vidéo. Certains sujets, motivés par la compétition, se sont senti frustrés car savaient pertinemment que quoiqu'ils puissent faire et peu importe la fréquence à laquelle ils pédalaient, ils n'auraient pas pu dépasser l'avatar car en effet s'agissant simplement d'une vidéo en 360° sans synchronisation de la fréquence de pédalage entre l'ergo-cycle et le système de RV cela était impossible.

Néanmoins, ce qu'il est intéressant de notifier et qui s'est vérifié tout au long de l'étude c'est que la condition de RV modifiait la notion du temps effectué lors d'un entraînement HIIT sur ergo-cycle ainsi que la notion d'intensité réalisée. Effectivement, lorsqu'il était demandé au sujet depuis combien de temps celui-ci pensait avoir commencé à pédaler, ce dernier avait tendance à sous-estimer le temps. Concernant l'intensité, il était parfois demandé au sujet lors des sessions en RV à combien de watts celui-ci pensait être, seuls les habitués répondaient plus justement mais les nouveaux ou débutants leur premier protocole ayant une puissance en watts encore faible ne sentaient pas la différence entre 10 à 30 watts supplémentaires. Cependant, il convient de noter que la RV pâtie du facteur habitude, en effet il a été constaté qu'à la fin du protocole le sujet s'habitue et les évaluations en pâtissent car d'autres facteurs sont pris en compte par le sujet.

Parmi les retours des sujets concernant les sessions en RV, les plus récurrents mentionnent que le temps passe plus vite avec le casque de RV que sans, que l'effort est perçu comme plus agréable et ressenti comme moins difficile, en effet souvent les sujets ont indiqué la volonté d'augmenter la résistance en watts et ce, même pour un second passage. Egalement, les sujets ont remarqué la déconcentration du tableau de bord qui leur a été favorable pour la plupart. De plus, comme les analyses par sujets individuellement du groupe expérimental le démontrent (Partie 4.2.3 p 49), le casque de RV a un effet stimulant et a tendance à augmenter la fréquence de pédalage et donc également la fréquence cardiaque, ainsi les sujets ont tous évoqué le fait qu'ils « se donnaient plus » avec le casque de RV et que des performances deviennent difficilement réalisables sans le casque. Il semblerait que l'entraînement HIIT en RV, lorsqu'il est proposé lors d'un premier protocole de réentraînement à l'effort, engendre des gains plus importants, une évolution plus rapide en termes de puissance maximale en watts puisque celui-ci est perçu comme plus plaisant ou procure davantage de plaisir selon les participants.

Les points positifs de cette étude résident dans le fait que des bénéfices ont pu être dégagés chez le groupe expérimental ayant bénéficié de la RV, ceux-ci se retrouvent dans la puissance maximale (en watts) ayant par extension un impact sur le Vo_2 (capacité cardiorespiratoire) des sujets. Aussi, les gains acquis concernant la perception d'effort (PE) et du plaisir ressenti (PR) ont eu un impact sur la performance des sujets (METS, distance parcourue, dépense calorique) ayant profité de la condition expérimentale et par extension sur leur motivation.

De plus, le taux d'adhérence se révélant souvent comme une problématique au sein des programmes de réentraînement à l'effort s'est avéré positif dans la présente étude. En effet, sur un total de 10 sessions possibles, le nombre moyen de sessions de RV s'est élevé à 8.3 et le taux d'adhérence relevé du protocole de RV est de 83 %.

Pour finir, les perspectives affiliées à ce travail résident dans le recrutement d'un échantillon plus important d'individus ainsi qu'une durée de protocole plus étendue ce qui, pourrait apporter des données supplémentaires notamment en termes de qualité de vie et de motivation. En effet, il a été

jugé préférable de soumettre les participants aux questionnaires mesurant la qualité de vie et la motivation seulement au début du protocole en raison de la courte durée de celui-ci. Egalement, la continuité de ce travail offrirait la possibilité de mesurer les évolutions et l'impact de la RV sur le long terme.

Par ailleurs, suite aux retours des sujets, il semblait intéressant de tester d'autres vidéos en RV sur le même format que celles présentes au sein de cette étude sur l'échantillon de volontaires à la RV. Puisque ce format convenait à la majorité des sujets mais pas à l'ensemble, et que les sujets portés sur la performance et la compétition ont émis leur frustration de ne pas pouvoir dépasser l'avatar trouvant ainsi un manque dans le jeu. La suite de ce travail serait donc, sur le même format de vidéos, de créer un parcours (par l'intermédiaire du logiciel Unity) dans lequel la personne se rapproche de l'avatar, le dépasse, se fait redoubler et ainsi de suite pour qu'à la fin des 10 cycles intermittents elle « gagne la course ».

Un autre test faisait partie des réflexions de ce projet, il s'agissait de tester un test maximal VO_2 en condition de RV-exergaming pour pallier aux limitations rencontrées souvent sur le terrain. Effectivement, les patients étant limités à l'effort de par leurs douleurs ou gênes (par exemple dyspnée ou le fait de se sentir « étouffé » par le masque) le test réalisé dans les conditions actuelles souffrent parfois d'un manque de représentativité car le sujet ne s'arrête pas à son maximum, au contraire. Le casque de RV offrirait éventuellement la possibilité de palier à ces limites voire de les dépasser afin d'obtenir une mesure plus précise des valeurs obtenues en termes de VO_{2max} ou VO_{2peak} .

VI. Conclusion

Malgré les limites évoquées pouvant affaiblir les résultats obtenus, la présente étude suggère que l'entraînement HIIT en RV-exergaming sur ergo-cycle a été acceptée et appréciée par les participants. De réelles améliorations physiques et psychologiques sont à considérer, notamment en termes d'évolution de la puissance maximale en watts, d'amélioration de la perception d'effort conduisant les sujets à ressentir l'effort comme étant plus agréable et plus facile pour une charge de travail nettement supérieure ainsi qu'un réentraînement à l'effort procurant davantage de plaisir grâce à la RV. Ces bénéfices finaux concourent à l'amélioration de la capacité cardiorespiratoire conduisant à son tour à une amélioration de la qualité de vie. La RV apparaît comme un élément stimulant et motivant et semble être une solution à la problématique du manque d'adhérence et du caractère fastidieux des protocoles de réentraînement à l'effort retrouvé de manière récurrente dans la littérature. Enfin, sur la base de ces observations rejoignant d'autres études, cela incite au développement de ces nouveaux projets d'interventions, dans le domaine de la réhabilitation cardiorespiratoire, qui ouvrent la voie sur de nouvelles opportunités poursuivant l'objectif de pérenniser l'engagement du sujet et le maintien sur le long terme des bénéfices sur sa santé.

VII. Références

- Ali, S. F., Azmat, S. A., Noor, A. U., Siddiqui, H., & Noor, S. (2017). Virtual reality as a tool for physical training. *2017 First International Conference on Latest Trends in Electrical Engineering and Computing Technologies (INTELLECT)*, 1-6.
<https://doi.org/10.1109/INTELLECT.2017.8277617>
- Anses. (2016). *Actualisation des repères du PNNS: révision des repères de consommations alimentaires*.
- Barbin, J., Camy, J., Communa, D., Fodimb, M., Perrin, C., & Vergnault, M. (2016). Référentiel d'activité et de compétences de l'Enseignant en Activité Physique Adaptée. Consulté 19 décembre 2018, à l'adresse <https://www.sfp-apa.fr/assets/fichiers/blog/1146/R%C3%A9f%C3%A9rentiel%20M%C3%A9tier%20Enseignant%20en%20APA.pdf>
- Baron, B. (2014). *Perception de l'effort : applications dans les domaines de l'éducation physique, du sport et de la santé - Séminaire 2013-2014 (laboratoire C3S)*. Consulté à l'adresse <https://www.fredericgrappe.com/wp-content/uploads/2015/11/RPE-application-sport-livre-C3S.pdf>
- Berg A, Halle M, Franz I, et al. (1997). Physical activity and lipoprotein metabolism: epidemiological evidence and clinical trials. - Abstract - Europe PMC. Consulté 18 avril 2019, à l'adresse <https://europepmc.org/abstract/med/9182653>
- Bideau, B., Kulpa, R., Vignais, N., Brault, S., Multon, F., & Craig, C. (2010). Using Virtual Reality to Analyze Sports Performance. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 30(2), 14-21.
<https://doi.org/10.1109/MCG.2009.134>
- Bideau, Benoit, Multon, F., Kulpa, R., Fradet, L., Arnaldi, B., & Delamarche, P. (2004). Using virtual reality to analyze links between handball thrower kinematics and goalkeeper's reactions. *Neuroscience Letters*, 372(1), 119-122.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2004.09.023>

- Biswas, A., Oh, P. I., Faulkner, G. E., Bajaj, R. R., Silver, M. A., Mitchell, M. S., & Alter, D. A. (2015). Sedentary Time and Its Association With Risk for Disease Incidence, Mortality, and Hospitalization in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*, 162(2), 123. <https://doi.org/10.7326/M14-1651>
- Blair, S. N., Kampert, J. B., Kohl, H. W., Barlow, C. E., Macera, C. A., Paffenbarger, R. S., & Gibbons, L. W. (1996). Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *Jama*, 276(3), 205–210.
- Boiché, J., Gourlan, M., Trouilloud, D., & Sarrazin, P. (2019). Development and validation of the ‘Echelle de Motivation envers l’Activité Physique en contexte de Santé’: A motivation scale towards health-oriented physical activity in French. *Journal of Health Psychology*, 24(3), 386-396. <https://doi.org/10.1177/1359105316676626>
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
- Bouchard, C., Shephard, R., & Stephens, T. (1994). Physical activity, fitness, and health: International proceedings and consensus statement. In *Human Kinetics Publishers. International Consensus Symposium on Physical Activity, Fitness, and Health*.
- Boulanger, P., Pournajib, A., Mott, W., & Schaeffer, S. (2017). A Low-Cost Virtual Reality Bike for Remote Cardiac Rehabilitation. In J. Barbic, M. D’Cruz, M. E. Latoschik, M. Slater, & P. Bourdot (Éd.), *Virtual Reality and Augmented Reality* (Vol. 10700, p. 155-166). https://doi.org/10.1007/978-3-319-72323-5_10
- Brault, S., Bideau, B., Kulpa, R., & Craig, C. M. (2012). Detecting Deception in Movement: The Case of the Side-Step in Rugby. *PLOS ONE*, 7(6), e37494. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037494>
- Brenes G, Dearwater S, Shapera R, et al. (1986). High density lipoprotein cholesterol concentrations in physically active and sedentary spinal cord injured patients - Archives of

Physical Medicine and Rehabilitation. Consulté 18 avril 2019, à l'adresse

[https://www.archives-pmr.org/article/0003-9993\(86\)90256-X/fulltext](https://www.archives-pmr.org/article/0003-9993(86)90256-X/fulltext)

Cavanagh, P., Evans, J., Fiatarone, M., Hagberg, J., McAuley, E., & Startzell, J. (1998). *Medicine & Science in Sports & Exercise*® *Exercise and physical activity for older adults*. 30, 19.

Chen, C.-H., Jeng, M.-C., Fung, C.-P., Doong, J.-L., & Chuang, T.-Y. (2009). Psychological Benefits of Virtual Reality for Patients in Rehabilitation Therapy. *Journal of Sport Rehabilitation*, 18(2), 258-268. <https://doi.org/10.1123/jsr.18.2.258>

Chuang, T.-Y., Chen, C.-H., Chang, H.-A., Lee, H.-C., Chou, C.-L., & Doong, J.-L. (2003). Virtual Reality Serves as a Support Technology in Cardiopulmonary Exercise Testing. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12(3), 326-331.

<https://doi.org/10.1162/105474603765879567>

Chuang, T.-Y., Sung, W.-H., & Lin, C.-Y. (2005). Application of a Virtual Reality–Enhanced Exercise Protocol in Patients After Coronary Bypass. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(10), 1929-1932. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.05.003>

Corbetta, D., Imeri, F., & Gatti, R. (2015). Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 61(3), 117-124.

<https://doi.org/10.1016/j.jphys.2015.05.017>

Dagonneau, V., Maïano, C., Mercier, C.-S., & Mestre, D. R. (2009). *Virtual Reality and Physical Activity: Attentional and behavioral aspects*. 7.

Daly, J., Sindone, A. P., Thompson, D. R., Hancock, K., Chang, E., & Davidson, P. (2002). Barriers to Participation in and Adherence to Cardiac Rehabilitation Programs: A Critical Literature Review. *Progress in Cardiovascular Nursing*, 17(1), 8-17. <https://doi.org/10.1111/j.0889-7204.2002.00614.x>

- Deutsch, J. E., Myslinski, M., Ranky, R., Sivak, M., Mavroidis, C., & Lewis, J. A. (2012). Fitness improved for individuals post-stroke after virtual reality augmented cycling training. *Virtual Reality*, 7.
- Dishman, R. K. (1982). Compliance/adherence in health-related exercise. *Health Psychology*, 1(3), 237-267. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.1.3.237>
- Dourado, A. O., & Martin, C. A. (2013). New concept of dynamic flight simulator, Part I. *Aerospace Science and Technology*, 30(1), 79-82. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2013.07.005>
- Dunn, A. L., Trivedi, M. H., & O'Neal, H. A. (2001). *Physical activity dose-response effects on outcomes of depression and anxiety*. Consulté à l'adresse <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK68727/>
- Ekelund, U., Steene-Johannessen, J., Brown, W. J., Fagerland, M. W., Owen, N., Powell, K. E., ... Lee, I.-M. (2016). Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *The Lancet*, 388(10051), 1302-1310. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30370-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30370-1)
- Ekkekakis, P., Parfitt, G., & Petruzzello, S. J. (2011). The Pleasure and Displeasure People Feel When they Exercise at Different Intensities: Decennial Update and Progress towards a Tripartite Rationale for Exercise Intensity Prescription. *Sports Medicine*, 41(8), 641-671. <https://doi.org/10.2165/11590680-000000000-00000>
- Escalon, H., Bossard, C., Beck, F., & Bachelot-Narquin, R. (2009). *Baromètre santé nutrition 2008*. Saint-Denis.
- Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban), 2014-2016 / 2017 / Environnement et santé / Rapports et synthèses / Publications et outils / Accueil. (s. d.). Consulté 18 décembre 2018, à l'adresse <http://invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Rapports-et->

syntheses/Environnement-et-sante/2017/Etude-de-sante-sur-l-environnement-la-biosurveillance-l-activite-physique-et-la-nutrition-Esteban-2014-2016

- Farrow, M., Lutteroth, C., Rouse, P. C., & Bilzon, J. L. J. (2018). Virtual-reality exergaming improves performance during high-intensity interval training. *European Journal of Sport Science*, 1-9. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1542459>
- Fox, K. R. (1999). The influence of physical activity on mental well-being. *Public Health Nutrition*, 2(3a), 411-418. <https://doi.org/10.1017/S1368980099000567>
- Gandek, B., Ware, J. E., Aaronson, N. K., Apolone, G., Bjorner, J. B., Brazier, J. E., ... Sullivan, M. (1998). Cross-Validation of Item Selection and Scoring for the SF-12 Health Survey in Nine Countries: Results from the IQOLA Project. *Journal of Clinical Epidemiology*, 51(11), 1171-1178. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(98\)00109-7](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(98)00109-7)
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. *The Lancet Global Health*, 6(10), e1077-e1086. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7)
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., & Ekelund, U. (2012). Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *The Lancet*, 380(9838), 247-257. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60646-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60646-1)
- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., & Bauman, A. (2007). Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults From the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1081-1093. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185649>
- Helmrich, S. P., Ragland, D. R., & Paffenbarger, J. R. (1994). Prevention of non-insulin-dependent diabetes mellitus with physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 26(7), 824-830.

- Howard, M. C. (2017). A meta-analysis and systematic literature review of virtual reality rehabilitation programs. *Computers in Human Behavior*, 70, 317-327.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.013>
- Htut, T. Z. C., Hiengkaew, V., Jalayondeja, C., & Vongsirinavarat, M. (2018). Effects of physical, virtual reality-based, and brain exercise on physical, cognition, and preference in older persons: a randomized controlled trial. *European Review of Aging and Physical Activity*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s11556-018-0199-5>
- Hu, F. B., Willett, W. C., Li, T., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., & Manson, J. E. (2004). Adiposity as compared with physical activity in predicting mortality among women. *New England Journal of Medicine*, 351(26), 2694–2703.
- Inserm. (2008). Activité physique : contexte et effets sur la santé. Consulté 18 décembre 2018, à l'adresse <http://lara.inist.fr/bitstream/handle/2332/1447/?sequence=2>
- Knights, S., Graham, N., Switzer, L., Hernandez, H., Ye, Z., Findlay, B., ... Fehlings, D. (2016). An innovative cycling exergame to promote cardiovascular fitness in youth with cerebral palsy. *Developmental Neurorehabilitation*, 19(2), 135-140.
<https://doi.org/10.3109/17518423.2014.923056>
- Kyu, H. H., Bachman, V. F., Alexander, L. T., Mumford, J. E., Afshin, A., Estep, K., ... Forouzanfar, M. H. (2016). Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *BMJ*, 354, i3857.
<https://doi.org/10.1136/bmj.i3857>
- Ladeveze, N. (2010). *Apport des méthodes de planification automatique dans les simulations interactives d'industrialisation et de maintenance en réalité virtuelle.*
- Lang, P. O., Leprêtre, P.-M., Vogel, T., Lebreton, C., Bellanger, M., Rivière, D., ... Lonsdorfer, J. (2015). Programme d'entraînement personnalisé (PEP'C) aux seniors : qui a participé au projet pilote et pour quels bénéfices ?

/data/revues/16274830/unassign/S1627483015000926/. Consulté à l'adresse

<https://www.em-consulte.com/en/article/993908>

- Lynch, J., Helmrich, S. P., Lakka, T. A., Kaplan, G. A., Cohen, R. D., Salonen, R., & Salonen, J. T. (1996). Moderately intense physical activities and high levels of cardiorespiratory fitness reduce the risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in middle-aged men. *Archives of internal medicine*, *156*(12), 1307–1314.
- Maiorana, A., O'Driscoll, G., Taylor, R., & Green, D. (2003). Exercise and the Nitric Oxide Vasodilator System. *Sports Medicine*, *33*(14), 1013-1035. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333140-00001>
- Mestre, D. R., Dagonneau, V., & Mercier, C.-S. (2011). Does Virtual Reality Enhance Exercise Performance, Enjoyment, and Dissociation? An Exploratory Study on a Stationary Bike Apparatus. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *20*(1), 1-14. https://doi.org/10.1162/pres_a_00031
- Moore, S. C., Patel, A. V., Matthews, C. E., Gonzalez, A. B. de, Park, Y., Katki, H. A., ... Lee, I.-M. (2012). Leisure Time Physical Activity of Moderate to Vigorous Intensity and Mortality: A Large Pooled Cohort Analysis. *PLOS Medicine*, *9*(11), e1001335. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001335>
- Myers, J., Kaykha, A., George, S., Abella, J., Zaheer, N., Lear, S., ... Froelicher, V. (2004). Fitness versus physical activity patterns in predicting mortality in men. *The American journal of medicine*, *117*(12), 912–918.
- Neubeck, L., Freedman, S. B., Clark, A. M., Briffa, T., Bauman, A., & Redfern, J. (2012). Participating in cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-synthesis of qualitative data. *European Journal of Preventive Cardiology*, *19*(3), 494-503. <https://doi.org/10.1177/1741826711409326>

- Nigel, F., & Liliya, K. (2014). PAST AND FUTURE APPLICATIONS OF 3-D (VIRTUAL REALITY) TECHNOLOGY. *Journal Scientific and Technical Of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 94(6), 1-8.
- Nowlan, G. (2016). *THE PHYSIOLOGICAL AND PERCEPTUAL RESPONSES TO CYCLING EXERCISE IN A FULLY IMMERSIVE VIRTUAL ENVIRONMENT*. 68.
- O'Donovan, G., Blazeovich, A. J., Boreham, C., Cooper, A. R., Crank, H., Ekelund, U., ... Stamatakis, E. (2010). The ABC of Physical Activity for Health: A consensus statement from the British Association of Sport and Exercise Sciences. *Journal of Sports Sciences*, 28(6), 573-591. <https://doi.org/10.1080/02640411003671212>
- OMS. (2010). *Recommandations mondiales en matière d'activité physique pour la santé*.
- Pasco, D. (2013). The Potential of Using Virtual Reality Technology in Physical Activity Settings. *Quest*, 65(4), 429-441. <https://doi.org/10.1080/00336297.2013.795906>
- Penedo, F. J., & Dahn, J. R. (2005). Exercise and well-being: a review of mental and physical health benefits associated with physical activity. *Current Opinion in Psychiatry*, 18(2), 189.
- Penn, I.-W., Chuang, E., Chuang, T.-Y., & Yang, C.-Y. (2018). Effects of Virtual-Reality-Augmented Cardiopulmonary Rehabilitation Programs for Patients with Cardiovascular Diseases: A Systemic Review. *Neuropsychiatry*, 08(05). <https://doi.org/10.4172/Neuropsychiatry.1000499>
- Perrin, C., Ferron, C., Gueguen, R., & Deschamps, J.-P. (2002). Lifestyle patterns concerning sports and physical activity, and perceptions of health. *Sozial- Und Präventivmedizin*, 47(3), 162-171. <https://doi.org/10.1007/BF01591888>
- Plante, T. G., Aldridge, A., Bogden, R., & Hanelin, C. (2003). Might virtual reality promote the mood benefits of exercise? *Computers in Human Behavior*, 19(4), 495-509. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(02\)00074-2](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(02)00074-2)
- Prof Andrew J Carr, FMedSci, Otto Robertsson, MD, Prof Stephen Graves, FRACS, Prof Andrew J Price, FRCS, Prof Nigel K Arden, FRCP, Andrew Judge, PhD, & et al. (2012). *Knee*

replacement - *The Lancet*. Consulté à l'adresse

[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(11\)60752-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(11)60752-6/fulltext)

Riva, G., Baños, R. M., Botella, C., Mantovani, F., & Gaggioli, A. (2016). Transforming Experience: The Potential of Augmented Reality and Virtual Reality for Enhancing Personal and Clinical Change. *Frontiers in Psychiatry*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2016.00164>

Rouxel, Y. (2015). Prothèse de hanche. Consulté 20 avril 2019, à l'adresse

<http://www.docteurrouxel.com/prothese-hanche.html>

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, 67.

Santé publique France, Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques.

(2017). *L'état de santé de la population en France Rapport 2017*.

Seidell JC, Cigolini M, Deslypere JP, et al. (1991). Body Fat Distribution in Relation to Physical Activity and Smoking Habits in 38-year-old European Men | *American Journal of Epidemiology* | Oxford Academic. Consulté 18 avril 2019, à l'adresse

<https://academic.oup.com/aje/article-abstract/133/3/257/101690>

Shephard, R. J. (2012). 2011 Compendium of Physical Activities: A Second Update of Codes and MET Values. *Yearbook of Sports Medicine*, 2012, 126-127.

<https://doi.org/10.1016/j.yspm.2011.08.057>

Taylor, C. B., Sallis, J. F., & Needle, R. (1985). The relation of physical activity and exercise to mental health. *Public Health Reports*, 100(2), 195-202.

Tirrell, B. E., & Hart, L. K. (1980). The relationship of health beliefs and knowledge to exercise compliance in patients after coronary bypass. *Heart & Lung: The Journal of Critical Care*, 9(3), 487-493.

Tremblay, M. S., Colley, R. C., Saunders, T. J., Healy, G. N., & Owen, N. (2010). Physiological and health implications of a sedentary lifestyle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(6), 725-740. <https://doi.org/10.1139/H10-079>

- Tuomilehto, J., Lindström, J., Eriksson, J. G., Valle, T. T., Hämäläinen, H., Ilanne-Parikka, P., ... Rastas, M. (2001). Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *New England Journal of Medicine*, 344(18), 1343–1350.
- Warburton, D. E., Gledhill, N., & Quinney, A. (2001). The effects of changes in musculoskeletal fitness on health. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(2), 161–216.
- Ware, J. E., Kosinski, M., & Keller, S. D. (1996). A 12-Item Short-Form Health Survey: Construction of Scales and Preliminary Tests of Reliability and Validity. *Medical Care*, 34(3), 220-233. Consulté à l'adresse JSTOR.
- Wen, C. P., Wai, J. P. M., Tsai, M. K., Yang, Y. C., Cheng, T. Y. D., Lee, M.-C., ... Wu, X. (2011). *Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study*. 10.
- World Health Organization. (2002). *The World Health Report 2002: Reducing Risks, Promoting Healthy Life*. World Health Organization.

VIII. Webographie

https://www.lemonde.fr/sante/article/2017/05/31/sante-forte-hausse-du-nombre-de-malades-necessitant-des-traitements-de-longue-duree-en-france-d-ici-2020_5136420_1651302.html

<http://tulrich.com/tectrixvr/>

<https://www.realite-virtuelle.com/widerun-la-premiere-experience-cycliste-en-vr-100-immersive>

<https://www.e3expo.com/>

<https://www.realite-virtuelle.com/difference-realite-augmentee-virtuelle>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Exergaming>)

<https://www.medimex.fr/contrex-by-physiomed.html>

<https://www.ergo-fit.de/en/cardiowise/workout-management/>

<https://sport-ordonnance.fr/>

<https://www.acobj.fr/260-casque-realite-virtuelle-vr-case-rk5.html>

<https://www.samsung.com/us/mobile/phones/galaxy-s/samsung-galaxy-s6-64gb-at-t-white-pearl-sm-g920azweatt/>

https://www.youtube.com/channel/UCmI0gvUMI5FJGIVU5zBZ5TQ?sub_confirmation=1

<https://www.sfp-apa.fr/assets/fichiers/blog/346/questionnaire%20SFPAPA%201.pdf>

X. Table des illustrations et tableaux

Figures :

Figure 1 « Boucle Perception, Décision, Action » : schéma issu du *Traité de la Réalité Virtuelle* (« Le traité de la réalité virtuelle volume 1 – L’Homme et l’environnement virtuel - Presses des Mines », s. d.).....p 31

Figure 2 : Boucle de “Perception, Décision, Action” situant les trois grandes problématiques de la RV : “L’analyse et la modélisation de l’activité humaine en environnement réel et en environnement virtuel” (en bleu, à gauche et à droite), “l’analyse et modélisation de l’interfaçage du sujet pour l’immersion et l’interaction dans l’environnement virtuel” (en orange, au milieu) et “la modélisation et réalisation de l’environnement virtuel” (en vert, à droite) (Ladeveze, 2010).....p 31

Figure 3 : Fonctionnement système RV.....p 31

Figure 4 : Répartition des différentes pathologies dans l’échantillon.....p 38

Figure 5 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Puissance maximale obtenue en watts à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1.....p 43

Figure 6 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Puissance maximale obtenue en watts à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1.....p 44

Figure 7 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Perception d’effort (PE) à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1.. p 45

Figure 8 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Plaisir ressenti (PR) à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1p 46

Figure 9 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Vo2 max à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1p 47

Figure 10 : Résultats de la comparaison inter-groupe selon la variable Vo2 max à t1 (A) et à t2 (B), illustrés par des box plot. Groupe contrôle = 0 et groupe expérimental = 1p 47

Figure 11 : Résultats de la comparaison intra-groupe selon la variable Perception d’effort (PE) dans les deux conditions à savoir avec RV et sans RV, illustrés par des box plot.p 48

Figure 12 : Résultats de la comparaison intra-groupe selon la variable Plaisir ressenti (PR) dans les deux conditions à savoir avec RV et sans RV, illustrés par des box plot.p 48

Figure 13 : Résultats de la comparaison intra-groupe selon les variables Plaisir ressenti (PR) A et Perception d'effort (PE) B à t1 et à t2, illustrés par des box plot.p 49

Figure 14 : Comparaison inter-groupes de l'évolution en termes de puissance maximale (watts) obtenue au cours de l'étude illustrés par graphiques.p 58

Figure 15 : Comparaison de l'évolution en termes de puissance maximale (watts) obtenue par les nouveaux patients A et ceux ayant déjà réalisé des protocoles au sein de la structure B chez les deux groupes (Représentation du tableau 7).p 58

Figure 16 : Comparaison de l'évolution en termes de Vo2 max obtenue par les nouveaux patients dans les deux groupes.p 58

Tableaux :

Tableau 1 : Echelle de Borg modifiée.....p 35

Tableau 2 : Echelle du plaisir modifiée.....p 35

Tableau 3 : a) Analyse descriptive des groupes
b) Répartition femmes-hommes dans l'étudep 38

Tableau 4 : Descriptif des caractéristiques des sujets par groupe.....p 39

Tableau 5 : Comparaisons des deux groupes selon les variables perception d'effort (PE) et plaisir ressenti (PR) à t1.....p 39


Tableau 6 : Descriptif et comparaison des caractéristiques des sujets par groupe selon les variables niveau d'AP, motivation et qualité de vie issus des questionnaires.....p 40

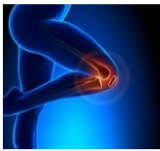
Tableau 7 : Comparaison de l'évolution en termes de puissance maximale (watts) obtenue par les nouveaux patients A et ceux ayant déjà réalisé des protocoles au sein de la structure B chez les deux groupes.....p 57

Tableau 8 : Comparaison intra-groupe selon les variables PE et PR avec la RV au début du protocole (t1) puis à la fin (t2) sans RV.p 59

IX. Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif principales pathologies rencontrées au sein de la structure.

Articulation	Pathologie	Chirurgie	Complications ou pertes post-chirurgicales	Bénéfices liés au reconditionnement ou rééducation fonctionnelle	Freins ou limites rencontrées
 <p>Hanche : articulation située entre l'os du bassin (ou os coxal) et le fémur. La <i>coxarthrose</i> ou <i>arthrose de la hanche</i> est la principale pathologie rencontrée mais les douleurs peuvent aussi être en rapport avec un <i>conflit</i> entre le fémur et le bassin ou encore à une <i>tendinopathie</i> (pathologie du tendon) des nombreux muscles entourant cette articulation.</p>	<p>-Arthrose : une usure du cartilage qui revêt normalement les surfaces osseuses et qui permet le glissement de ces surfaces lors des mouvements. Cette usure du cartilage va provoquer une augmentation des pressions sur l'os sous-jacent.</p> <p>- conflit de hanche : représenté par un contact excessif entre le col du fémur et le bord du cotyle.</p> <p>-tendinopathie psoas, moyen fessier ou ischio-jambiers</p> <p>-pubalgie : syndrome douloureux de la région inguinale et pubienne.</p> <p>-lésion musculaire</p> <p>-ressaut de hanche : dus au passage brutal d'un tendon sur un relief osseux de la hanche (3 types : le ressaut intra articulaire, le ressaut du psoas ou du fascia lata</p> <p>-syndrome du piriforme : douleur chronique de la fesse accompagnée d'une sciatalgie</p>	<p>-prothèse : sous l'action conjuguée du vieillissement et des contraintes articulaires (poids, hyper utilisation) ces surfaces s'usent et on voit apparaître une altération progressive du cartilage entraînant des douleurs au niveau de la hanche et du membre inférieur ainsi qu'un enraidissement et une boiterie à la marche. L'usure du cartilage étant irréversible et l'arthrose ne guérissant pas spontanément, aussi le traitement médical ne faisant plus effet, un remplacement prothétique de l'articulation endommagée est donc nécessaire.</p> <p>La mise en place d'une prothèse totale de hanche à pour but d'enlever chirurgicalement les zones articulaires endommagées, douloureuses et de les remplacer par des implants prothétiques au niveau de la tête fémorale et au niveau du cotyle (partie articulaire du bassin).</p> <p>Cette intervention se pratique par une incision courte (8 à 10 cm) située à la partie postéro-externe de la région fessière. La tête fémorale et son col ainsi que le cotyle sont sectionnés très précisément selon la planification radiologique pré-opératoire.</p>	<p>infection de la zone opératoire</p> <p>- formation et la migration d'un caillot sanguin : Phlébite, embolie pulmonaire d'où la nécessité d'un traitement anticoagulant jusqu'à la reprise d'un appui complet (en général 1 mois)</p> <p>- luxation ou le déplacement des implants prothétiques</p> <p>- différence de longueur des membres inférieurs (port de semelles)</p> <p>- calcifications dans la capsule ou dans les muscles de voisinage peuvent être responsables d'une diminution de la mobilité post-opératoire</p> <p>-fonte musculaire due à la réduction des activités en raison des douleurs et raideurs pré-intervention chirurgicale</p> <p>-troubles de la sensibilité</p> <p>-blessure d'une veine, artère</p>	<p>-stimuler la circulation sanguine et les muscles autour du genou, de la cheville et de la hanche du côté opéré</p> <p>-optimiser les capacités ventilatoires</p> <p>- Votre mobilité, votre puissance musculaire et votre démarche devraient se normaliser après quelques mois.</p> <p>- augmenter votre force musculaire et à diminuer les raideurs, afin de prévenir la formation de caillots sanguins, les infections pulmonaires et par la même accélérer la récupération.</p> <p>- restauration des capacités antérieures du patient, la prévention des luxations de la prothèse et la prévention des chutes par apprentissages des exercices et ETP, en particulier chez les personnes âgées (HAS, 2001)</p> <p>- en plus d'améliorer les bénéfices fonctionnels des patients après réalisation d'une chirurgie prothétique de la hanche, la rééducation permettrait de diminuer le coût total d'hospitalisation de ces patients en autorisant une sortie plus précoce de l'univers hospitalier (diminution de la durée de séjour hospitalier et diminution du coût total (Freburger, 2000)</p> <p>A savoir : la PTH ne nécessite pas systématiquement de séjour en centre de rééducation après le séjour hospitalier, seulement chez les personnes dépendantes ou ayant une raideur et/ou amyotrophie inhabituelle</p>	<p>- Le principal bénéfice à attendre est la suppression des douleurs et une amélioration de la mobilité de l'articulation permettant l'augmentation du périmètre de marche. Pour nombre de patients (95 %), ces chiffres témoignent de la transformation d'une douleur jugée permanente ou importante en une douleur nulle ou modérée voire occasionnelle.</p> <p>Pour ces patients, la mobilité de la hanche est complète, la marche se fait sans canne. Chez certains patients, le résultat est encore meilleur, autorisant une marche illimitée et une activité sportive légère</p> <p>- Beaucoup de patients présentent après l'intervention une faiblesse musculaire (principalement au niveau des fessiers). Celle-ci est liée à l'intervention mais aussi au fait qu'une articulation détruite et douloureuse voit sa musculature s'affaiblir avec le temps. La récupération se fait en plusieurs mois et finalement, il ne faut pas juger le résultat final avant 6 mois.</p> <p>-raideur : une hanche opérée doit avoir des progrès de rééducation « linéaire » dans le temps. La flexion doit atteindre 90° en actif au bout d'un mois, plus généralement avant. Les autres secteurs d'amplitude se récupèrent progressivement afin de ne pas risquer une luxation. Il persiste souvent un léger déficit sans aucune traduction clinique</p> <p>- Calcifications dans la capsule et dans les muscles de voisinage : elles sont la conséquence possible quoique rare de la préparation osseuse durant l'implantation de la prothèse : elles peuvent dans certains cas être responsables d'une diminution de la mobilité post-opératoire, voire même imposer une arthrolyse (libération chirurgicale de l'articulation)</p> <p>- Douleurs résiduelles : Le plus souvent, elles sont résolutive en quelques mois. Elles peuvent durer parfois plus longtemps comme dans le cas des algodystrophies.. Ces douleurs doivent faire rechercher une infection ou un problème mécanique. Un contrôle radiologique, un bilan biologique s'imposent alors. Si le doute persiste, une ponction articulaire à visée bactériologique sera réalisée en milieu chirurgical. Ces douleurs nécessitent exceptionnellement une réintervention (cas d'une pose incorrecte ou d'une infection à bas bruit). La plupart du temps, on s'orientera vers des douleurs musculaires (réinsertions musculaires, fessiers), des douleurs d'origine tendineuse (tendon du psoas, des adducteurs) ou vers des douleurs d'origine osseuse (à la cuisse en cas de prothèse sans ciment).</p> <p>- Descellement (que la prothèse ait été posée avec ou sans ciment) : sans cause apparente ou parfois en cas de surcharge pondérale ou de sur utilisation de la prothèse (c'est pourquoi on la réserve plutôt aux sujets âgés). Ce descellement peut conduire à un remplacement de la prothèse avant le délai prévu initialement : on parle de descellement aseptique qui va s'accompagner d'une résorption de l'os au contact des implants et donc à terme d'une perte du support osseux, obligeant à ré-intervenir afin de limiter cette destruction osseuse. Le descellement peut aussi être la conséquence d'une infection qu'il va falloir dépister par des examens biologiques, éventuellement une scintigraphie et si le doute persiste par une ponction de hanche pour déterminer le germe. Le germe en cause est dans 60% des cas le staphylocoque doré, dans 20% des cas le streptocoque, dans 10% des cas un gram négatif; dans les 10% restant, le germe n'est jamais retrouvé. Ce descellement septique impose une révision chirurgicale, une antibiothérapie prolongée et une repose de prothèse en un ou deux temps</p> <p>- Usure de la prothèse : cette usure se produit toujours bien qu'elle soit difficile à mesurer. Statistiquement, la durée de vie espérée est de 15 à 20 ans. Elle est parfois réduite, rendant nécessaire le changement de la prothèse. Cela témoigne de la fiabilité actuelle même si ces chiffres sont très variables d'un patient à l'autre et sont influencés par le type de prothèse utilisé. A un stade avancé, une reprise chirurgicale est souvent indiquée. Celle-ci est très variable</p> <p>- Les autres complications mécaniques sont représentées par les fractures autour de la prothèse et par les ruptures d'implants qui peuvent survenir soit spontanément soit à la suite d'une chute. Le plus souvent, cela nécessitera le changement de la prothèse.</p>



Genou : articulation très sollicitée par sa position entre la hanche et la cheville. Le fémur étant arrondi à son extrémité et le tibia étant plat en regard, la stabilité est assurée par les ligaments du pivot central, les ligaments collatéraux mais aussi par les deux ménisques. Le cartilage quant à lui recouvre l'os pour favoriser le glissement. Enfin, la rotule (ou « patella ») sert d'intermédiaire entre le tendon du quadriceps et le tendon rotulien (ou « patellaire »). Tous ces éléments peuvent être concernés à la suite d'un traumatisme ou d'une usure (arthrose par exemple).

-arthrose
-lésions du ligament latéral interne (L.L.I.) et externe (L.L.E.): les premières sont souvent des entorses bénignes, tandis que les autres, plus rares, mais de moins bon pronostic de par leur faible capacité de cicatrisation.
-rupture du ligament croisé postérieur (L.C.P.): stabilisateur, en particulier lors des mouvements de pivot et de décélération.
-lésions méniscales: Les deux ménisques (interne et externe) sont des fibro-cartilages situés entre le fémur et le tibia et ont de nombreux rôles: absorption des chocs, répartition des contraintes, stabilisation du genou ou encore nutrition du cartilage. Suite à leur usure ou à un traumatisme, des symptômes à type de douleur, blocage ou accrochage peuvent apparaître.
-syndrome fémoro-patellaire: Les douleurs situées sur l'avant du genou augmentées lors de la station assise ou lors de la montée-descente des escaliers peuvent être liées à un problème entre le fémur et la rotule.
-tendinopathie rotulienne / patte d'oie / fascia lata: Le tendon rotulien est situé entre la rotule et le tibia et subi de fortes contraintes en particulier lors des mouvements de flexion-extension répétés ou de certaines pratiques sportives, notamment chez le basketteur (connue sous le nom de Jumper knee), faisant ainsi apparaître des douleurs situées sous la rotule causée par la lésion de ce tendon. / La patte d'oie correspond au regroupement de trois tendons: Le sartorius, le semi-tendineux et le gracille. Les sports prédisposant son l'athlétisme (haies, sauts), cyclisme, football et danse entre autres. Il s'agit d'une gêne fonctionnelle à l'effort avec apparition d'une douleur du compartiment interne du genou. Le plus souvent la cause est mécanique avec laxité et mauvaise posture (valgus,varus), matériel mal adapté, chaussures usées et sol dur. Le traitement est avant tout médical. / La tendinopathie du fascia lama (TFL) ou syndrome de l'essuie glace est bien connu des coureurs à pied. C'est une douleur du compartiment externe du genou, déclenchée par la course à pied, la descente des escaliers le plus souvent. La pathologie est causée par la friction de la bandelette ilio-tibiale sur le tubercule du condyle externe du genou à chaque flexion-extension du genou. Ce syndrome est lié à la répétition des mouvements de flexion-extension pendant un effort de course prolongé.
-entorse du genou: atteinte d'un ou de plusieurs ligaments survenant à la suite d'un traumatisme. Les ligaments du genou contribuent à la stabilité de l'articulation et sont au nombre de quatre. Deux ligaments latéraux, le LLI (ligament latéral interne) et le LLE (ligament latéral externe), et les deux ligaments croisés qui sont appelés LCA (ligament croisé antérieur) et LCP (ligament croisé postérieur).

-prothèse totale de genou (P.T.G.): la mise en place de la prothèse se fait par une incision située sur la partie antérieure du genou et consiste à remplacer les surfaces usées du tibia, du fémur et parfois de la rotule, par des pièces en alliage métallique et polyéthylène pour permettre une reprise des activités.
- prothèse uni-compartimentale du genou (P.U.C.): Le plus souvent il s'agit de remplacer un des deux compartiments entre le fémur et le tibia mais le remplacement de l'articulation entre le fémur et la rotule est également possible.
-ostéotomie: consiste à ré-axer le membre inférieur par une chirurgie au niveau du tibia ou de fémur. La cicatrice est située sur la partie interne ou externe du genou et la modification de l'axe est maintenue par une plaque au contact de l'os.
-synovectomie: La synoviale est la membrane qui entoure l'articulation est qui contient le liquide articulaire. Cette synoviale peut devenir pathologique, douloureuse ou trop importante. Le traitement est alors principalement médical mais une chirurgie peut parfois permettre de retirer la synoviale pathologique ou la réalisation de prélèvements pour analyse. Suivant la localisation et les compartiments concernés, cette chirurgie peut se faire soit par des incisions classiques, soit par arthroscopie.
-ponction ou infiltration: l'infiltration est une technique utilisée pour injecter un liquide dans l'organisme dans un tissu ou dans une articulation. En cas d'usure du cartilage ou de lésion méniscale, il est possible de réaliser une infiltration d'acide hyaluronique. Ce geste s'appelle la viscosupplémentation. Dernièrement, une nouvelle technique émerge, elle consiste à prélever les plaquettes du patient (facteur de la coagulation lorsqu'on se coupe) puis à les réinjecter dans l'articulation afin de faire une cicatrice fibreuse sur la lésion cartilagineuse.

- altération de l'état général ;
•fièvre ;
•anémie sévère ;
•problème thrombo-embolique pouvant retentir sur la rééducation ;
•décompensation d'une comorbidité ;
•troubles de la cicatrisation. »
- Hématome
- roubles de la sensibilité par atteinte des petits nerfs sensitifs sous-cutanés
- Blessure d'une veine, d'une artère
- Infection superficielle ou profonde
- Complication thromboembolique (phlébite et/ou embolie pulmonaire).

- Il est recommandé que le médecin traitant prescrive 10 séances de kinésithérapie préopératoire, afin d'établir un premier contact et de débiter un traitement préparatoire. La kinésithérapie préopératoire vise surtout à :
•optimiser le secteur d'amplitude articulaire ;
•renforcer les muscles du membre inférieur ;
•éduquer le patient aux exercices, transferts, types de marches, montée/descente d'escalier avec cannes du postopératoire ;
•optimiser les capacités ventilatoires ;
•informer le patient sur le déroulement de la phase postopératoire (pansement, drains, possibilités fonctionnelles, actions thérapeutiques, etc.). » (HAS, 2008)
- Le principal bénéfice à attendre est la suppression des douleurs et une amélioration de la mobilité de l'articulation permettant l'augmentation du périmètre de marche.
Pour nombre de patients (75 %), ces chiffres témoignent de la transformation d'une douleur jugée permanente ou importante en une douleur nulle ou modérée voire occasionnelle.
Pour ces patients, la mobilité moyenne en flexion du genou est de 110°, la marche se fait sans canne, la montée des escaliers est pratiquement normale (la descente nécessite toutefois le recours fréquent à une rampe), le périmètre de marche est de l'ordre de trois kilomètres. Chez certains patients, le résultat est encore meilleur, autorisant une marche illimitée et une activité sportive légère ou la reprise d'une activité professionnelle.

- Beaucoup de patients présentent après l'intervention une faiblesse musculaire (principalement au niveau du quadriceps). Celle-ci est liée à l'intervention mais aussi au fait qu'une articulation détruite et douloureuse voit sa musculature s'affaiblir avec le temps. La récupération se fait en plusieurs mois et finalement, il ne faut pas juger le résultat final avant 6 mois
-raideur: un genou opéré doit avoir des progrès de rééducation « linéaire » dans le temps. La flexion doit atteindre 90° en actif au bout de 10 jours, plus généralement avant. Pour éviter la formation d'adhérences qui bloquent le genou, une mobilisation manuelle en force sous une courte anesthésie pourra être proposée si ce résultat n'est pas obtenu à 3 semaines. Plus tardivement, une libération de l'articulation (arthrolyse) sera nécessaire.
- Douleurs résiduelles: Le plus souvent, elles sont résolutive en quelques mois. Elles peuvent durer parfois plus longtemps comme dans le cas des algodystrophies.. Ces douleurs doivent faire rechercher une infection ou un problème mécanique. Un contrôle radiologique, un bilan biologique s'imposent alors. Si le doute persiste, une ponction articulaire à visée bactériologique sera réalisée en milieu chirurgical. Ces douleurs nécessitent exceptionnellement une réintervention (cas d'une pose incorrecte ou d'une infection à bas bruit).
Laxité résiduelle (souvent interne): fonction des compromis faits sur le plan ligamentaire et du type de contrainte de la prothèse utilisée. Elle est parfois gênante (sensation d'instabilité).
Descellement (que la prothèse ait été posée avec ou sans ciment): sans cause apparente ou parfois en cas de surcharge pondérale ou de sur utilisation de la prothèse (c'est pourquoi on la réserve plutôt aux sujets âgés). Ce descellement peut conduire à un remplacement de la prothèse avant le délai prévu initialement.
Usure de la prothèse: cette usure se produit toujours bien qu'elle soit difficile à mesurer. Statistiquement, la durée de vie espérée est de 15 à 20 ans. Elle est parfois réduite, rendant nécessaire le changement de la prothèse. Cela témoigne de la fiabilité actuelle des prothèses du genou même si ces chiffres sont très variables d'un patient à l'autre et sont influencés par le type de prothèse utilisé (degré de contrainte +++). A un stade avancé, une reprise chirurgicale est souvent indiquée. Celle-ci est très variable (changement d'un insert en polyéthylène, changement d'une PUC pour une PTG, reprise d'une PTG par une autre...)
Les autres complications mécaniques sont représentées par les fractures autour de la prothèse et par les ruptures d'implants qui peuvent survenir soit spontanément soit à la suite d'une chute. Le plus souvent, cela nécessitera le changement de la prothèse.

<p>Cancer : signifie la présence de cellules anormales qui se multiplient de façon incontrôlée.</p>	<p>-Sein : Dans le cas du cancer du sein, les cellules peuvent rester dans le sein ou se répandre dans le corps par les vaisseaux sanguins ou lymphatiques. Il existe divers types de cancers catégorisés selon le caractère invasif ou non évoluant de façon différente. On connaît plusieurs facteurs de risque du cancer du sein. Cependant, dans la plupart des cas, il est impossible d'expliquer les raisons de son apparition chez une personne en particulier. Des mutations sur des gènes, transmises d'une génération à l'autre ou bien acquises au cours de la vie (l'exposition à des radiations ou à certains produits chimiques toxiques, par exemple, peut modifier les gènes), peuvent causer un cancer du sein. Les gènes BRCA1 et BRCA2, par exemple, sont des gènes de susceptibilité aux cancers du sein et de l'ovaire. Les femmes qui portent des mutations de ces gènes ont un très haut risque de cancer.</p>	<p>La chirurgie est le plus souvent réalisée en premier et peut être suivie d'une chimiothérapie et/ou d'une radiothérapie et/ou d'une hormonothérapie. Elle a pour objectif d'enlever les tissus atteints par les cellules cancéreuses. Elle est parfois précédée d'un traitement médical, dit alors « néoadjuvant » (une chimiothérapie ou une hormonothérapie) qui peut permettre de réduire la taille de la tumeur afin de faciliter l'intervention. Deux types d'interventions chirurgicales peuvent être pratiqués : une chirurgie mammaire conservatrice, appelée tumorectomie ou segmentectomie ou une chirurgie mammaire non conservatrice, appelée mastectomie. La chirurgie conservatrice (ou tumorectomie ou segmentectomie) consiste à retirer la tumeur et une petite quantité des tissus qui l'entourent de façon à conserver la plus grande partie de votre sein. Elle est privilégiée aussi souvent que possible. Elle est toujours complétée d'une radiothérapie. La chirurgie non conservatrice (ou mastectomie) consiste à retirer la totalité du sein y compris l'aréole et le mamelon. Dans ce cas, différentes techniques de reconstruction du sein peuvent être proposées.</p>	<p>-troubles trophiques, posturaux, musculo-articulaires, vasculaires, sensitivo-moteurs - brides rétractiles - l'épaule gelée ou capsulite rétractile -lymphœdème</p>	<p>-diminution du risque de cancer du sein (WCRF, 2010) -amélioration symptomatique pendant les traitements adjuvants, chimiothérapie et/ou radiothérapie (ACSM, 2010; Carayol, 2013): -Capacité aérobie, Force musculaire -Poids, Composition corporelle (masse grasse/maigre) -Fatigue, Qualité-de-vie, Anxiété, Dépression -La prescription de doses modérées (~ 90 à 120 min/sem d'AP modérée) est préconisée car associée à une amélioration de la fatigue et de la qualité-de-vie -Douleurs articulaires : amélioration de la compliance (IRWIN SA 2013) après les traitements adjuvants (ACSM, 2010; Cramp, 2012; Mishra, 2012; Brown, 2012): -Force musculaire, Souplesse -Poids, Composition corporelle (masse grasse/maigre) -Fatigue, Qualité-de-vie (dimensions physique et sociale) -Anxiété, Dépression, Image du corps Toutes périodes confondues (ACSM, 2010; Fong, 2012) :Innocuité de l'AP, Diminution des IGF-1 - Amélioration de la survie : AP pratiquée avant le diagnostic:(Enger, 2004; Irwin, 2008; Abrahamson, 2006; Ibrahim, 2011)Pas d'effet sur la mortalité liée au cancer du sein, diminution de la mortalité générale de 16% [95%IC: 1; 33] AP après le diagnostic: (Holmes, 2005; Holick, 2008;Irwin, 2008; Sternfeld, 2009; Ibrahim, 2011 ; Ballard-Barbash, 2012) diminution de la rechute de cancer du sein de 24% [95%IC: 13; 34], diminution de la mortalité liée au cancer du sein de 33% [95%IC: 23; 43], diminution de la mortalité générale de 41% [95%IC: 35; 47], meilleur bénéfice chez les patientes avec IMC > 25 ou récepteurs aux œstrogènes positifs (ER+) L'AP limite la croissance tumorale et limite les effets secondaires liés à la maladie et à ses traitements. -amélioration des capacités cardio-respiratoires : amélioration de VO2 pic couramment observée varie de 8 à 12% des valeurs initiales pour des programmes d'AP de 6 à 8 semaines. - renforcement musculaire : amélioration de 30% de la force développée par les groupes musculaires sollicités -amélioration composition corporelle : réduction de la masse grasse, du poids corporel et de l'indice de masse corporelle et un maintien voire une augmentation de la masse musculaire par l'AP. -modification du métabolisme : d'une façon générale et indépendamment des variations de masse grasse, l'AP régulière contribue à minorer les risques de dysmétabolisme qui favorisent le développement tumoral; ces effets sont principalement expliqués par une amélioration de la sensibilité à l'insuline du tissu musculaire, un meilleur contrôle de la glycémie et une amélioration de l'oxydation des acides gras. Les études menées auprès de patients atteints de cancer montrent que la pratique d'AP après les traitements permet d'améliorer la sensibilité à l'insuline et d'augmenter les concentrations plasmatiques d'IGFBP-3, protéine de liaison de l'IGF-1 (insulin-like growth factor). L'augmentation de la capacité de liaison de l'IGF-1 réduit la disponibilité de sa forme libre biologiquement active, ce qui favorise l'induction de l'apoptose et l'inhibition de la croissance cellulaire. Plusieurs études montrent un effet de l'AP sur l'immunité par le biais d'un accroissement de l'activité des cellules <i>Natural Killer</i> et/ou par la prolifération des lymphocytes T. De plus, certaines études montrent que l'AP modérée oriente l'immunité vers un statut anti-inflammatoire. Il n'existe pas aujourd'hui de preuve de causalité entre immuno-stimulation secondaire liée à l'AP et un impact clinique chez les patients traités pour un cancer</p>	<p>Les freins liés à la patiente : l'état de santé (Ness, 2006)•L'état clinique : douleur, limitations articulaires, lymphœdème, mastectomie •L'état fonctionnel : difficultés dans les mouvements de la vie quotidienne•L'état général : fatigue, variation de poids, l'état psychologique : dépression, anxiété, image de soi, la peur ou appréhension : des mouvements ou exercices Les freins culturels : à la pratique d'une activité physique, absence d'envie. Les freins pratiques : manque d'information, absence de lieu de pratique, accessibilité, conditions de pratique, coût (Blaney, 2011 et Ottenbacher, 2011) Les freins liés à l'entourage : la peur, les fausses croyances (maladie et fatigue = repos), la surprotection ou l'isolement Les freins liés au corps médical : la peur : fausses croyances et craintes médico-légales : maladie et fatigue = repos ; pas de bénéfice de l'AP et risques de complications loco-régionales•L'état clinique : la fragilité, la douleur, l'état cutané, le risque de lymphœdème -réduction des capacités cardio-respiratoires et musculaires (déconditionnement) induit par le processus néoplasique, la chirurgie, la radiothérapie, et les traitements médicaux. -comorbidités (pathologies cardiovasculaires, respiratoires, dépression) -limitations liées à l'âge -effets secondaires des traitements -fatigue -douleurs -anxiété et perte de confiance en ses capacités</p>
--	---	---	--	---	--

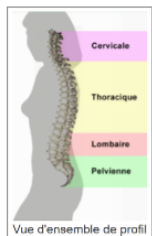
<p>Lymphome / myélome</p>	<p>Le lymphome est la plus fréquente des hémopathies (maladies du sang et du système lymphatique). Il s'agit d'un cancer du système lymphatique (principal élément du système immunitaire de l'organisme) qui se développe quand une erreur survient au niveau de la fabrication des lymphocytes (cellules de la famille des globules blancs), conduisant à la production de cellules anormales. Celles-ci peuvent proliférer de deux manières : en se divisant plus vite et/ou en vivant plus longtemps que les lymphocytes normaux. Les lymphocytes cancéreux, comme les lymphocytes sains, peuvent se développer dans divers endroits de l'organisme, notamment dans les organes du système lymphatique comme les ganglions lymphatiques, la rate, la moelle osseuse mais aussi dans tous les autres organes.</p> <p>Il existe deux types principaux de cancers du système lymphatique :</p> <ul style="list-style-type: none"> -le lymphome hodgkinien ou lymphome de Hodgkin (LH) -les lymphomes non hodgkiniens (LNH). <hr/> <p>Le myélome est un type de cancer hématologique qui touche la moelle osseuse hématopoïétique contenue dans les os et qui est chargée de fabriquer les différents types de cellules sanguines.</p> <p>Il est dû à la prolifération monoclonale de cellules plasmocytaires dérivées de lymphocyte « B », un type de globules blancs produit dans la moelle osseuse.</p> <p>Dans les cancers plasmocytaires, ces plasmocytes sont produits en trop grand nombre et sont incapables d'effectuer leur travail. Ces cellules prennent également la place des cellules sanguines normales (globules rouges, autres globules blancs, plaquettes).</p> <p>La diminution des cellules sanguines normales ainsi que l'accumulation des cellules anormales plasmocytaires en véritable tumeur intra-osseuse sont à l'origine des symptômes de la maladie.</p> <p>De plus, la production d'anticorps en trop grand nombre par ces cellules engendre une détérioration des reins et un sang moins fluide. Il existe différents types de myélome entraînant chacun des complications différentes.</p>			<ul style="list-style-type: none"> - une AP combinant exercices de renforcement musculaire et de type aérobie permet d'augmenter la masse musculaire, par comparaison à une prise en charge sans AP (Battaglini, 2007 ; Coleman, 2003 ; Speck, 2010) - amélioration de la qualité de vie globale acquise par une pratique d'AP de faible intensité (Buffart, 2012) - les programmes d'AP combinée (endurance + renforcement musculaire) qui sont les plus efficaces sur le gain de masse musculaire et la diminution de la masse grasse - la pratique régulière d'une AP à raison de 30 à 45 minutes par séance, en moyenne de 3 à 5 fois par semaine, permet de réduire l'anxiété pendant les traitements (Speck, 2010) surtout les AP de type yoga (Buffart, 2012) - Les études préliminaires non contrôlées à petits effectifs basées sur les exercices aérobies d'endurance plus ou moins associés aux exercices de renforcement musculaire, au cours ou au décours des traitements, ont démontré une amélioration de la performance physique et une diminution de la fatigue, et une amélioration de la qualité de vie et des paramètres psychologiques (Diméo, 2003 ; Wilson, 2005) - l'une des études les plus solides porte sur 122 patients atteints de lymphome hodgkinien et non hodgkinien analysés en deux groupes, exercices supervisés ou soins usuels. Les résultats de cette étude démontrent une tendance non significative pour une amélioration de la performance physique, la fatigue, la dépression et la qualité de vie chez les patients soumis trois fois par semaine pendant trois mois à un programme d'exercice aérobie d'intensité croissante (Courneya, 2009) -moins de récidence et plus de survie par l'AP (American Society of Hematology) 	<ul style="list-style-type: none"> - fatigue chronique : La prévalence de la fatigue persistante à long terme est ainsi retrouvée, jusqu'à dix ans du diagnostic, chez 61 % des patients d'une cohorte de 824 patients traités pour un lymphome non hodgkinien, dont 44 % de fatigue sévère ou modérément sévère (Oerlemans, 2013) - douleur -fatigue -effets indésirables - manque de motivation (Grimshaw, 2016)
----------------------------------	---	--	--	--	---

<p>Fibromyalgie</p>	<p>La fibromyalgie est caractérisée par des douleurs musculo-squelettiques chroniques et diffuses associées à des symptômes psychosomatiques, dont l'étiologie reste parfois inconnue. Selon la Haute Autorité de Santé (HAS) la fibromyalgie se « caractérise par des douleurs diffuses persistantes ayant un effet sur les capacités fonctionnelles, en les amoindrissant de manière variable selon les personnes et dans le temps»(Rapport d'orientation-Syndrome fibromyalgique de l'adulte, HAS, 2010,page 7). Les répercussions de cette pathologie sur les activités de la vie quotidienne sont, selon Hawley and Wolfe, (1991) semblables à celle des patients avec polyarthrite rhumatoïde. Son étiologie n'a toujours pas été identifiée.</p>		<p>-une méta-analyse d'essais contrôlés randomisés de (Häuser et al., 2010) a démontré que l'exercice aérobie (comme la marche, le cyclisme, le jogging aquatique, la danse, mouvements rythmiques, la boxe) a entraîné une réduction de la douleur, la fatigue, l'humeur dépressive et permettrait d'améliorer la condition physique de l'individu ainsi que sa qualité de vie.</p> <p>Recommandations : L'intensité d'exercice en début de programme devrait commencer à une intensité inférieure aux capacités de l'individu, puis augmenter progressivement vers une intensité modérée (40 à 80% FC max) dans le but de maintenir l'effort 20 à 30 minutes et de le répéter 2 à 3 fois dans la semaine. Les auteurs conseillent une diminution de l'intensité et de la durée si les douleurs ou la fatigue sont exacerbées (Busch et al., 2009, 2007; Jones and Liptan, 2009; Lemos et al., 2010).L'intensité doit augmenter de 10% après 2 semaines de programmes, seulement si les individus ne ressentent pas une accentuation des symptômes ((Busch et al., 2011). Une durée de prise en charge minimum de 4 semaines est conseillé pour obtenir des bénéfices (Häuser et al., 2010), et une intensité progressive au seuil anaérobie, correspondant à 52%-60% de la fréquence cardiaque de réserve (75-80% de la FCmax) est recommandée.</p> <p>Aussi : Tai Chi et le yoga, ont montré sur plusieurs semaines de prise en charge des améliorations importantes aux questionnaires de qualité de vie, de douleur et de déficits fonctionnels (Busch et al., 2011). La technique Pilates qui allie renforcement musculaire des muscles profonds, flexibilité, respiration, posture et mouvement, a aussi montré son efficacité sur les scores de bien-être global et de douleur après 12 semaines. Ces méthodes douces de renforcement musculaire en étant à l'écoute de son corps, permettent d'éviter l'appréhension que peuvent avoir les personnes souffrant de douleurs chroniques à s'engager dans une activité. Mannerkorpi et al.,en2010), ont étudié les effets de la marche nordique à intensité modérée à élevée sur les capacités fonctionnelles et la douleur chez 67 femmes fibromyalgiques. Les séances réalisées deux fois par semaine pendant quinze jours ont montré une amélioration de la capacité fonctionnelle (résultat test de 6min marche), une diminution des limites d'activités, et de meilleur score sur l'échelle de la douleur au questionnaire d'Impact de la Fibromyalgie sur la Qualité de vie (IFQ ou FIQ).</p> <p>Les exercices de renforcement musculaire ont eux aussi été proposés dans la prise en charge par l'activité physique des patients fibromyalgiques et sont recommandés pour la gestion des symptômes. Ces exercices sont essentiels pour le sujet chez qui on note une détérioration générale de la fonction musculaire à la fois sur les paramètres de force, de résistance à la fatigue et sur l'endurance musculaire. Une revue Cochrane sur l'exercice de résistance chez le fibromyalgique (Busch et al., 2013) a évalué les données présentes sur ce type d'exercice dans la littérature jusqu'en 2013. L'objectif de cette revue était de trouver quels étaient les effets d'exercices de résistance sur le bien-être, les symptômes, la forme physique et les effets indésirables des patients fibromyalgiques. L'entraînement par résistance correspond à des exercices de renforcement musculaire en soulevant des poids (son propre poids, ou des poids type haltères), en utilisant des machines ou des bandes élastiques pour créer une résistance au mouvement. Sur 54 femmes fibromyalgiques ayant réalisé 2 à 3 fois par semaine des exercices de résistance pendant 16 à 21 semaines on note sur une échelle de 0 à 100 par rapport à celles qui n'ont pas pratiqué ce type d'exercice: -Une amélioration de 17 points concernant le bien-être global, -Plus 6 points sur la fonction physique qui représente la capacité de réaliser les activités de la vie quotidienne, -Une diminution de 2,5 points sur l'échelle de la douleur, comparé aux autres femmes 2 points moins douloureux à la pression, -Un gain en force musculaire, elles étaient capables de soulever 28 kg contre 1 kg pour les femmes qui n'ont pas réalisé ce programme. Cependant, le taux d'abandon sur 100 femmes était supérieur chez les pratiquantes d'exercices de résistance comparée à celles qui n'ont pas fait ces exercices (13 vs 4). Il semble donc nécessaire de trouver des moyens pour rendre plus ludique ces séances de renforcement musculaire en vue des bénéfices qu'elles apportent.</p>	<p>-détérioration des fonctions physique et psychologique de l'individu altérant sa qualité de vie (Busch et al., 2007)</p>
----------------------------	---	--	--	---





Rachis (ou colonne vertébrale)



Vue d'ensemble de profil

Aussi appelée rachis, la colonne vertébrale est une « tige osseuse » qui soutient tout le corps. Elle comprend sept vertèbres cervicales au niveau du cou, douze vertèbres dorsales et cinq vertèbres lombaires situées dans le bas du dos.

Ces vertèbres sont mobiles, articulées les unes par rapport aux autres, grâce notamment aux disques intervertébraux, qui permettent la stabilité et la mobilité des articulations. De nombreux ligaments et muscles maintiennent la structure.

Les douleurs touchant la colonne vertébrale (ou rachialgies) sont fréquentes, peuvent être isolées ou irradier dans un membre, ou peuvent être diffuses ou au contraire très localisées. Le cas de la dorsalgie par exemple où les douleurs sont ressenties en regard du rachis thoracique (T1 à T12), ou le cas de la cervicalgie ou encore de la lombalgie devenant chronique si la persistance de douleurs lombaires invalidantes va au-delà de 3 à 6 mois.

Dans l'immense majorité des cas, elles sont bénignes, liées à une arthrose des vertèbres, mais peuvent être révélatrices d'affections graves (tumorales, vasculaires, infectieuses ou inflammatoires). Il faut savoir que le mal de dos en tant que tel touche environ 80% des adultes au cours de leur vie. C'est un véritable problème de santé publique, dont la prévalence ne cesse d'augmenter depuis 50 ans.

3 grands groupes de pathologies du rachis :

- dégénératives

-sciatique : douleur due à la compression d'une racine nerveuse (hernie discale consistant en une migration du noyau du disque à travers l'annulus. ou sténose canalaire lombaire ou canal lombaire étroit étant un rétrécissement global du canal rachidien). On parle de sciatique quand la douleur est projetée sur le territoire du nerf sciatique (L5 ou S1), c'est à dire la face arrière de la cuisse et de la jambe.

-cruralgies : quand la douleur se situe sur le trajet du nerf crural (racines L3, ou L4), c'est à dire sur la face avant de la cuisse.

-spondylolisthesis lombaire : « glissement » d'une vertèbre sur une autre dû à l'arthrose ou une fracture spontanée de la vertèbre.

-discopathies : dégénérescence du disque.

-névralgies et myélopathies : les hernies discales et les compressions neurologiques en rapport avec l'arthrose peuvent aussi apparaître au niveau du rachis cervical (on parle alors de névralgie cervico-brachiale). Parfois, la hernie vient comprimer la moelle épinière, générant une douleur et des signes neurologiques apparaissent dans les deux bras et les deux jambes (on parle alors de myélopathie cervicale).

-scolioses : déformation de la colonne vertébrale dans les trois dimensions avec une courbure frontale (de face), une modification des courbures sagittales (de profil) et une rotation des corps vertébraux. La scoliose peut apparaître chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte entraînant des complications diverses selon l'âge.

- traumatiques

-fractures et luxations : les traumatismes du rachis sont fréquents, les lésions présentant un risque de lésion neurologique et de paralysie sont relativement rares.

-tassement vertébral : fracture touchant la partie avant de la vertèbre, le corps vertébral.

-fractures thoraciques et lombaires

-fractures du rachis cervical : entorses bénigne ou grave -fracture de l'odontoïde : « dent » appartenant à la vertèbre C2 pour qu'elle puisse s'articuler avec C1.

- tumorales

-tumeurs osseuses du rachis : les atteintes du rachis par des métastases de cancers solides ou de maladies hématologiques sont fréquentes. Les cancers solides peuvent se disséminer dans l'organisme et certaines cellules peuvent venir s'implanter au niveau de l'os et proliférer. Les vertèbres sont fréquemment touchées du fait de leur structure et de leur vascularisation abondante.

Les cancers disséminant le plus fréquemment au niveau du rachis sont les cancers du sein, de la prostate, de la thyroïde, du rein, du poumon ou encore myélome.

Pathologies dégénératives :

-infiltration : il s'agit d'aller injecter sous contrôle radiologique une dose d'anti-inflammatoire dérivé de la cortisone au niveau de la racine nerveuse comprimée.

-chirurgie : va avoir pour objectif de simplement retirer la hernie (dans le cas de la hernie discale) pour décompresser le nerf atteint. Pour la sténose, il s'agit de décompresser globalement les nerfs à destinée des deux jambes : on parle de laminectomie. En cas de discopathie invalidante isolée, sans hernie discale, canal lombaire étroit ou spondylolisthesis associé, deux interventions sont envisageables : l'arthrodèse lombaire et la prothèse discale lombaire. Concernant les hernies discales cervico-brachiales, la chirurgie consiste en une excision de la hernie et une décompression du nerf associée à une arthrodèse (fixation des vertèbres). Pour les myélopathies, deux techniques chirurgicales sont envisageables, soit la laminectomie associée à une arthrodèse, soit une décompression antérieure (discectomies étagées ou corporectomie)

Pathologies traumatiques :

-corset ou minerve : dans le cas des tassements vertébraux. Une alternative au traitement par corset est la réalisation d'une vertébroplastie. Il s'agit d'injecter dans la vertèbre une résine (que l'on appelle du ciment). Les fractures ne sont pas toutes des "tassements" bénins, et dans certains cas, le corset ne suffit pas alors la chirurgie (réduction de la déformation puis décompression neurologique si nécessaire) est envisagée s'il y a présence de signes neurologiques, témoins d'une compression des nerfs de la moelle épinière, une instabilité de la fracture ou une déformation importante de la colonne vertébrale.

Pour les entorses graves du rachis cervical, une intervention chirurgicale est envisagée selon les conditions, il s'agit d'une arthrodèse antérieure.

Pour la fracture de l'odontoïde, l'intervention envisagée est soit le vissage de l'odontoïde ou l'arthrodèse C1-C2.

Pathologies tumorales :

Le plus fréquemment, ces atteintes osseuses sont peu destructrices, ne compromettant pas la stabilité de la colonne, et ne générant pas de troubles neurologiques. Dans ce cas, le traitement général (chimiothérapie/hormonothérapie) et la radiothérapie permettent une stabilisation de la métastase, et une recalcification de la vertèbre. Toutefois, certaines métastases sont très agressives, et occasionnent des fractures. On parle alors de "fracture pathologique". Dans ce cas, il est parfois nécessaire d'intervenir sur le rachis afin de stabiliser les vertèbres ou de décompresser la moelle épinière (arthrodèse et une laminectomie).

La réalisation d'exercices adaptés supervisés par un physiothérapeute a un rôle prépondérant dans le traitement de la LCNS (Lombalgies chroniques non spécifiques), avec des meilleurs résultats par rapport à un programme non supervisé. (Ford JJ, Hahne AJ, Surkitt LD, Chan AY, Richards MC, Slater SL, et al, 2016)

Ces exercices ont plusieurs objectifs. La mobilité articulaire et l'extensibilité musculo-tendineuse, principalement du tronc et des membres inférieurs, sera améliorée grâce à des étirements réguliers, réalisés de manière classique ou intégrés dans une activité comme le yoga. (Sherman KJ, Cherkin DC, Wellman RD, Cook AJ, Hawkes RJ, Delaney K, et al, 2011)

La force du tronc et le contrôle postural peuvent être améliorés par différentes méthodes comme les exercices de renforcement des extenseurs lombaires et de stabilisation lombaire dynamique. (Standaert CJ, Herring SA., 2007)

De plus, les activités d'endurances présentent un effet antalgique et améliorent les capacités fonctionnelles et psychologiques dans la LCNS. (Meng XG, Yue SW, 2015) Il est recommandé aux patients souffrant de LCNS de maintenir ou d'instaurer une activité physique régulière, de faible à moyenne intensité, en tenant compte des plaintes douloureuses et des limitations fonctionnelles. Cela correspond aux recommandations d'AP de l'OMS, à savoir au moins 150 minutes d'AP d'intensité modérée ou 75 minutes d'AP d'intensité élevée par semaine, par période d'au moins 10 minutes, en y associant des exercices de renforcement musculaire au moins deux jours par semaine. (Who, 2010)

En parallèle, des périodes prolongées de repos durant la journée en position allongée sont déconseillées. Une prévalence plus élevée de LCNS est ainsi retrouvée dans les deux intensités extrêmes d'AP alors qu'elle est moindre pour des activités d'intensité modérée. (Heneweer H, Vanhees L, Picavet HS., 2009) Les risques de la pratique d'une AP dans la LCNS sont la survenue de traumatismes et de lésions de surcharges ou la péjoration des symptômes, raison pour laquelle la réalisation d'une activité adaptée est nécessaire. (Saubade et al, 2016)

APS préconisées (Saubade et al, 2016)):

-marche : Amélioration des symptômes (faible niveau de preuve). Pas d'effet délétère retrouvé. La marche rapide n'entraînerait pas d'exacerbation des plaintes.

-marche nordique : amélioration des symptômes si activité supervisée par un instructeur, sans effet statistiquement significatif par rapport au groupe non supervisé ou contrôle. Pas d'effet délétère notable retrouvé.

-course à pied : Courir régulièrement à intensité modérée n'augmenterait pas la lombalgie et pourrait même l'améliorer. Influence de la qualité du chaussage, de l'entraînement et de la régularité sur la lombalgie.

- Aquagym et Natation (crawl, brasse, dos et papillon) : Bénéfice d'exercices thérapeutiques structurés. Contraintes mécaniques moindres mais pas d'effet bénéfique prouvé des différents types de nage. Risques potentiellement augmentés avec la nage papillon (effort plus intense en hyperlordose).

-Tai-Chi : Amélioration des douleurs et du handicap sur un programme de 10 semaines. Pas de données probantes

-Yoga : Amélioration des douleurs et de l'incapacité à court et long terme. Pas d'évidence que le Yoga est plus efficace que le Tai Chi ou des programmes d'exercices. Pas d'effet délétère notable retrouvé.

- Vélo : Bénéfice via l'activité aérobie générée par des exercices supervisés sur vélo. Pas de bénéfice prouvé du vélo de loisir. 30% des plaintes des cyclistes de loisir sont des douleurs de dos. Risque de douleurs augmentés en cas de position inconfortable sur le vélo.

LETTRE D'INFORMATION
DESTINEE AUX PATIENTS
POUR PARTICIPATION A UNE RECHERCHE

Titre de la recherche :

L'introduction de la Réalité Virtuelle au sein d'un protocole de réentraînement à l'effort

Madame, Monsieur,

Nous vous proposons de participer à une étude de recherche.

Cette lettre d'information vous détaille en quoi consiste cette étude.

Vous pourrez prendre le temps pour lire et comprendre ces informations, réfléchir à votre participation, et demander à la responsable de l'étude de vous expliquer ce que vous n'aurez pas compris.

BUT DE L'ÉTUDE

Évaluer la faisabilité et les bienfaits de la stimulation par la Réalité Virtuelle dans un contexte de réentraînement à l'effort chez des patients présentant diverses pathologies.

BÉNÉFICE(S) ATTENDUS

L'objectif visé principalement par cette recherche, réside en une amélioration de la capacité cardiorespiratoire des participants en comparaison avec le protocole habituel (sans réalité virtuelle). Au second plan, cette étude explorera également la notion du plaisir ressenti lors de la pratique d'activité physique avec pour objectif le développement de celui-ci.

DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

Cette étude se déroulera sur une période de 10 semaines (durée du protocole habituel), à raison d'une à deux séances par semaine (selon le nombre de participants). Une période pré-test est prévue afin d'évaluer votre capacité à supporter la Réalité Virtuelle et également recueillir diverses informations notamment par la passation de questionnaires concernant votre niveau d'activité physique, votre motivation liée à la pratique d'une activité physique et autres informations personnelles liées à celle-ci. Les expériences de Réalité Virtuelle dont vous bénéficierez se dérouleront sur le lieu habituel de votre prise en charge (à savoir à la Maison des Consultations, cabinet du docteur Jallageas à Cesson-Sévigné), s'effectueront en lien avec le protocole ou

programme que vous suivez (sur vélo) et s'accompagneront d'un suivi de votre fréquence cardiaque pendant l'effort (par cardiofréquence-mètre).

RISQUES POTENTIELS

Les casques de Réalité Virtuelle permettent la transmission d'images ou de contenu vidéos en 3D pouvant être désorientantes et pouvant entraîner des vertiges ou troubles de l'équilibre visuel.

LEGISLATION - CONFIDENTIALITE

Toute information vous concernant recueillie pendant cet essai sera traitée de façon confidentielle. Seuls les responsables de l'étude pourront avoir accès à ces données. A l'exception de ces personnes -qui traiteront les informations dans le plus strict respect du secret médical-, votre anonymat sera préservé. La publication des résultats de l'étude ne comportera aucun résultat individuel.

Conformément à l'article L 1122-1 du Code de la Santé Publique (loi de Mars 2002 relative aux droits des malades) les résultats globaux de l'étude pourront vous être communiqués si vous le souhaitez.

Si vous avez des questions pendant votre participation à cette étude, vous pourrez contacter le médecin responsable de l'étude, le Dr Jallageas, ou Mlle Margaux TROUESSARD (étudiante et responsable de l'étude), tél : 02 90 22 00 77.

Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer à cette étude. Cela n'influencera pas la qualité des prestations qui vous seront prodiguées.

Vous pouvez également décider en cours d'étude d'arrêter votre participation sans avoir à vous justifier.

Nous vous remercions d'avoir pris le temps de lire cette lettre d'information. Si vous êtes d'accord pour participer à cette recherche, nous vous invitons à signer le formulaire de consentement ci-joint.

Annexe 3 : Consentement

**FORMULAIRE DE CONSENTEMENT
POUR LA PARTICIPATION A UNE RECHERCHE**

Titre de la recherche :

L'introduction de la Réalité Virtuelle au sein d'un protocole de réentraînement à l'effort

Je soussigné(e)

accepte de participer à l'étude : **L'introduction de la Réalité Virtuelle au sein d'un protocole de réentraînement à l'effort**

Les objectifs et modalités de l'étude m'ont été clairement expliqués par le Dr Jallageas ou Mlle Margaux TROUËSSARD (étudiante).

J'ai lu et compris la fiche d'information qui m'a été remise.

J'accepte que les données me concernant qui se rapportent à l'étude puissent être accessibles aux responsables de l'étude. A l'exception de ces personnes, qui traiteront les informations dans le plus strict respect du secret médical, mon anonymat sera préservé.

J'ai bien compris que ma participation à l'étude est volontaire.

Je suis libre d'accepter ou de refuser de participer, et je suis libre d'arrêter à tout moment ma participation en cours d'étude. Cela n'influencera pas la qualité des prestations qui me seront prodiguées.

Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de cette étude de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Après en avoir discuté et avoir obtenu la réponse à toutes mes questions, j'accepte librement et volontairement de participer à la recherche qui m'est proposée.

Fait à

le

Nom et signature de l'investigateur

Signature du sujet



Dans le cadre d'une étude

Nous sommes à la recherche de volontaires

POUR TESTER UNE OU PLUSIEURS EXPÉRIENCES DE RÉALITÉ VIRTUELLE

Début → Janvier
Fin → Mars

SI VOUS ÊTES INTÉRESSÉ(E) PARLEZ-EN À TANGUY CRESTEL OU AU DR JALLAGEAS



Annexe 5 : Questionnaire, Partie 1 et 2

Partie 1 : quelques informations sur vous

- Veuillez décrire ci-dessous votre pratique actuelle d'activité physique (nous vous demanderons de vous référer tout au long du questionnaire à ces activités physiques)

○ En contexte médical (CHU, centre de rééducation), je fais...

Nature de l'activité ou des activités pratiqué(e)s (ex : vélo, marche, gymnastique...)

Nombre de séances par semaine : _____ fois
Durée moyenne des séances : _____ minutes

○ En contexte associatif, je fais...

Nature de l'activité ou des activités pratiqué(e)s (ex : vélo, marche, gymnastique...)

Nombre de séances par semaine : _____ fois
Durée moyenne des séances : _____ minutes

○ Pour mes loisirs ou dans mes déplacements...

Nature de l'activité ou des activités pratiqué(e)s (ex : vélo, marche, gymnastique...)

Nombre de séances par semaine : _____ fois

Partie 2 : comment percevez-vous votre contexte de pratique ?

Lisez attentivement chacun des énoncés suivants. Ensuite en utilisant l'échelle ci-dessous, indiquez dans quelle mesure ces énoncés sont exacts pour vous, en encerclant un chiffre entre 1 et 7 :

1	2	3	4	5	6	7
Pas vrai du tout			Moyennement vrai			Complètement vrai

Comment percevez-vous votre contexte de pratique ?

1) ... je me sens libre de mes choix.	1	2	3	4	5	6	7
2) ... j'ai beaucoup de sympathie pour les personnes avec lesquelles j'interagis.	1	2	3	4	5	6	7
3) ... souvent, je ne me sens pas très compétent.	1	2	3	4	5	6	7
4) ... je me sens généralement libre d'exprimer mes idées et mes opinions.	1	2	3	4	5	6	7
5) ... je m'entends bien avec les personnes avec lesquelles je rentre en contact.	1	2	3	4	5	6	7
6) ... j'ai le sentiment de bien réussir.	1	2	3	4	5	6	7
7) ... j'ai la possibilité de prendre des décisions à propos de mon programme d'activité physique.	1	2	3	4	5	6	7
8) ... les personnes que je côtoie m'estiment et m'apprécient.	1	2	3	4	5	6	7
9) ... j'estime être en mesure de répondre aux exigences de mon programme d'activité physique.	1	2	3	4	5	6	7
10) ... je participe à l'élaboration de mon programme d'activité physique.	1	2	3	4	5	6	7
11) ... je considère les personnes avec lesquelles j'interagis régulièrement comme mes amis.	1	2	3	4	5	6	7
12) ... je n'ai pas beaucoup de possibilités de montrer ce dont je suis capable.	1	2	3	4	5	6	7
13) ... je peux donner mon avis concernant l'élaboration de mon programme d'activité physique.	1	2	3	4	5	6	7
14) ... je me sens à l'aise avec les autres.	1	2	3	4	5	6	7
15) ... souvent, je ne me sens pas très performant.	1	2	3	4	5	6	7

Annexe 6 : Questionnaire, Partie 3

Partie 3 : comment vivez-vous votre pratique ?

Indiquez dans quelle mesure chacun des énoncés suivants correspond actuellement à l'une des raisons pour lesquelles vous pratiquez des activités physiques d'après l'échelle ci-dessous, en encerclant un chiffre entre 1 et 7 :

1	2	3	4	5	6	7
Ne correspond pas du tout			Correspond moyennement			Correspond tout à fait

DE FAÇON GÉNÉRALE, POURQUOI FAITES-VOUS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE (AP)?

1. Pour le plaisir que je ressens lorsque je pratique des AP.	1	2	3	4	5	6	7
2. Je n'en ai aucune idée, je crois que ça ne me sert à rien.	1	2	3	4	5	6	7
3. Parce que l'AP correspond à plein d'autres aspects de ma vie.	1	2	3	4	5	6	7
4. Parce que je me sentirais mal si je ne faisais pas cet effort.	1	2	3	4	5	6	7
5. Parce que je pense que l'AP est une bonne chose pour mon développement personnel.	1	2	3	4	5	6	7
6. Parce que je n'ai pas trop le choix, on me dit que je dois en faire.	1	2	3	4	5	6	7
7. Je ne sais pas vraiment; j'ai l'impression de perdre mon temps lorsque je fais de l'AP.	1	2	3	4	5	6	7
8. Pour la satisfaction que je ressens à progresser dans ce genre d'activités.	1	2	3	4	5	6	7
9. Parce que je me sentirais coupable si je ne prenais pas le temps de le faire.	1	2	3	4	5	6	7
10. Parce que l'AP fait partie intégrante du style de vie que j'ai choisi.	1	2	3	4	5	6	7
11. Franchement je fais de l'AP mais je ne vois pas l'intérêt.	1	2	3	4	5	6	7
12. Parce que je crois que l'AP contribue à préserver ma santé.	1	2	3	4	5	6	7
13. Pour ne pas avoir à entendre les reproches de certaines personnes.	1	2	3	4	5	6	7
14. Parce que je considère que faire de l'AP est une partie de mon identité.	1	2	3	4	5	6	7

15. Parce que je dois suivre les recommandations de mon médecin.	1	2	3	4	5	6	7
16. Pour les sensations agréables que me procure l'AP.	1	2	3	4	5	6	7
17. Parce que personnellement je considère que c'est un facteur de bien-être.	1	2	3	4	5	6	7
18. Je le fais mais je me demande ce que ça m'apporte.	1	2	3	4	5	6	7
19. Parce que faire de l'AP est cohérent avec mes valeurs.	1	2	3	4	5	6	7
20. Parce que je me sentirais nerveux-se si je n'en faisais pas.	1	2	3	4	5	6	7
21. Parce que je pense que l'AP me permettra de me sentir mieux.	1	2	3	4	5	6	7
22. Parce que j'aurais honte de ne pas chercher à évoluer.	1	2	3	4	5	6	7
23. Parce que certaines personnes me mettent la pression pour que je le fasse.	1	2	3	4	5	6	7
24. Pour la satisfaction que j'éprouve à atteindre mes objectifs dans l'activité.	1	2	3	4	5	6	7
25. Parce que l'AP est un élément important de la façon dont je me vois.	1	2	3	4	5	6	7
26. Parce que j'y suis obligé(e) par mon entourage.	1	2	3	4	5	6	7
27. Parce que je trouve ce genre d'activités amusantes.	1	2	3	4	5	6	7
28. Parce que je dois le faire pour me sentir bien avec moi-même.	1	2	3	4	5	6	7
29. Parce que c'est un moyen d'assurer ma santé sur le long terme.	1	2	3	4	5	6	7
30. Je ne vois vraiment pas pourquoi je prends la peine de le faire.	1	2	3	4	5	6	7

Etes-vous sûr(e) d'avoir répondu à toutes les questions ?

Merci beaucoup de votre précieuse collaboration !!!

Partie 4 :

Questionnaire de la qualité de vie (forme abrégée) SF-12

- 1) Dans l'ensemble, pensez-vous que votre santé est :
- 1 Excellente 2 Très bonne 3 Bonne 4 Médiocre 5 Mauvaise
- 2) En raison de votre état de santé actuel, êtes-vous limité pour :
- des efforts physiques modérés (déplacer une table, passer l'aspirateur, jouer aux boules)?
 1 Oui, beaucoup limité 2 Oui, un peu limité 3 Non, pas du tout limité
- 3) monter plusieurs étages par l'escalier ?
- 1 Oui, beaucoup limité 2 Oui, un peu limité 3 Non, pas du tout limité
- 4) Au cours de ces 4 dernières semaines, et en raison de votre état physique :
- avez-vous accompli moins de choses que vous auriez souhaité ?
 1 Toujours 2 La plupart du temps 3 Souvent 4 Parfois 5 Jamais
- 5) avez-vous été limité pour faire certaines choses ?
- 1 Toujours 2 La plupart du temps 3 Souvent 4 Parfois 5 Jamais
- 6) Au cours de ces 4 dernières semaines, et en raison de votre état émotionnel (comme vous sentir triste, nerveux ou déprimé) :
- avez-vous accompli moins de choses que vous auriez souhaité ?
 1 Toujours 2 La plupart du temps 3 Souvent 4 Parfois 5 Jamais
- 7) avez-vous eu des difficultés à faire ce que vous aviez à faire avec autant de soin et d'attention que d'habitude ?
- 1 Toujours 2 La plupart du temps 3 Souvent 4 Parfois 5 Jamais
- 8) Au cours de ces 4 dernières semaines, dans quelle mesure vos douleurs physiques vous ont-elles limité dans votre travail ou vos activités domestiques ?
- 1 Pas du tout 2 Un petit peu 3 Moyennement 4 Beaucoup 5 Enormément
- 9) Les questions qui suivent portent sur comment vous vous êtes senti au cours de ces 4 dernières semaines. Pour chaque question, indiquez la réponse qui vous semble la plus appropriée.
- y a-t-il eu des moments où vous vous êtes senti calme et détendu ?
 1 Toujours 2 La plupart du temps 3 Souvent 4 Parfois 5 Jamais
- 10) y a-t-il eu des moments où vous vous êtes senti débordant d'énergie ?
- 1 Toujours 2 La plupart du temps 3 Souvent 4 Parfois 5 Jamais
- y a-t-il eu des moments où vous vous êtes senti triste et abattu ?
 1 Toujours 2 La plupart du temps 3 Souvent 4 Parfois 5 Jamais
- 11) Au cours de ces 4 dernières semaines, y a-t-il eu des moments où votre état de santé physique ou émotionnel vous a gêné dans votre vie sociale et vos relations avec les autres, votre famille, vos amis, vos connaissances ?
- 1 Toujours 2 La plupart du temps 3 Souvent 4 Parfois 5 Jamais

Annexe 8 : Echelle visuelle
Perception d'effort (ou douleur)



DOULEUR

EFFORT

Abstract

Résumé

Les maladies chroniques ne cessent de croître avec pour préoccupation majeure l'amélioration de la prise en charge permise par le développement des interventions non médicamenteuses. Cependant, ces dernières doivent d'une part, pallier au manque d'adhérence responsable du taux de rechute et engendrant des coûts de santé importants et d'autre part, pallier au manque de motivation dû au caractère fastidieux des programmes de reconditionnement. Parmi ces interventions, les programmes de réentraînement à l'effort combinés à des technologies innovantes telles que la réalité virtuelle (RV) ont fait leurs preuves auprès de certaines populations atteintes de pathologies chroniques. L'objectif de la présente étude était d'évaluer la faisabilité et les bénéfices d'un réentraînement à l'effort HIIT en RV-exergaming sur ergo-cycle chez des sujets présentant diverses pathologies. Un protocole expérimental de 10 sessions de parcours en RV synchronisé et adapté au programme d'entraînement sur ergo-cycle réparties sur 2 mois et demi, a été dispensé à 12 sujets (versus 12 contrôles). L'analyse des variables utilisées (puissance maximale en watts, perception d'effort (PE) et plaisir ressenti (PR)) révèle une différence significative pour une seule d'entre elles : plaisir ressenti, suggérant que l'expérience d'entraînement HIIT en RV est ressentie comme la forme d'entraînement la plus plaisante selon les participants. Néanmoins, les autres bénéfices acquis par la RV malgré leur non-significativité statistique, sont à considérer, ainsi que la réelle adhérence au protocole (83%) attestant de la pertinence de cette prise en charge.

Mots-clés : réhabilitation cardiorespiratoire, réentraînement à l'effort, activité physique, maladies chroniques, ergo-cycle, réalité virtuelle, exergaming, perception d'effort

Summary

Chronic diseases are still increasing with the major concern of improving the management particularly through the development of non-pharmacological interventions. However, these interventions have two unsolved problems: on the one hand the lack of adherence responsible for the relapse rate and generate significant health costs and on the other hand, the lack of motivation due to the fact that rehabilitation programs are perceived as tedious. Among these interventions, exercise retraining programs combined with innovative technologies such as virtual reality (VR) have shown their success in specific populations with chronic diseases. The objective of the present study was to evaluate the feasibility and the benefits of rehabilitation training with HIIT exercise in VR-exergaming on cycle ergometer in subjects with various pathologies. An experimental protocol of 10 synchronized RV training sessions adapted to the ergo-cycle training program spread over 2 and a half months was administered to 12 subjects (versus 12 controls). The analysis of the selected variables (maximum power in watts, rate of perceived exertion (RPE) and pleasure/displeasure) reveals a significant difference for only one of them: the pleasure, suggesting that the HIIT training experience in VR-exergaming is perceived to be the most enjoyable form of training according to the participants. Nevertheless, the other benefits acquired by the VR, despite their statistical non-significance, should be considered, as well as the actual adherence to the protocol (83%) attesting to the relevance of this care.

Keywords: cardiorespiratory rehabilitation, rehabilitation training, physical activity, chronic diseases, cycle ergometer, virtual reality, exergaming, perceived exertion