

Slackline : création d'un programme d'entraînement progressif de l'équilibre

Arnaud WUILLOUD

Etudiant HES – Filière Physiothérapie

Dimitri LAUPER

Etudiant HES – Filière Physiothérapie

Directeur de travail de Bachelor : Martin Sattelmayer

TRAVAIL DE BACHELOR

Déposé à Loèche-les-bains (VS-CH) le 10 juin 2016

En vue de l'obtention d'un

Bachelor of Science HES-SO in Physiotherapy

Résumé

Introduction : La slackline commence à faire son apparition dans le milieu thérapeutique. Cette discipline exige des capacités précises qui allient concentration et équilibre. C'est ce dernier terme que nous cherchons à développer ici. Les études sont encore très restreintes et aucun programme d'entraînement n'a été validé.

Objectif : Créer un programme progressif d'entraînement sur slackline afin d'améliorer l'équilibre chez les sujets jeunes et en bonne santé.

Méthode : Nous avons créé 24 exercices en nous basant sur la littérature existante. Quinze exercices ont ensuite été sélectionnés après la discussion avec les experts. Nous avons fait tester les exercices à 31 sujets jeunes et en bonne santé. Un questionnaire de difficulté a été rempli par les sujets afin de mettre en corrélation les résultats subjectifs et objectifs. Le modèle de Rasch a permis d'analyser les résultats observés lors de la phase de test.

Résultats : Pour le programme final, 13 exercices sur 15 ont été retenus après l'analyse statistique. Tous montrent une cohérence acceptable entre eux grâce à leur unidimensionnalité. Neuf exercices se situent en dessous de la moyenne de difficulté et quatre exercices au-dessus. Les données subjectives liées au questionnaire viennent confirmer la tendance montrée par les tests objectifs.

Conclusion : L'étude valide la faisabilité de la création d'un premier programme d'entraînement sur slackline. La difficulté des exercices recouvre tout le spectre des capacités des sujets, il y a toutefois moins d'exercices difficiles. Cela permettra de mesurer les effets réels sur l'équilibre et appliquer la slackline en physiothérapie.

Mots-clés : Slackline – Equilibre – Programme – Entraînement – Rasch

Zusammenfassung :

Einführung : Slacklinen, das als eigenständiger Sport angesehen werden kann, wird immer öfter als Therapie eingesetzt. Diese Disziplin benötigt präzise Fähigkeiten wie Konzentration und Gleichgewicht. In dieser Arbeit werden wir den Aspekt des Gleichgewichts bearbeiten. Es gibt nur wenige Studien zum Thema Gleichgewicht, Slackline und Therapie und kein Trainingsprogramm wurde validiert.

Ziel : Erstellen eines Trainingsprogramms mit einer Übungsprogression, um das Gleichgewicht bei jungen, gesunden Personen zu trainieren.

Methode : Basierend auf der Literatur haben wir 30 Übungen entwickelt. Die Übungen wurden mit Experten diskutiert und 15 ausgewählt. Diese wurden an 31 gesunden Personen getestet. Ein Fragebogen zur Schwierigkeit der Übung wurde von den Probanden ausgefüllt. Mit dem Rasch-Modell wurden die beobachteten Ergebnisse analysiert.

Resultate : Für das endgültige Übungsprogramm wurden mit der statistischen Analyse 13 der 15 Übungen ausgewählt. Die Kohärenz der Übungen war akzeptabel, was auf eine Eindimensionalität hindeutet. Die Übungen bilden so ein progressives Trainingsprogramm. Die subjektiven Daten stimmen mit den objektiven Daten überein.

Schlussfolgerung : Diese Studie erlaubte die Konstruktion eines progressiven Übungsprogramms. Die Schwierigkeiten der Übungen decken das ganze Spektrum der Fähigkeiten der Probanden ab, jedoch gibt es nur wenig schwierige Übungen.

Stichwörter : Slackline – Gleichgewicht – Programm – Training – Rasch

Summary

Introduction : Slacklining is starting to enter the therapeutic field. This activity requires precise capabilities which combine concentration and balance. It is the later term that we want to develop. Studies are still very limited and no training program has been validated to date.

Objective : To create a progressive training program using slacklining in order to increase balance in young and healthy subjects.

Methods : We designed 24 exercises according to available literature. After that study and discussion with an expert committee, we picked 15 exercises that we tested on 31 young and healthy subjects. A difficulty questionnaire was completed by the subjects in order to correlate the subjective and objective results. The Rasch model was then used to analyse the results, as observed during the testing phase.

Results : For the final program, 13 out of the 15 exercises were selected, following the statistical analysis. All showed a good coherence between them with unidimensionality. Nine exercises were below the general average, and four were above. Subjective data obtained from the questionnaires confirm the tendency of the objectives test results.

Conclusions : The study validates the feasibility of the creation of a first slacklining training program. The exercise difficulty covers the whole spectrum of a person's abilities, however, there are only a few difficult exercises. This should allow to measure the real effects of slacklining on balance as well as to use slacklining in physiotherapy.

Keywords : Slacklining - Balance - Program – Training - Rasch

Avertissement

Les prises de position, la rédaction et les conclusions de ce travail n'engagent que la responsabilité de ses auteurs et en aucun cas celle de la Haute Ecole de Santé Valais, du Jury ou du Directeur du Travail de Bachelor.

Nous attestons avoir réalisé seuls le présent travail, sans avoir utilisé d'autres sources que celles indiquées dans la liste de références bibliographiques.

Lieu, date et nom des auteurs :

Leukerbad, le 10 juin 2016

LAUPER Dimitri :

WUILLOUD Arnaud :

Remerciements

Nous tenons à remercier :

Martin Sattelmayer pour son engagement, son soutien et les conseils qu'il nous a donné tout au long du suivi de notre travail.

Lina Nilsson, Jonas Denkiger, Bertrand Neubert et Antoine Jacquat pour leurs conseils et investissements en tant qu'expert à la discussion des exercices initiaux.

Les **31 étudiants** de la HES-SO filière Physiothérapie pour leurs participations aux tests pratiques et au questionnaire.

Les **professeurs et étudiants de Loèche-les-bains** pour leurs conseils et remarques.

La société suisse de slackline **Slacktivity** pour le partenariat établi lors de notre travail.

Anne Lauper, pour la relecture de notre travail.

Table des matières

RESUME.....	II
SUMMARY	III
AVERTISSEMENT	V
REMERCIEMENTS	VI
TABLE DES MATIERES	VII
LISTE DES ABREVIATIONS	VIII
1 INTRODUCTION	1
1.1 LA SLACKLINE, DEFINITION	1
1.2 L'EQUILIBRE, ELEMENT CLE EN PHYSIOTHERAPIE	3
1.3 LA SLACKLINE EN PHYSIOTHERAPIE	3
1.4 HYPOTHESES ET BUTS DE L'ETUDE	4
2 METHODE.....	6
2.1 CONSTRUCT MAP.....	7
2.2 ITEM DESIGN	9
2.3 OUTCOME SPACE	12
2.4 MEASUREMENT	15
3 RESULTATS	17
3.1 CHOIX DES EXERCICES	17
3.2 RESULTATS STATISTIQUES.....	17
4 DISCUSSION.....	23
4.1 PRESELECTION DES EXERCICES	23
4.2 OBSERVATIONS GENERALES	23
4.3 ITEMFIT STATISTIC	24
4.4 FORCE STATISTIQUE	25
4.5 MISE EN RELATION AVEC LA LITTERATURE EXISTANTE	26
4.6 IMPLICATION POUR LA PRATIQUE.....	26
4.7 PISTES POUR LE FUTUR	27
4.8 FORCES ET LIMITES DE L'ETUDE	28
5 CONCLUSION	29
6 REFERENCES	30

Liste des abréviations

Nous avons abrégé les exercices par un nom qui représente l'abréviation de leur forme.

Ainsi :

- MA1 = Marche avant avec 1 bâton
- MA2 = Marche avant avec 2 bâtons
- MA0 = Marche avant sans bâton
- MaR = Marche à reculons
- MaL = Marche latérale
- Sta0 = Statique sans bâton
- Sta1 = Statique avec 1 bâton
- PaB = Passes avec balle de Basket
- PaT = Passes avec balle de Tennis
- DMFo = Dribbles avec main forte
- DMFa = Dribbles avec main faible
- SYF = Statique avec yeux fermés
- S1J = Squats sur une jambe
- DTa = Dual Task (Marche en lançant la balle)
- RoT = Rotations de la tête

1 Introduction

1.1 La Slackline, définition

Le terme Slackline se traduit par une ligne lâche en français. Il s'agit à la fois du matériel utilisé et de la pratique elle-même.

L'activité consiste à tenir en équilibre de façon statique ou dynamique sur une bande élastique. Les points d'ancrage sont généralement contre un mur, un poteau fixe ou un arbre. On peut influencer et cibler l'effet recherché selon le type de slackline, sa hauteur, sa tension et également sa longueur. Il s'agit d'un véritable équilibre sur surface instable. (« slacktivity.ch », 2009)

1.1.1 Historique

La slackline n'a pas d'origine très précise car elle s'inscrit dans la continuité du funambulisme qui lui est pratiqué depuis le 18^{ème} siècle. Dans les années 1980, la slackline sort des cirques pour devenir une pratique à part, souvent utilisée comme entraînement pour l'escalade. Dès lors, elle connaît une expansion remarquable en tant qu'activité sportive et touche un public plus large. Sa facilité d'accès et son aspect ludique ont considérablement favorisé son développement. Différents types de pratiques de la slackline ces dernières années : La Highline, la Longline, la Jumpline et la Waterline (« nwslackline.org », 2016). Toutes s'associent aux pratiques telles que le trampoline, le surf, le snowboard, l'escalade, ou les agrès de gymnastique.

1.1.2 Ses propriétés

La capacité de stabilisation sur une slackline dépend non seulement des pratiquants mais également des paramètres de son installation. C'est le type de matériel utilisé pour la slackline qui détermine ses propriétés élastiques. Pour la majorité d'entre elle, le polyester est la matière employée. La difficulté de se maintenir en équilibre augmente en fonction de la longueur de la slackline car les mouvements de latéralité sont plus importants. D'après notre propre expérience et celle des experts contactés, en dessous de 5 mètres, la distance entre les points d'ancrage ne permet que très peu de mouvement. La largeur apporte aussi une influence notable, car la base de sustentation est alors plus ou moins grande. Sur le marché, on trouve généralement des bandes allant de 2,5 à 5cm (Rodenkirch, Lutz, Müller et Murer, 2012).

La hauteur des points d'ancrage joue un rôle plutôt psychologique car la difficulté n'augmente objectivement pas. En fonction du stress, du vertige ou de la peur de tomber, le sujet peut alors diminuer ses performances.

La tension détermine si l'installation a une tendance plutôt souple ou rigide. Elle est associée à la courbe que produit la bande sous le poids d'une personne se tenant dessus. Elle peut être mesurée à l'aide d'un dynamomètre, mais cet appareil très coûteux peut être remplacé par un calcul incluant le poids de la personne, la longueur entre les points d'ancrage et la flèche (« Dakas slackline », 2013). On appelle la flèche, la différence de hauteur entre le point d'ancrage fixe et le sommet de la courbe produite par l'utilisateur. En terme pratique, cela se fait surtout pour des longues distances où les ancrages peuvent être très éloignés afin de garantir une hauteur adéquate pour ne pas toucher le sol au milieu de sa longueur. L'étude de Kroiß réalisée en 2007 évoque le lien entre la longueur, la tension et le poids de la personne (Kroiß, 2007). Par exemple, une personne de 80kg sur une slackline de 10m de longueur, crée une différence de 50cm de hauteur entre les points d'ancrage de la slackline et le sommet que crée la masse de la personne. Si l'ancrage est fixé à 60 centimètres de hauteur, alors la distance du sol jusqu'à la slackline en dessous de la personne sera de 10 centimètres en son centre. Le résultat obtenu se manifeste en Kilo Newton. Cette différence de hauteur due au poids de la personne peut être calculée comme la soustraction de la hauteur totale entre le sol et le point d'ancrage moins la différence entre le sol et la partie la plus basse de la slackline avec la masse exercée dessus.

Pour Kroiß, le calcul standard de la flèche est donc :

$$F_R = \frac{800N \sqrt{\frac{(10m)^2}{4} + (0,5m)^2}}{2 \cdot 0,5m} \approx 4020N \approx 4kN$$

Fr = la force exercée sur les points d'ancrage en Kilo Newton (kN)

800N = le poids de la personne d'une masse de 80Kg

10m = la longueur de la slackline

0,5m = la flèche (différence de hauteur entre le point d'ancrage et le sommet de la courbe)

1.2 L'équilibre

Comme le définissent Laurent et al. : « L'équilibre, ou contrôle postural, est un processus dynamique nous permettant de garder le contrôle sur la position de notre corps dans l'espace, de gérer sa stabilité et son orientation » (Laurent et Morel, 2013).

Pour le travail sur slackline l'équilibre est l'élément clef que l'on cherche à analyser et à améliorer.

1.3 La slackline en physiothérapie

Actuellement, il existe un nombre considérable de techniques et d'exercices qui permettent aux patients d'améliorer leurs capacités d'équilibre. En tant que promoteurs de la santé, nous savons qu'il est nécessaire d'intéresser et d'intégrer le patient à sa thérapie ou à son entraînement afin d'optimiser l'efficacité de l'action du physiothérapeute. C'est ce que propose un outil tel que la slackline.

Il s'agit aussi d'un sujet actuel dans la recherche physiothérapeutique. Actuellement, le US National Institut for Healthy réalise une étude de niveau national qui tente de démontrer quels effets a la slackline sur l'équilibre (Kueng, s.d.). Ce qui prouve l'intérêt porter à ce sport par la physiothérapie.

La slackline pourrait s'inscrire dans les techniques innovatrices et attractives qui permettent de travailler l'équilibre chez le patient.

Cette utilisation occasionnelle peut s'expliquer par la récence de cette pratique sportive. Le fait que la littérature actuelle, trop peu fournie sur le sujet, ne permet pas de prouver son efficacité sur la prévention de traumatisme (Granacher, Iten, Roth et Gollhofer, 2010) ralentit également l'expansion de son utilisation en physiothérapie. Par contre, l'amélioration des performances sensorimotrices et de contrôle postural sont notables après un entraînement de ce genre (Donath *et al.*, 2013a; Pfusterschmied, Buchecker, *et al.*, 2013a). De même, une étude a montré que ce type d'entraînement augmente les capacités de contrôle postural chez des joueuses professionnelles (Santos, Fernandez-Rio, Fernandez-Garcia et Jakobsen, 2014). Ces observations amènent à vouloir déterminer dans quel cadre la slackline est-elle le plus efficace (pour quelles populations et quels types d'entraînement).

1.4 Hypothèses et buts de l'étude

1.4.1 Court terme

Le schéma ci-dessous présente la structure de nos hypothèses et buts sur le long terme. Le travail que nous avons réalisé n'est qu'une partie du schéma puisqu'il consiste à la création et validation d'un programme d'équilibre pour une population cible (figure 1). Notre hypothèse est qu'il est possible de créer ce type de programme par une série de tests et une analyse statistique. Cela valide la réalisation du programme actuel, mais pas son efficacité réelle sur l'équilibre.

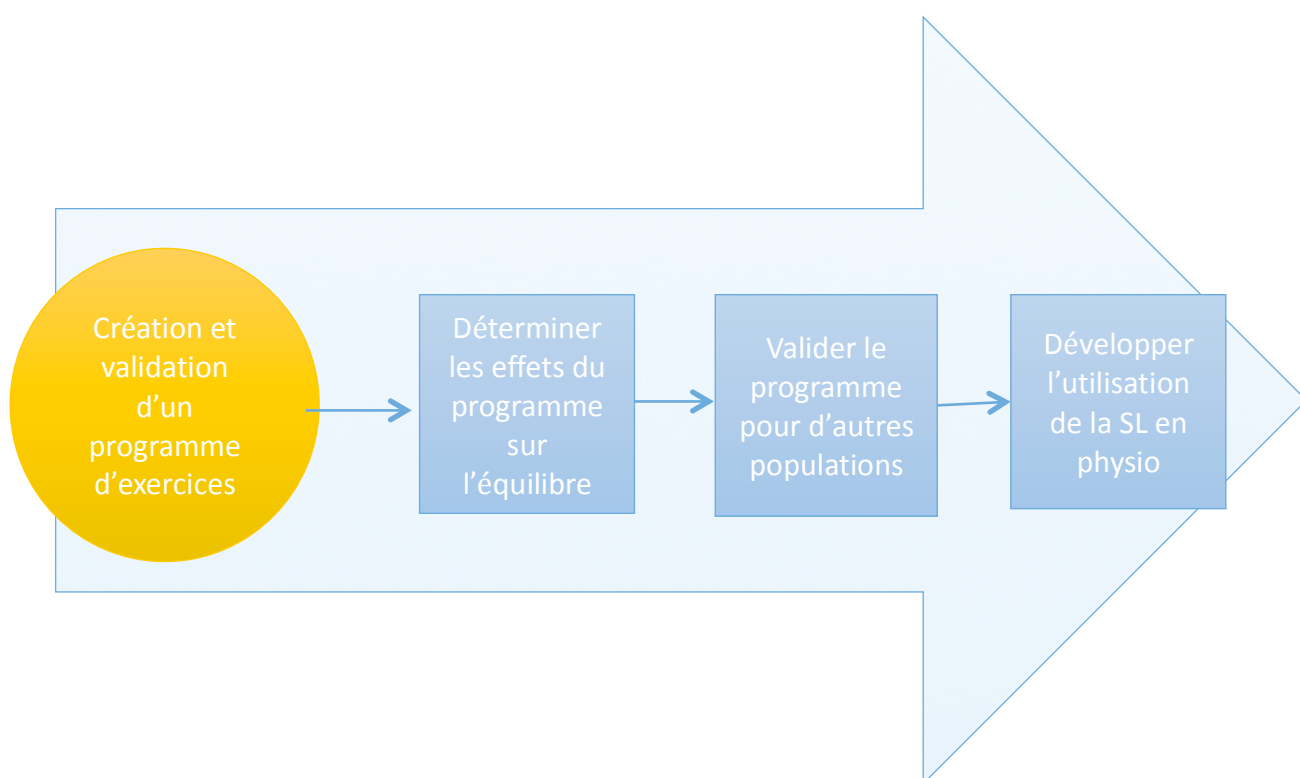


Figure 1 : Processus de recherche prévue suite à notre étude

1.4.2 Long terme

Pour affirmer que l'entraînement sur la slackline est productif en physiothérapie, les objectifs seront de déterminer les effets réels de l'entraînement sur slackline avec une suite d'études dans le futur.

Il ressortirait de nos hypothèses que chez un sujet jeune et en bonne santé, un entraînement progressif, structuré et attractif sur slackline améliore la capacité d'équilibre, de proprioception et de concentration.

Si la validation de ces qualités est confirmée, son entraînement pourrait se spécifier pour d'autres types de population, notamment en orthopédie ou dans le milieu du sport. Cet objectif nous amènerait à développer d'une manière générale l'utilisation de la slackline dans la physiothérapie. Une hypothèse étant que cette méthode d'entraînement est utilisable comme outil de rééducation à plusieurs pathologies du membre inférieur (Pfusterschmied, Stöggel, *et al.*, 2013). Le cas de la réhabilitation du quadriceps a aussi été étudié (Gabel, Osborne et Burkett, 2015).

Cette entrée en matière nous amène à la question suivante : est-il possible de créer un programme d'entraînement hiérarchique et structuré dans le but d'améliorer l'équilibre en travaillant avec la slackline ?

2 Méthode

Afin de pouvoir exposer un cadre de réalisation clair et précis, nous nous sommes basé sur le travail qu'a écrit Wilson en 2004 : « Constructing Measures : An Item Response Modeling Approach » (Wilson, 2004).

Dans un premier temps, nous avons définis le concept de l'étude en suivant la première étape du livre de Wilson qui s'intitule la « Construct map ». Nous avons exposé ensuite le cadre de réalisation des exercices lors du point deux « Items design ». Les modalités d'évaluations des exercices ont été présentées dans le chapitre « Outcome space ». Finalement, nous avons expliqué comment interpréter et utiliser ces données avec la méthode de Rasch dans le dernier chapitre « Measurement ».

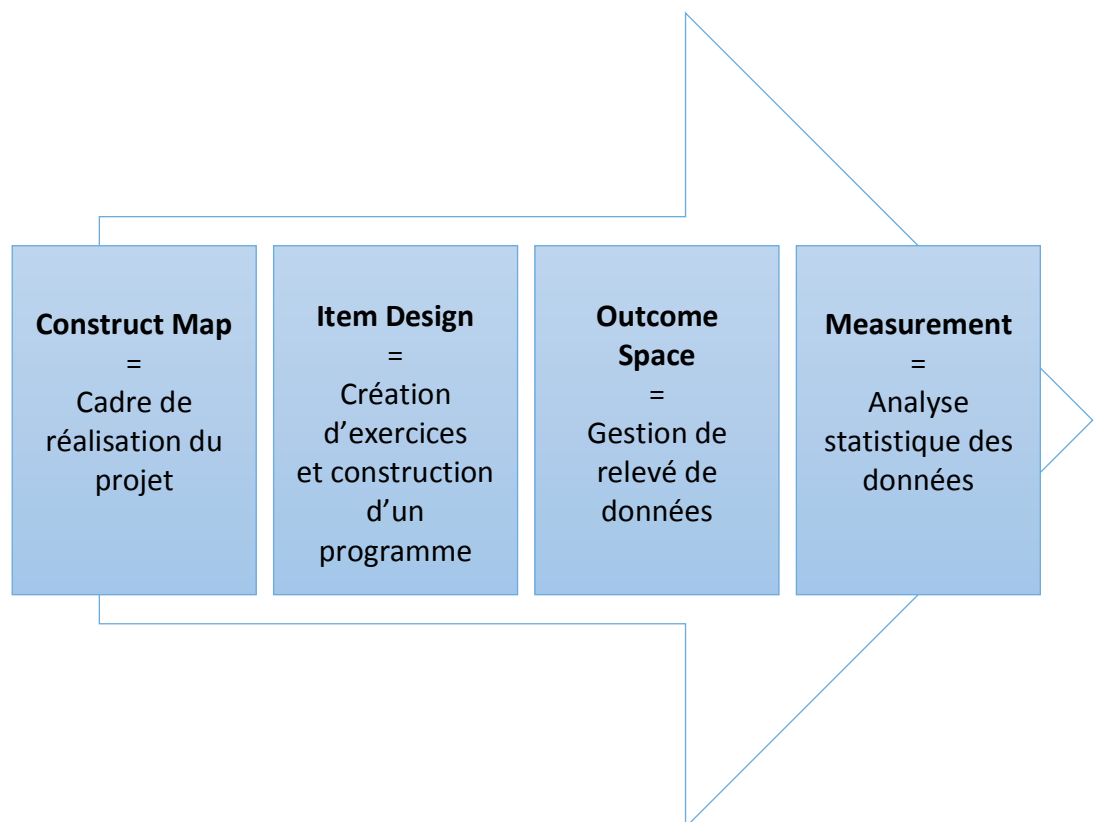


Figure 2 : Structure de la méthode de notre travail d'après Wilson.

2.1 Construct map

L'objectif de cette première partie était définir le concept théorique utile à notre étude. Ci-dessous sont présentés le design de l'étude, la population intervenante et le concept de hiérarchisation des exercices.

2.1.1 *Design et déroulement de l'étude*

Notre travail est une étude transversale qui a pour but de valider la structure d'un programme d'exercices progressif par une analyse de Rasch de données prélevées lors des tests. Inscrit dans un processus plus général, l'étude est la base d'une recherche visant à amener la slackline comme outils d'amélioration de l'équilibre.

L'intervention porte sur la réalisation d'un test de 15 exercices sur slackline destiné à améliorer les capacités d'équilibre. Le test est réalisé par la population présentée ci-dessous. Une progression initiale d'exercice a été préalablement établie, basée sur la taxonomie de Gentile (Gentile, 2000).

La liste des exercices a été discutée et modifiée avec des experts que nous avons sélectionnés en fonction de leurs expériences dans la physiothérapie, le travail de l'équilibre ou de la slackline.

Pour le test pratique, nous avons randomisé la liste afin de ne pas évoquer notre progression initiale. Cependant, les exercices étaient instruits dans un ordre similaire pour chaque sujet.

L'issue de notre étude était portée sur l'analyse de nos résultats du test pratique afin de déterminer un programme final d'exercices selon un ordre progressif de difficulté.

2.1.2 *Population*

L'échantillon était composé de 31 sujets âgés entre 20 et 25 ans. Ils étaient tous étudiants à la HES-SO filière Physiothérapie et ont signé le consentement de participation [Annexe 3]. Les sujets ont été sélectionnés afin de recouvrir tout le spectre de difficulté proposé par le programme. Certains d'entre eux s'y étaient déjà initiés mais nous avons exclus les étudiants qui pratiquaient cette discipline de manière régulière, à savoir au minimum une fois par semaine.

2.1.3 Concept de hiérarchisation

Les performances des sujets étaient mesurées lors de la phase de test afin de pouvoir déterminer une classification adéquate.

Deux variables étaient à traiter, la capacité d'équilibre du sujet, ainsi que la difficulté de chaque exercice.

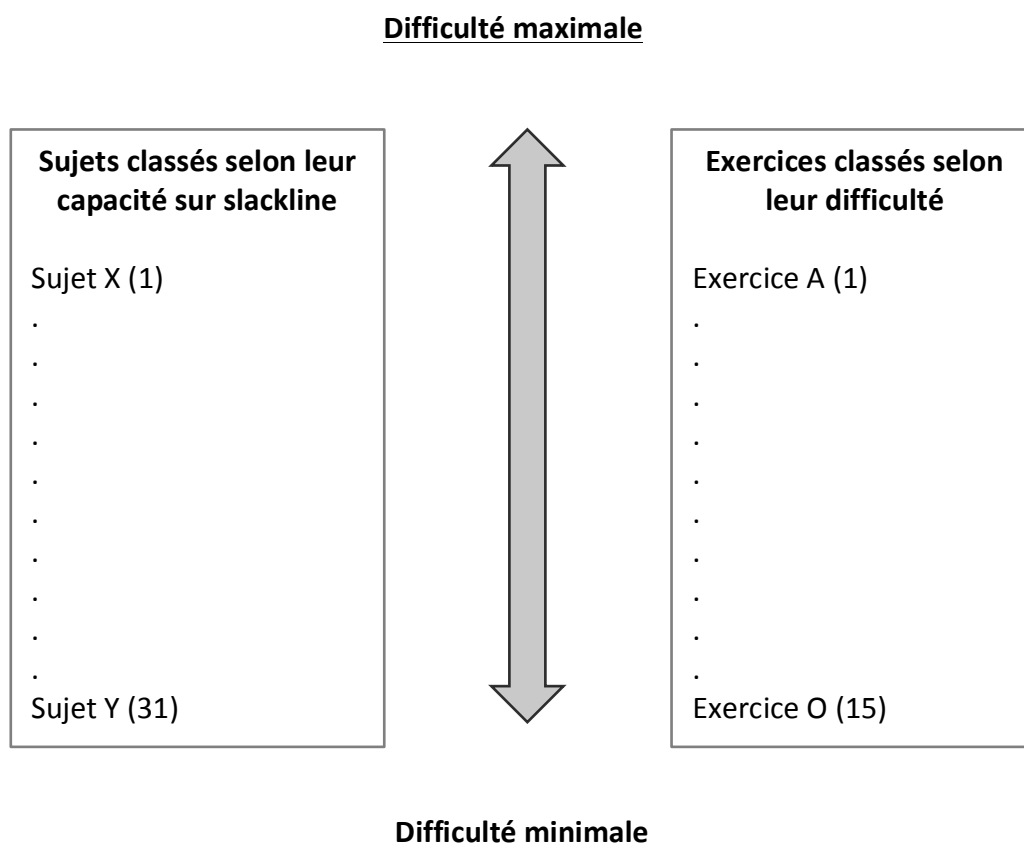


Figure 3 : Relation entre performances des sujets sur la slackline et difficulté des exercices.

A droite sont écrits les items répertoriés selon leur difficulté, déterminée par l'analyse statistique (p.17).

Le tableau de gauche présente la moyenne des résultats de chaque sujet pour tous les exercices. Cette moyenne exprime une valeur chiffrée qui quantifie la capacité de stabilisation nécessaire pour réaliser chaque exercice et ainsi créer le barème de point objectif et personnalisé pour les quinze exercices.

En classant par ordre croissant ces moyennes, nous avons obtenu une proposition de programme d'exercice hiérarchisé selon les capacités nécessaires pour la réalisation de

l'exercice, ce qui nous a finalement amené à un programme progressif d'exercices vérifiés par des tests objectifs.

2.2 Item Design

2.2.1 Taxonomie de Gentile

Nous avons tout d'abord commencé par définir notre première liste d'exercice selon une classification inspirée de la taxonomie de Gentile [Annexe 2] pour valider la pertinence ainsi que la variété des exercices.

Dans sa classification l'auteur dissocie plusieurs catégories et sous-catégories d'exercices : tout d'abord « Body Stability » et « Body Transport » concerne la catégorie « Action Function » alors que « Stationary Regulatory Condition » et « In-Motion Regulatory Conditions » étaient lié au contexte environnemental (Gentile, 2000).

Ensuite la sous-catégorie de l'action de fonction était destinée à la manipulation d'objet ou non « Object Manipulation » et « No Object Manipulation » alors que la sous-catégorie du contexte comprenait : « Intertrial Variability » et finalement « No Intertrial Variability ». En fonction de la catégorie à laquelle appartient l'exercice classé, la difficulté augmente.

Pour structurer au mieux notre étude, nous avons décidé de nous baser partiellement sur cette taxonomie.

Le contexte « Stationary Regulatory » est peu applicable pour notre progression puisque la slackline est un environnement instable par définition. Nous avons donc décidé de n'utiliser qu'une seule partie du tableau, à savoir « In-Motion Regulatory Conditions ».

Nous avons définis comme « intertriable variably » les éléments qui pouvaient influencer la capacité de stabilisation en comparaison à la même forme d'exercice sans cette variable. Par exemple fermer les yeux, dribbler avec la main faible. Ce procédé a donc permis de choisir des exercices recouvrant un panel élargi de difficulté.

2.2.2 Littérature

Pour introduire une première prise de contact avec la slackline, deux articles pertinents évoquent l'utilisation des bâtons de marche nordique (Donath *et al.*, 2013a) ainsi que des exercices de balles, et des variantes de marche, par exemple à reculons

(Pfusterschmied, Buchecker *et al.*, 2013). Ces articles ont été choisis car se sont les articles références de la littérature au sujet de la slackline.

Pour augmenter la difficulté des exercices avec une aide de soutien et ainsi répartir une meilleure progression, la base de sustentation a été limitée par des cordes attachées au sol parallèlement à la slackline. Les cordes étaient posées à 30 cm de chaque côté de la slackline. Ainsi, le sujet devait garder ses bâtons bien verticalement entre 60 centimètres de largeur.

2.2.3 Choix des experts et évaluation des exercices

Avant de finaliser la liste d'exercices qui allait être soumise à la population choisie, nous les avons présentés à cinq personnes ayant une expérience avec la slackline, mais un point de vue différent dû à leur profession. Nous avons décidé de sélectionner deux pratiquants de slackline pour l'approche ciblée.

Un slacker de Highline et un slacker de Jumpline. Tout deux sont des professionnels de la discipline.

Dans l'approche thérapeutique, deux physiothérapeutes expérimentés ont pris part à la discussion des exercices.

Enfin, un thérapeute du sport à la Leukerbad Clinic de Loèche-les-bains.

Les experts disposaient de la feuille d'exercices avec une échelle d'évaluation de pertinence (0 à 10). Nous avons présentés chaque exercice dans leur progression initiale et avons pris notes des commentaires.

2.2.4 Programme du test

Afin de disposer d'une bonne et rapide connaissance des exercices, nous les avons présentés en annexe [Annexe 1] de manière à ce qu'ils soient rapidement identifiables par leur type. L'instruction détaillée était donnée lors du test, ainsi que la modalité d'évaluation qui permet de le classer.

2.2.5 Infrastructure du test

Notre test a été réalisé dans l'une des salles de sport de l'école de Loèche-les-bains.

La slackline était tendue entre deux poteaux de barres fixes et des matelas ont été installés sur toute la longueur afin d'optimiser la sécurité lors des tests.

Afin d'exploiter les propriétés élastiques présentées dans l'introduction de la slackline, nous avons définis une longueur de 7 mètres.

Comme le but de l'étude consiste en la création d'un programme d'équilibre, l'accessibilité rapide à la slackline était primordiale. Nous avons donc choisi une largeur de 5 centimètres, ce qui facilite sa prise de contact.

Nos points d'ancrage se situaient à 60 centimètres du sol. C'est une distance tout-à-fait abordable en cas d'appréhension et aussi réalisable avec des bâtons de marche nordique. Elle empêche également de toucher le sol à son milieu, même avec la personne la plus lourde de notre panel.

Pour assurer des valeurs objectives de la tension de la slackline entre chaque passage, l'exact milieu de la slackline était marqué afin de mesurer la distance entre le sol et le sommet de la flèche lorsque le même examinateur se tenait dessus au même endroit. Ainsi la tension a été précisément vérifiée et ajustée après chaque passage pour déterminer une même hauteur.

L'infrastructure mis en place pour la délimitation du périmètre de pose des bâtons de soutien a été la suivante : avec l'aide d'un ruban adhésif, nous avons fixé la corde sur les matelas de sécurité au sol et avons mesuré une distance de 30 centimètres de chaque côté du prolongement de la slackline au sol. Ainsi une largeur de 60 centimètres était acceptée pour déposer les bâtons de soutien.

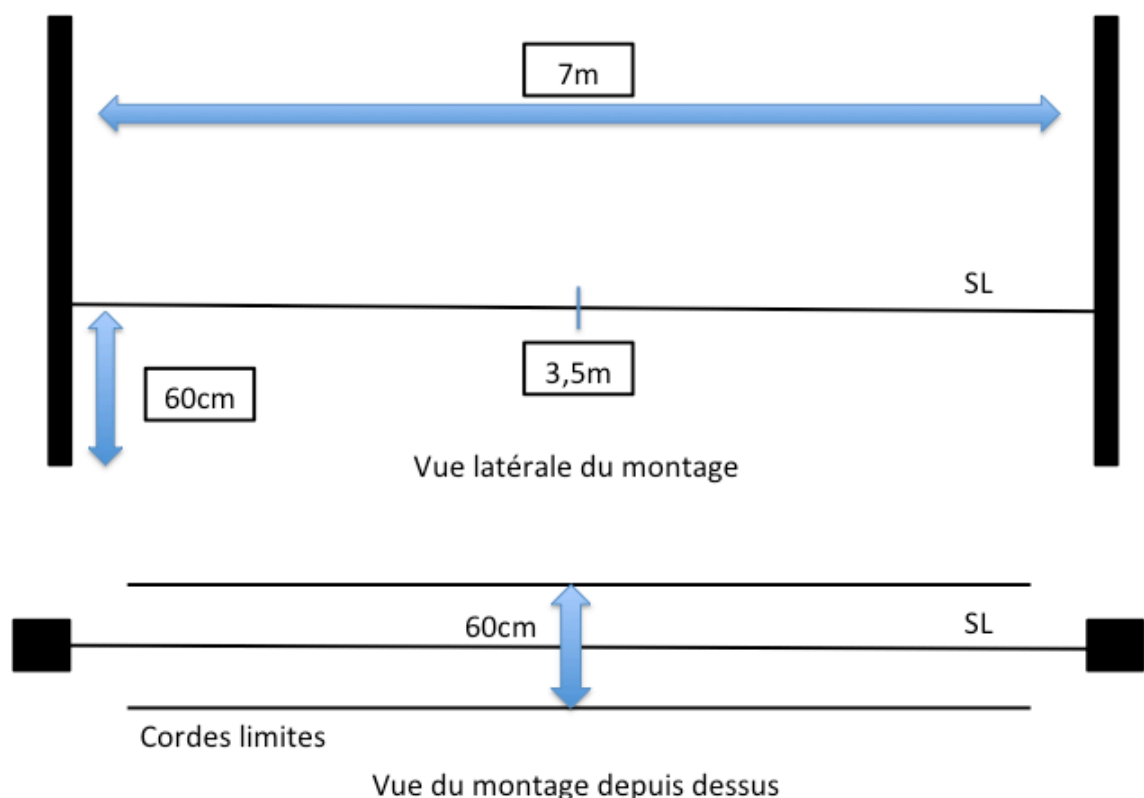


Figure 4 : Disposition et distance de l'installation de la slackline lors des tests

2.2.6 *Déroulement du test*

Les tests ont été effectués une fois par semaines sur une durée d'un mois. Nous pouvions accueillir entre sept à dix sujets par jour en fonction des heures de disponibilités de la salle. Chaque sujet se présentait à l'heure précédemment annoncée pour chacun.

Une tranche horaire de 30 minutes était à disposition pour chaque sujet. Une feuille de conseils à lire ainsi qu'un échauffement de cinq minutes précédait le début du test [Annexe 4]. Les étudiants venaient à tour de rôle, selon l'heure qui leur avait été indiquée. Un seul passage pour le programme complet mais un maximum de trois essais par exercice ont été définis.

Les exercices du test ont été réalisés dans un même ordre pour tous les sujets. En revanche, nous avons préalablement créé une randomisation des exercices par rapport à notre premier classement initial basé sur la taxonomie de Gentile. Cette décision a été prise afin de diminuer l'influence de facteurs externes comme la fatigue, la comparaison entre les sujets, et l'aspect psychologique quant à une progression déjà instaurée.

Le rôle d'un des examinateurs consistait à observer attentivement les différentes prestations des sujets. Selon la modalité d'évaluation, il fallait chronométrer le temps de maintenance sur la slackline, compter le nombre de pas, passes, rebonds ou rotations, ainsi que participer en tant que lanceur aux exercices de balles.

L'autre examinateur entrait les données transmises dans un tableau.

Les sujets remplissaient ensuite le questionnaire subjectif [Annexe 5] en indiquant quel était le niveau de difficulté de chaque exercice.

2.3 **Outcome Space**

2.3.1 *Présentation des modalités d'évaluation*

L'essai débutait lorsque le dernier pied quitte le sol et se terminait au moment où le pied controlatéral touche le sol (Pfusterschmied *et al.*, 2013). Le sujet pouvait se stabiliser avec un ou deux pieds sur la slackline.

Les exercices statiques de maintien de position ont été exprimés en seconde.

Les exercices dynamiques sans manipulations d'objets s'exprimaient en nombre de pas.

Un pas était compté à chaque fois qu'un pied était posé devant l'autre.

Il n'y avait pas de variable de temps dans ces exercices, le sujet avait donc la possibilité de se stabiliser entre chaque pas.

Les exercices statiques et dynamiques avec manipulation d'objets ont été classifiés en nombre de passes ou de rebonds. La première passe était comptée lorsque le sujet réceptionne la balle puis la relance, les passes s'additionnaient ensuite à chaque fois que le sujet relançait la balle à l'intervenant externe. Les rebonds se comptabilisaient après le premier contact de la balle au sol et lorsque le sujet la réceptionnait avec une ou deux mains.

Le nombre de squats a été défini uniquement pour l'exercice dynamique avec flexion du genou.

Chaque flexion a été comptée lorsque le sujet fléchissait le genou jusqu'à ce que le pied controlatéral effleure le sol, donc jusqu'à l'extension quasi complète de la jambe qui travail. Le sujet pouvait choisir la jambe qu'il voulait exercer. L'essai se terminait si le sujet ne pouvait pas fléchir ou retendre la jambe, ou s'il posait un pied au sol.

Le nombre de rotation débutait lorsque le patient tourne à plus de 45° la tête, de gauche à droite. Le regard suit la rotation, le sujet ne devait pas garder le contact visuel sur un point fixe. L'exercice s'arrêtait si le patient touchait le pied au sol ou s'il n'arrivait pas à tourner la tête de plus de 45°.

2.3.2 Exploitation des modalités d'évaluations

L'objectif de cette partie était d'exploiter le résultat obtenu et de le classifier selon une échelle précise. Il s'agissait de tirer une analyse logique du résultat des sujets lors du test.

Une fois la prestation des 31 sujets obtenue sur les 15 exercices, nous avons alors définis la cotation de ceux-ci.

La notation des réalisations est structurée sur une échelle allant de 1 à 3 points inspirée l'échelle de Comfort (cotation 1 à 5). Cette échelle évalue la douleur chez les enfants et adolescents en fonction de plusieurs items (« *Pediadol.org* », 2015). Nous l'avons modifiée pour correspondre au mieux à notre structure. Ce choix est lié à la taille de l'échantillon. Une échelle sur trois points permet d'avoir une répartition plus adéquate en fonction de l'échantillon de notre étude. Nous avons tout d'abord établis une échelle sur 10 points, mais cela nous amenait à des différences trop élevées car nous avions un nombre de sujet trop faible pour cette échelle. Nous avons finalement choisi l'échelle à trois points pour avoir une bonne répartition de l'échantillon sur l'échelle de notation, ce qui améliorait la précision de nos données statistiques.

Nous avons dès lors juxtaposé l'échelle à nos modalités d'évaluation, ce qui nous établit un lien entre les prestations du sujet réparties sur les différents exercices évalués de cinq manières différentes, à savoir le nombre de pas, le nombre de rotations de la tête, le nombre de secondes, le nombre de rebonds et le nombre de passes. Les performances des sujets sont numérisées et répertoriées dans la figure 1 ci-dessous.

En termes pratique, nous avons définis 1 point pour un exercice échoué ou pas maîtrisé, 2 points pour un exercice acquis mais peu maîtrisé et finalement 3 points pour un exercice acquis et maîtrisé.

Nous avons personnalisé une répartition différente des modalités d'évaluations en fonction de l'échelle à trois points.

Le sujet obtient le maximum de points lorsqu'il dépasse un seuil propre à chaque modalité. Pour le nombre de pas par exemple : l'exercice est acquis et maîtrisé si le sujet a réalisé plus de 9 pas.

<i>Notation</i>	<i>Pas</i>	<i>Rotations</i>	<i>Secondes</i>	<i>Passes</i>	<i>Squats</i>	<i>Rebonds</i>
<i>1</i>	0-4	0-3	0-4	0-3	0-3	0-7
<i>2</i>	5-9	4-7	5-9	4-7	4-7	8-15
<i>3</i>	>9	>7	>9	>7	>7	>15

Figure 5 : Echelle de Comfort adaptée sur 3 points.

2.4 Measurement

2.4.1 *Modèle de Rasch*

Afin d'organiser les exercices dans un ordre croissant, la dernière étape de notre méthode consistait à analyser les données récupérées des tests objectifs. Comme chaque performance des sujets de l'échantillon est équivalente à une valeur comme expliqué dans la partie « Outcome Space », nous obtenons donc une base de données pour chaque exercice.

Deux paramètres interviennent dans ces mesures : la performance du sujet test et la difficulté propre à chaque item (Rasch, 1993).

Le modèle de Rasch nous permettait de créer une échelle commune à tous les exercices malgré les différences d'énoncé.

Le choix de ce modèle s'est imposé car les analyses statistiques qui en ressortent permettent d'assurer l'indépendance des exercices par rapport à la population. Cela signifie que tous les exercices appartiennent à la même construction unidimensionnelle et Item-fit. Une échelle d'intervalle de difficulté entre chaque exercice permet d'évaluer la difficulté propre de l'exercice et les différences de difficulté entre chacun. Nous pouvons également observer si un exercice est réalisable ou non.

2.4.2 *Les données statistiques étudiées*

Les données statistiques qui ont été pertinentes pour notre étude sont celles qui permettent de classer les exercices selon leur difficulté, puis celles qui vérifient la cohérence des exercices entre eux.

La mesure de la difficulté d'un exercice se fait sur la base des moyennes des résultats de tous les participants. Cette moyenne est ensuite traitée avec les formules proposées dans le modèle pour obtenir une valeur finale de cotation de l'exercice (Rasch, 1993). La réalité impose aussi de tenir compte des valeurs d'erreurs standards liées aux mesures et approximations.

Pour prouver la cohérence des items entre eux, nous avons relevé les valeurs Infit et Outfit mean-square. Elles indiquent si les exercices s'ajustent au modèle ou non (Rasch, 1993).

La valeur Infit décrit la sensibilité de l'exercice à la configuration des réponses aux items par les sujets. La valeur Outfit montre la sensibilité de l'exercice aux difficultés

des autres items (sans considérer les sujets tests). Ainsi nous pouvons sélectionner une série d'exercices qui soient cohérents entre eux, dont les valeurs mean-square sont comprises dans la norme proposée entre $0.5 < 1 < 1.7$ (Linacre, 2013).

La répartition des exercices autour de la moyenne de difficulté a été observée avec l'aide d'un Scatter plot des valeurs de difficulté en fonction des valeurs Infit-mean square. Ces données sont également observables à partir de l'histogramme de relation entre les capacités des sujets tests et la difficulté des items, présenté dans la partie « Résultats » ci-dessous (p.22).

2.4.3 Analyse subjective

Après leur passage, chaque sujet a estimé la difficulté des exercices sur une échelle de 0 à 10 en fonction de leur ressenti face à la prestation [Annexe 5]. Nous l'avons ensuite modifiée pour la définir sur 3 points afin qu'elle soit comparable à l'échelle objective. La moyenne des deux résultats a été faite afin de les superposer dans le graphique que nous présentons dans la partie résultat.

L'analyse statistique complète est présentée dans la partie « Résultats statistiques » ci-après.

3 Résultats

3.1 Choix des exercices

3.1.1 Gentile Taxonomie

Dans un premier temps, 24 exercices ont été créés à partir du tableau de la taxonomie de Gentile. Ils remplissaient toutes les cases souhaitées selon leur type défini par Gentile. Cette opération permet de répartir les exercices en fonction de leur difficulté, et de recouvrir tout le panel du plus facile au plus difficile.

3.1.2 Discussion avec les experts

Nous avons présentés les 24 exercices créés à partir de la taxonomie de Gentile aux experts. Après l'évaluation du programme, 15 exercices ont été sélectionnés. Ces exercices étaient les mieux notés sur la grille remplie par les experts. Ce programme modifié a été soumis par tests à 31 sujets.

3.2 Résultats statistiques

Les résultats chiffrés présentés dans cette partie correspondent à une analyse du programme définitif. Ce choix a été fait dans un souci de concision, afin de rester dans le cadre d'un travail de Bachelor.

3.2.1 Item-fit statistique

Le tableau ci-dessous (Figure 6) regroupe les données statistiques relatives aux tests objectifs que nous avons réalisés sur 31 sujets. Il s'agit d'un résumé de l'Item-fit, c'est à dire de l'analyse des items en fonction des performances des sujets lors des tests. Le but est d'évaluer la cohérence des exercices ainsi que leur hiérarchie en fonction du paramètre de difficulté de chaque exercice. Les items sont nommés par un identifiant comme par exemple MaR pour la marche à reculons. Les différentes valeurs inscrites dans la figure 3 sont expliquées à la suite du tableau.

Pour l'exercice MA2, les données statistiques sont particulières car tous les sujets ont obtenu le maximum de points. L'écart à la moyenne étant nul, on observe des valeurs Mean-square de 1 pour l'Outfit et l'Infit. Ceci explique également l'absence de valeur pour le point de corrélation.

Ce sont les exercices de la marche latérale et les passes avec une balle de tennis qui ont été retirés car leurs résultats statistiques divergeaient trop de la moyenne, les valeurs statistiques Outfit et Infit Mean-Square étaient supérieures à 2

Exercices	Difficulté	Erreur standard	Pt-corrélation	Infit msq	Outfit msq
MaR	-0.72	0.36	0.70	0.82	0.62
RoT	3.04	0.40	0.85	0.45	0.35
MA1	-1.60	0.41	0.64	0.84	0.58
DMFo	-2.15	0.45	0.50	1.35	0.72
Sta1	-3.55	0.65	0.26	1.85	1.20
DTa	-0.59	0.36	0.66	1.15	0.82
MA2	-6.1	1.85	-	1	1
PaB	4.60	0.51	0.64	1.03	0.47
SYF	4.35	0.48	0.66	0.78	0.70
S1J	-1.95	0.43	0.53	1.23	0.71
MA0	1.44	0.35	0.60	1.41	1.72
Sta0	-1.28	0.39	0.62	0.90	0.68
DMFa	-1.60	0.41	0.56	1.02	1.46

Figure 6 : Résumé de la statistique « Itemfit ».

3.2.2 Difficulté

La difficulté représentée de la figure 6 est comprise entre les valeurs -3.55 (Sta1) et 4.60 (PaB). Neuf exercices présentent une difficulté négative alors que quatre sont positif. Les exercices avec une valeur négative sont plus faciles que la moyenne de difficulté et à l'inverse pour les exercices à valeur positive.

3.2.3 Erreur standard

L'erreur standard (SE) dépendante de la variance et de l'écart type, est propre à chaque exercice. Si chaque valeur de résultat à nos exercices nous approche de la moyenne des mesures, l'erreur standard nous montre la déviation par rapport au modèle estimé (J. Linacre, 2005). La plus haute valeur de SE est donnée à l'exercice MA2 (1,85), et la plus basse à MA0 (0,35).

3.2.4 Point de corrélation

L'analyse a relevé que tous les points de corrélation sont positifs. Il ressort que tous les exercices ont la même tendance et que la corrélation est comprise entre 0.26 (Sta1) et 0.85 (RoT). Ce constat nous permet d'utiliser ces valeurs dans le cadre du modèle de Rasch.

3.2.5 Mean-square Infit

L'exercice Sta1 présente une valeur en Mean-square Infit à 1.85. L'exercice RoT présente une valeur en overfit de 0.45. Les valeurs des autres exercices sont adéquates ($0.5 < X < 1.7$). Sur la figure 7 ci-dessous, deux exercices sont en dehors de la norme, qui est représentée par la zone bleutée. La taille des bulles est dépendante de l'erreur standard propre à chaque exercice. La bulle de l'exercice MA2 est plus grande car d'après ses valeurs propres, il a une grande erreur standard, ce qui dans la réalité est faux car tous les sujet ont fait le maximum de point.

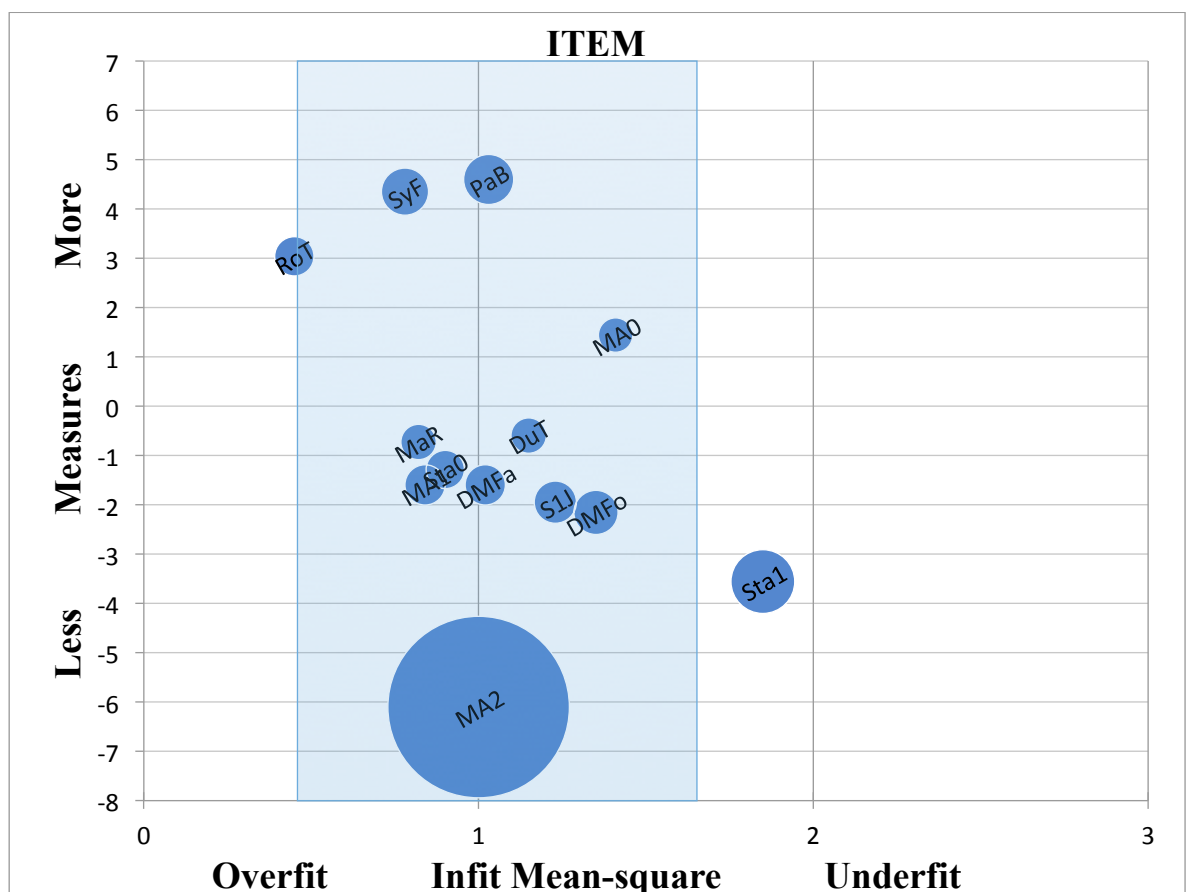


Figure 7 : Bubble chart de l'infit mean-square en fonction de la difficulté (mesures) des items. L'axe horizontal représente les valeurs infit et l'axe vertical la difficulté.

3.2.6 Mean-square outfit

Trois exercices du programme ont présenté une valeur outfit soit en underfit (>1.7) soit en overfit (<0.5). L'exercice MA0 présente une valeur en outfit de 1.72, qui est une valeur en underfit. Les exercices RoT et PaB sont en overfit avec des valeurs de respectivement 0.35 et 0.47. La figure 8 rapporte ces valeurs sur un schéma.

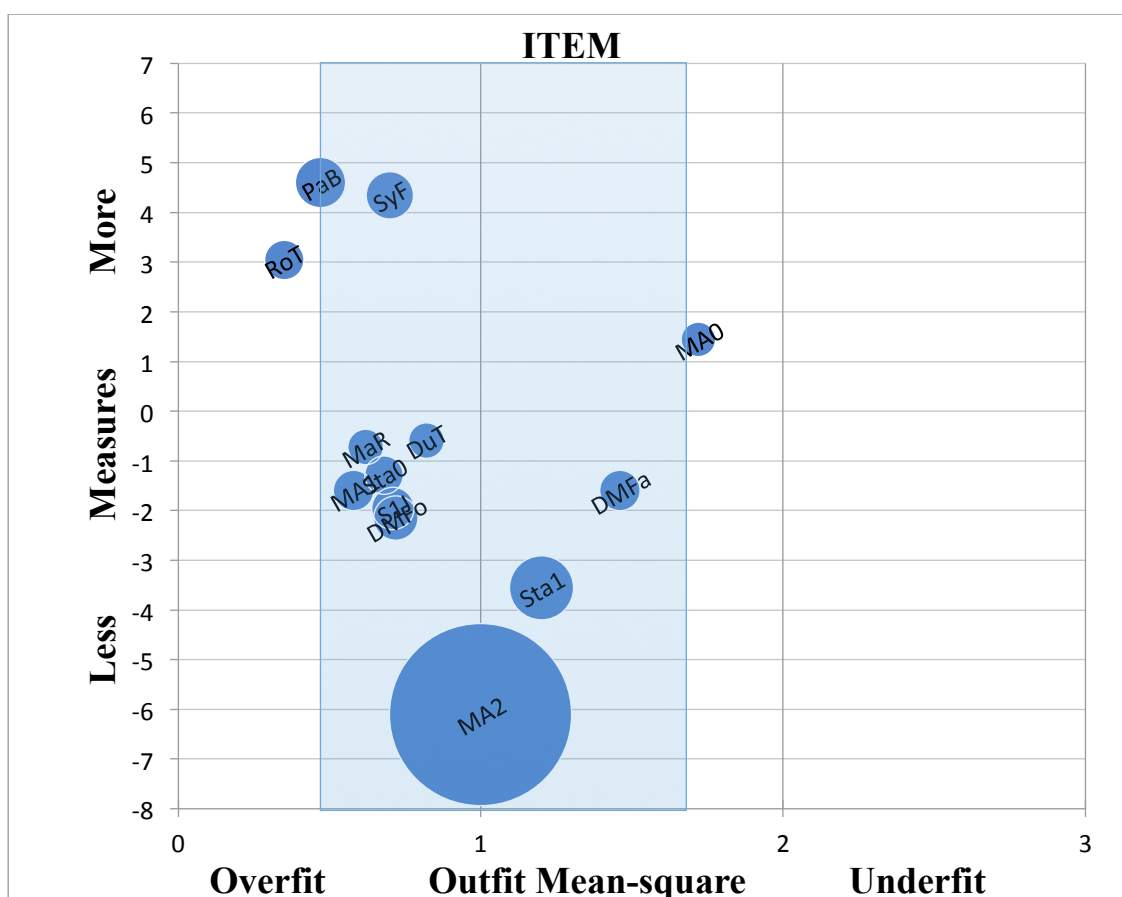


Figure 8 : Bubble chart de l'outfit mean-square en fonction de la difficulté (measures) des items. L'axe X représente les valeurs outfit et l'axe Y la difficulté.

3.2.7 Wright map

Les capacités des sujets sont comprises entre -2.36 et 6.06 logit. L'histogramme représenté dans la figure 9 met en relation les capacités des sujets tests et la difficulté des items. Les valeurs sont organisées dans un ordre croissant. L'exercice PaB est donc l'exercice le plus difficile selon l'analyse de Rasch (logit 4.6), et le sujet 17 (logit 6.06) celui qui a réalisé la meilleure performance sur l'ensemble du programme. A l'inverse

l'exercice 8 est l'exercice le moins difficile (logit -6.1) et le sujet 23 (logit -2.36) celui qui a réalisé les performances les plus faibles.

Si on considère que la moyenne est de 0 (représentée sur l'histogramme par M+), alors 20 sujets sont au-delà pour quatre exercices également en-delà de la moyenne de difficulté. Par contre en-dessous de 0 nous avons 11 sujets pour neuf exercices.

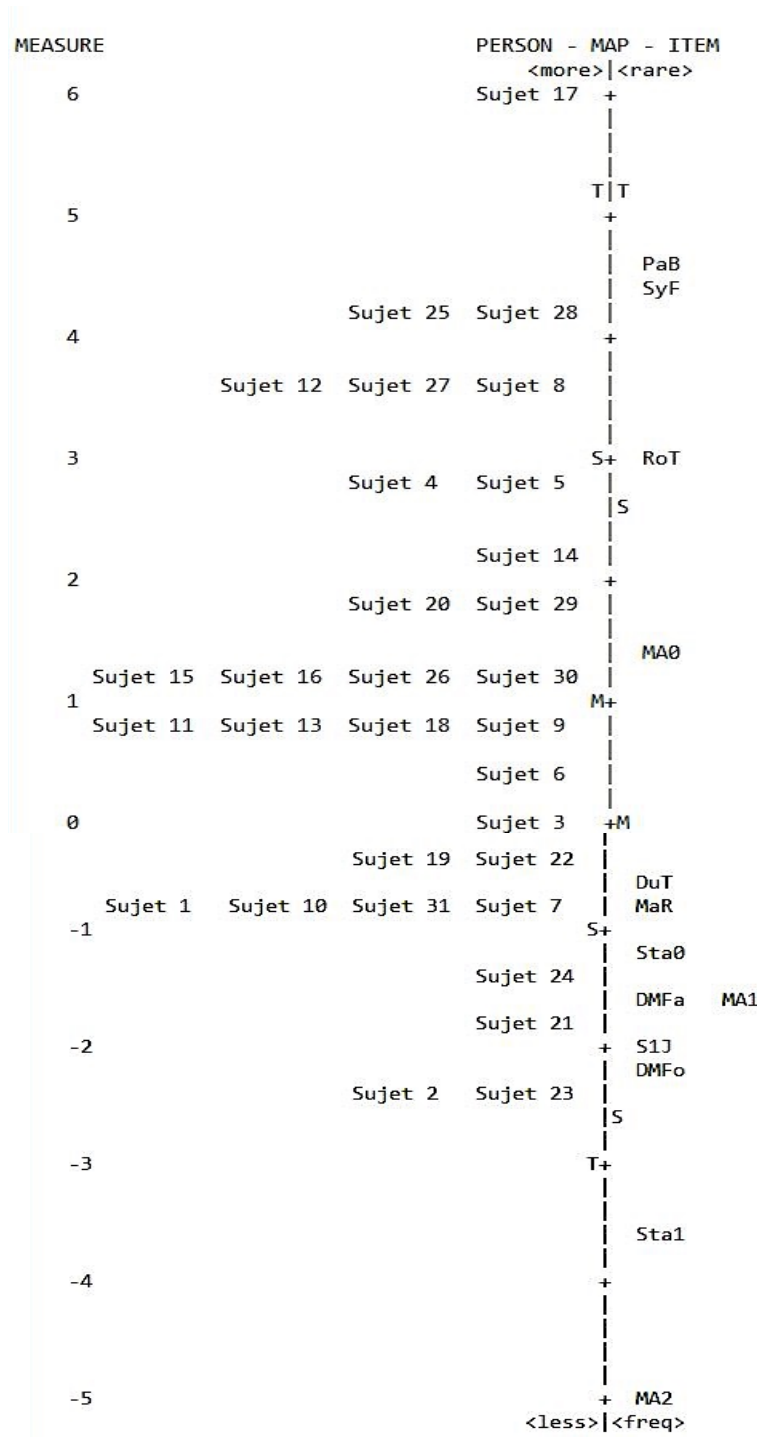
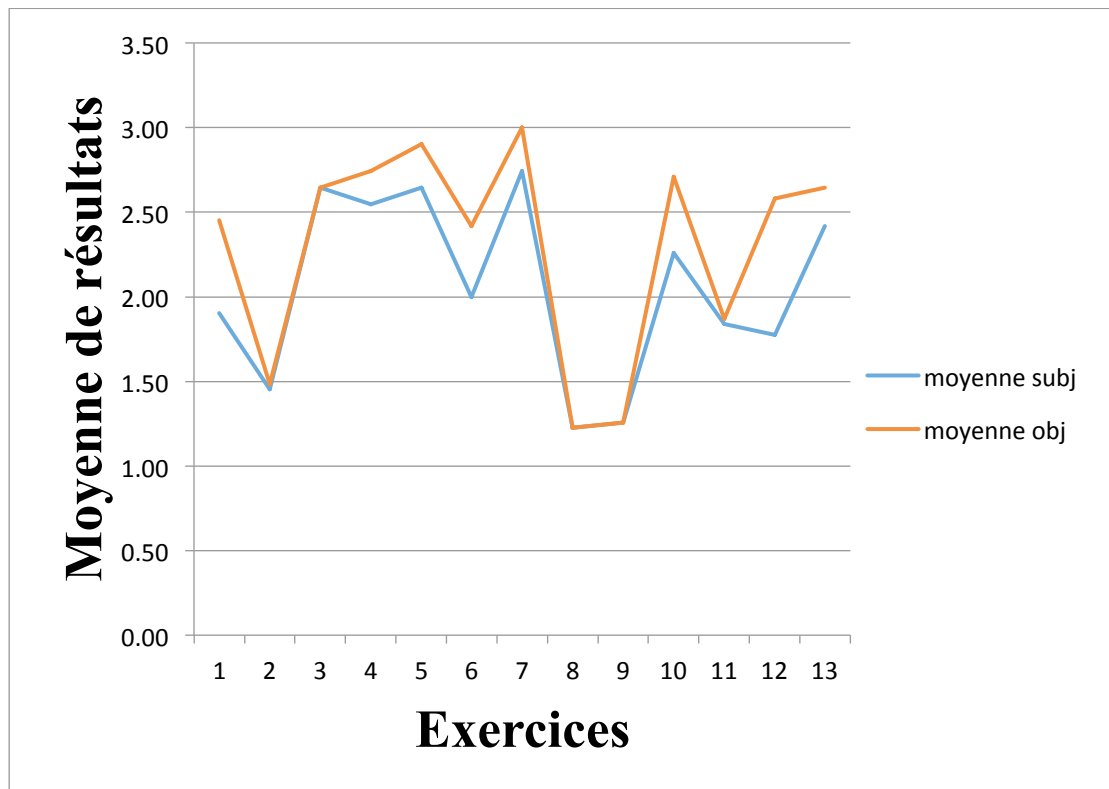


Figure 9 : Histogramme de relation entre les capacités des sujets tests et la difficulté des items.

3.2.8 Comparaison aux données subjectives

Dans le but de valider notre analyse statistique, nous comparons nos valeurs sortantes des tests objectifs aux valeurs sortantes du questionnaire subjectif. Nous comparons dans la figure 10 ci-dessous les moyennes des résultats de chaque sujet pour chaque exercice. Le graphique ne tient pas compte des exercices retirés des statistiques (MaL et PaT).



1 =MaR / 2 =RoT / 3 =MA1 / 4 =DMFo / 5 =Sta1 / 6=DuT / 7 =MA2 / 8 =PaB /
9 =SyF / 10 =S1J / 11 =MA0 / 12 =Sta0 / 13 =DMFa

Figure 10 : Comparaison des moyennes des résultats de chaque sujet pour chaque exercice.

On peut observer sur graphique ci-dessus que la tendance des courbes est approximativement correspondante. Seul l'exercice Sta0 suit une tendance inversée. De plus, nous avons calculé la corrélation entre les deux séries de moyenne (subjective et objective). Elle équivaut à 0,92 sur 1.

4 Discussion

4.1 Présélection des exercices

La principale observation qui est ressortie de la discussion avec les experts est que les exercices paraissaient pour la majorité d'entre eux très difficiles. Il y avait beaucoup d'exercice (24) dont certains étaient très similaires. Le niveau global était trop élevé.

La variété globale des exercices ainsi que l'utilisation d'outils externe à la slackline était pertinente.

Après évaluation, neuf exercices ont été supprimés du programme pour diminuer la difficulté observable. Nous avons également modifié certains exercices pour les rendre plus accessibles.

4.2 Observations générales

La sélection de 13 exercices est choisie pour garantir une cohérence statistique optimale car il est nécessaire d'avoir une progression structurée et continue au sein du programme [Annexe 6]. Celui-ci doit non-seulement démontrer une facilité d'accès lors des premiers exercices mais aussi une progression attendue et adaptée à un patient jeune et en bonne santé. Le suivi doit ensuite prouver son évolution régulière. Celle-ci doit être respectée et répartie selon les seuils afin de situer le patient sur ses performances et préserver son envie de progresser tout au long du programme. Le feedback du patient permet de passer ces paliers par l'apprentissage de ses expériences (Anlauff, Cooperstock et Fung, 2013).

Les points clefs expliqués dans le paragraphe précédent se reflètent dans nos données statistiques. La principale observation ressort une bonne adaptation de la répartition des exercices sur le panel de difficulté. Dans la figure 6 « Wright Map », 9 exercices sur les 13 se situent en dessous de la moyenne. Nous remarquons une bonne partialité de ces 9 exercices qui recouvre tout la difficulté jusqu'à sa moyenne. En dessus, les 4 exercices sont également bien étendus dans la progression. On note néanmoins que ces derniers, sont relativement espacés entre eux, ce qui diminue la précision de la progression.

D'un point de vue du sujet, nous remarquons que pour une personne en particulier, les exercices représentés sont très bas, ou que le sujet est très haut dans l'histogramme de relation entre les capacités des sujets et la difficulté des exercices. Cela signifie que ce sujet avait des capacités bien plus élevées que la moyenne et les exercices se sont alors

avérés très faciles. Deux exercices ont une valeur de difficulté plus basse que les performances des sujets ayant les moins bons résultats. On peut déduire de ce constat que notre programme d'exercice évoque une tendance à la facilité si on considère les moyennes des performances des sujets et les moyennes de difficulté des exercices. Une de nos hypothèses serait que la population de notre étude est composée d'étudiants en physiothérapie. Il est probable que ces étudiants ont dans la majorité des cas, déjà passé des tests d'équilibre et entraîné leurs capacités de contrôle posturale. Cette connaissance les amène à posséder une meilleure perception kinesthésique de leur corps. Ainsi peut-être que la moyenne des capacités d'équilibre est plus élevée dans une population de ce type en comparaison à une population d'étudiant de la même tranche d'âge mais dans une autre filière de formation.

4.3 Itemfit Statistic

Il est ressorti que les différents exercices proposés dans le programme sont cohérents dans l'analyse de l'itemfit. L'analyse de Rasch a montré de meilleurs résultats sans deux des exercices du programme initial.

L'exercice ML1 consistait à marcher latéralement avec une position de pieds perpendiculaire à la slackline, et avec l'aide d'un bâton de soutien. Sa cohérence s'est démontrée contradictoire autant dans l'analyse que pendant la pratique. En effet, il s'agit du seul exercice où la position des pieds et la direction de la marche différaient des autres. Les sujets ayant réalisé les meilleurs résultats ou ayant déjà pratiqué la slackline se sont retrouvés en difficulté face à cette prestation. L'effet de la slackline n'est pas habituel dans cette position. Cette différence s'est montrée moins marquée lors du passage des sujets n'ayant jamais ou que très peu pratiqué cette discipline.

Nous avons également retiré l'exercice PaT où le sujet devait attraper une balle de tennis et la relancer en position statique au milieu de la slackline. Plusieurs facteurs dépendaient trop de l'examineur et ne pouvait pas s'appliquer de manière objective pour chaque sujet. Par exemple, la reproductibilité du geste et de la trajectoire de l'examineur lorsqu'il lance la balle de tennis. Le sujet avait également le choix de sa main de réception.

Pour améliorer cette observation, il aurait été judicieux de dissocier l'exercice en deux avec la main forte et faible comme les exercices DmFo et DmFa.

L'exercice RoT est en dehors de la norme pour les valeurs infit et outfit. Nous l'avons néanmoins gardé dans notre programme, d'une part les écarts à la norme sont faibles et d'autre part, la suppression du point fixe visuel rend l'exercice pertinent.

L'exercice qui ressort particulièrement lors de l'analyse des graphiques est également le plus bas sur l'échelle de la difficulté. Il s'agit de l'exercice MA2 qui consiste à marcher sur la slackline avec l'aide de deux bâtons.

Lors de la pratique, tous les sujets ont eu l'attribution de trois points pour cet exercice, à savoir la réalisation de la traversée complète ou plus de 9 pas.

Malgré les résultats statistiques différents, nous avons considéré dans la pratique que cet exercice faisait partie intégrante du programme puisqu'il introduit le sujet à la discipline et favorise une bonne prise de contact.

4.4 Force Statistique

Afin d'optimiser la pertinence de notre analyse statistique, il est nécessaire de vérifier la qualité des paramètres qui influent sur les tests. Les points ci-dessous développent les principaux d'entre eux.

4.4.1 Population

Notre étude tient compte de résultats de 31 sujets. Selon Linacre, une étude de notre type doit comprendre une population entre : $27 < N < 61$ avec N = nombre de participants (Linacre, 2013). Dans son livre « Best test design », Wright s'appuie sur une série de 18 tests effectués par 35 enfants (Wright et Stone, 1979). Notre population, bien que faible, est donc suffisante pour obtenir une analyse statistique valable. Dans le même article, Linacre explique que l'on peut renforcer la robustesse de l'analyse en choisissant une population homogène. Dans ce sens, nous avons choisi de travailler avec une population d'un âge rapproché et d'un statut égal (jeune et en bonne santé).

4.4.2 Questionnaire subjectif

Le questionnaire subjectif permet de vérifier la tendance des résultats donnés par chaque sujet pour chaque exercice. D'après les résultats, la tendance de difficulté suit une courbe similaire dans le cas des tests objectifs et dans le cas du questionnaire subjectif sauf pour un exercice (Sta0). La corrélation de 0,91 entre les moyennes de

difficulté pour chaque exercice, montre une tendance relativement proche pour les deux tables de donnée. Cette observation confirme notre analyse et renforce sa crédibilité.

4.5 Mise en relation avec la littérature existante

Nous avons relaté dans l'introduction de ce travail que la littérature concernant la slackline est relativement pauvre. On peut malgré tout relier notre recherche à plusieurs autres articles sur le sujet.

Donath et al. montrent à plusieurs reprises que l'entraînement sur slackline n'améliore peut-être pas les capacités statiques et dynamiques dans l'équilibre mais uniquement les performances sur slackline (Donath *et al.*, 2013; Donath, Roth, Zahner et Faude, 2015). Ils proposaient des exercices de difficulté variable, mais dont la progression n'était pas vérifiée. Nous pouvons penser que le suivi d'un programme validé d'exercices progressifs serait plus propice à une amélioration des capacités d'équilibre en général. Notre travail amènerait alors un outil vérifié afin de tester ses effets sur l'équilibre ou le contrôle postural plus précisément.

Il n'est pas déraisonnable de prévoir un effet de la slackline sur les capacités d'équilibre suite à un entraînement. Pfusterschmied et al. montrent que les capacités d'équilibre acquises après un entraînement sur slackline sont transférables à d'autres exercices posturaux (Pfusterschmied, Buchecker, *et al.*, De plus, 2013b). Santos évoque également les effets positifs de la slackline sur le contrôle postural chez des judokas et des basketteuses (Santos *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2015).

Ces observations signifient qu'il est nécessaire de créer un programme d'exercice de base, qui permettrait de comparer la slackline à un autre outil d'entraînement de l'équilibre.

A notre connaissance, il n'existe pas encore de programme d'exercice d'entraînement sur slackline validé.

4.6 Implication pour la pratique

L'objectif qui fait suite à notre travail est de faire connaître le programme d'entraînement afin que l'étude soit poursuivie. Notre rôle sera de s'impliquer et de se

faire connaître dans le monde médical travers de congrès ou de présentations. Il est également possible de populariser notre programme en le proposant sur des plateformes en ligne.

La variation et la possibilité de modifications rapides des exercices pour augmenter ou diminuer la difficulté du programme permettent de l'adapter à l'infrastructure et au type de patient. Nous pouvons par exemple varier la complexité en enlevant ou en rajoutant le bâton de soutien pour chaque exercice. Agir sur la base de sustentation ou la variation du jeu de balle a également une influence considérable.

Il faut aussi souligner que la slackline est un outil attractif pour la patientèle. En effet son côté ludique et pratique (en terme de coût et d'installation), favorise son utilisation auprès des patients, surtout jeune ou sportifs (Bächle et Hepp, 2010). Le fait d'avoir un programme défini sur lequel s'entraîner favorise grandement l'attractivité de la slackline à des fins thérapeutiques.

4.7 Pistes pour le futur

L'étape qui suit notre travail est de prouver son efficacité par une étude comparative ciblée entre notre programme et une méthode classique d'entraînement de l'équilibre connue et validée. Ceci pourrait permettre à une future étude d'estimer l'efficacité de notre programme par comparaison à des tests standardisés et validés.

Nous avons pu remarquer dans les observations générales ressortant des résultats de l'analyse que notre programme d'exercices est composé d'étape relativement plus simple que les capacités des sujets tests, si on considère la globalité de la population donnée. Nous conseillons alors d'augmenter légèrement le niveau de difficulté en modifiant simplement des paramètres dans certains exercices. Il est possible de modifier un exercice sans changer sa structure, par exemple en retirant un soutien ou en changeant la longueur de la slackline.

La slackline est déjà utilisée dans le milieu sportif pour améliorer les capacités mentale de concentration (Rodenkirch *et al.*, 2012), ainsi que pour la proprioception et la kinesthésie (Volery, Lorenzetti, de Bruin et Müller, 2010). Il serait possible sur le long terme d'intégrer notre programme à un entraînement de préparation à la compétition, ceci dans le but d'améliorer les performances.

4.8 Forces et limites de l'étude

Deux parties sont différenciées dans ce chapitre, les forces et limites de notre étude tout d'abord, puis les mêmes points pour le thème de la slackline à proprement parler.

A notre connaissance, il n'existe pas encore de programme d'exercices spécifiques à la slackline qui soit validé par une étude et il s'agit là de notre principal avantage. Notre travail le fait en s'appuyant sur des données relevées à partir de tests objectifs et d'une méthode cohérente. Nous avons tout de même remarqué que les items choisis se sont avérés dans l'ensemble, en termes de moyenne de difficulté, moins élevés que prévu en comparaison des capacités de la population choisie. Cela pourra aisément être modifié dans la suite de l'étude. Le deuxième point à souligner est le choix de l'outil d'analyse des données. Le modèle de Rasch s'adapte particulièrement bien à ce type de recherche. Il permet de comparer les capacités de la population et les difficultés des exercices proposés. Ceci nous a permis de créer une hiérarchie cohérente et fondée sur des paramètres objectifs. Le facteur limitant de notre étude est la population cible sur laquelle nous avons réalisé les tests. Tous les sujets sont jeunes et en bonne santé selon les critères d'inclusion. Cela peut nous amener à nous demander si le programme est réalisable sur une population différente en réhabilitation, et si oui dans quelles mesures. La difficulté majeure a été de trouver suffisamment d'articles de la littérature pour appuyer notre étude. Les études existantes restent limitées en termes de population utilisée et de résultats différents (Donath *et al.*, 2013; Pfusterschmied *et al.*, 2013; Schärli *et al.* 2013). Tous les articles dont nous nous sommes servis sont référencés dans la partie « références » (p.31).

La slackline a proprement parlé est un outil ludique, pratique dans son utilisation et peu coûteux. De plus, on observe une progression dans l'utilisation de la slackline dans les milieux sportifs et thérapeutiques comme le soulève l'Office fédérale du sport (OFSP) dans un article sur la slackline (« mobilesport.ch », 2012). Par contre, nous ne sommes pas certains de l'intérêt des milieux de la recherche et de la physiothérapie concernant la slackline. Même si beaucoup d'entre eux considèrent cet outil comme intéressant et attractif, la slackline est-elle déjà suffisamment présente pour développer les recherches et être peut-être un jour acceptée de tous ?

5 Conclusion

L'objectif de l'étude que nous avons réalisée, consiste à créer et valider un programme progressif d'exercices pour améliorer l'équilibre sur la slackline [Annexe 6]. L'analyse statistique des tests soumis à la population choisie, montre une bonne cohérence au sein du programme. La difficulté des exercices recouvre tout le spectre des capacités des sujets. Il y a tout de même moins d'exercices difficiles que d'exercices faciles.

Dans un cadre plus général, notre travail peut donc être considéré comme base à une suite d'étude visant à rechercher dans quelle mesure la slackline est efficace pour l'amélioration de l'équilibre. Le but à long terme étant d'intégrer cet outil dans le quotidien physiothérapeutique.

6 Références

- Anlauff, J., Cooperstock, J. R. et Fung, J. (2013). Augmented feedback for learning single-legged stance on a slackline (p. 162-163). Communication présentée au Virtual Rehabilitation (ICVR), 2013 International Conference on, IEEE.
- Bächle, F. et Hepp, T. (2010). *Slackline im schulischen Unterricht*. na.
- Dakas slackline. (2013). *dakas.fr*. Repéré à <http://www.dakas.fr/fr/conseils-slackline/90-comment-connaître-la-tension-de-ma-slackline-.html>
- Donath, L., Roth, R., Ruegge, A., Groppa, M., Zahner, L. et Faude, O. (2013a). Effects of slackline training on balance, jump performance & muscle activity in young children. *International journal of sports medicine*, 34(12), 1093-1098.
- Donath, L., Roth, R., Zahner, L. et Faude, O. (2015). Slackline training and neuromuscular performance in seniors: A randomized controlled trial. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*.
- Gabel, C. P., Osborne, J. et Burkett, B. (2015). The influence of 'Slacklining' on quadriceps rehabilitation, activation and intensity. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(1), 62-66.
- Gentile, A. (2000). Skill acquisition : Action, movement, and neuromotor processes. *Movement science : Foundations for physical therapy in rehabilitation*, 2, 111-187.
- Granacher, U., Iten, N., Roth, R. et Gollhofer, A. (2010). Slackline training for balance and strength promotion. *International journal of sports medicine*, 31(10), 717.
- Kroiß, A. (2007). Der Trendsport Slackline und seine Anwendungsmöglichkeiten im Schulsport.
- Kueng, U. M. (s.d.). Effectivity of Slackline-Training in Physiotherapy.
- Laurent, A. et Morel, F. (2013). Efficacité des moyens de traitement physiothérapeutiques pour l'équilibre assis dynamique chez les patients souffrant d'une lésion médullaire.
- Linacre, J. (2005). Standard Errors : Means, Measures, Origins and Anchor Values. *Rasch Measurement Transactions*, 19(3), 1030.
- Linacre, M. (2013). Sample size and item calibration (or person measure) stability. 2010.
- Pfusterschmied, J., Buchecker, M., Keller, M., Wagner, H., Taube, W. et Müller, E. (2013b). Supervised slackline training improves postural stability. *European Journal of*

Sport Science, 13(1), 49-57.

Pfusterschmied, J., Stöggl, T., Buchecker, M., Lindinger, S., Wagner, H. et Müller, E. (2013). Effects of 4-week slackline training on lower limb joint motion and muscle activation. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 562-566.

Rasch, G. (1993). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. ERIC.

Rodenkirch, T., Lutz, K., Müller, R. et Murer, K. (2012). Verbesserung der Konzentrationsfähigkeit mittels Slacklinetraining.

Santos, L., Fernandez-Rio, J., Fernandez-Garcia, B. et Jakobsen, M. (2014). The effects of supervised Slackline Training on postural balance in judoists. *MED SPORT*, 67, 1-2.

Santos, L., Fernández-Río, J., Fernández-García, B., Jakobsen, M. D., González, G. L. et Suman, O. E. (2015). Effects of slackline training on postural control, jump performance and myoelectrical activity in female basketball players. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*.

Schärli, A. M., Keller, M., Lorenzetti, S., Murer, K. et van de Langenberg, R. (2013). Balancing on a slackline : 8-year-olds vs. adults. *Frontiers in psychology*, 4.

Volery, S., Lorenzetti, S., de Bruin, E. D. et Müller, R. (2010). Auswirkungen eines Slackline-resp. eines herkömmlichen Gleichgewichtstrainings auf die Sensomotorik und die Gleichgewichtsfähigkeit.

Wilson, M. (2004). *Constructing measures: An item response modeling approach*. Routledge.

Wright, B. D. et Stone, M. H. (1979). Best Test Design. Rasch Measurement.

mobilesport.ch. (2012). *mobilesport.ch*. Repéré 24 mai 2016, à

<https://www.mobilesport.ch/slackline-fr/slackline-en-equilibre-sur-un-fil/>

nwslackline.org. (2016). *nwslackline.org.*, à

<http://www.nwslackline.org/618/different-types-of-slacklines>

Pediadol.org. (2015). *Pediadol.org*. Repéré 6 juin 2016, à

<https://www.pediadol.org/echelle-comfort.html>

slacktivity.ch. (2009). *slacktivity.ch*. Repéré 4 mai 2016, à <http://www.slacktivity.ch/fr/>

Annexe 1 : Liste des exercices testés

1) MaR

Type : Dynamique avec une aide

Instruction : *Marcher à reculons sur la slackline, un pied derrière l'autre, avec l'aide d'un bâton de marche nordique.*

Modalité d'évaluation : nombre de pas

2) MaL

Type : Dynamique avec aide

Instruction : *Marcher latéralement sur la slackline, avec l'aide d'un bâton de marche nordique devant soi.*

Modalité d'évaluation : nombre de pas

3) RoT

Type : Statique avec exercice déstabilisant

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline, regarder à gauche et à droite*

Modalité d'évaluation : nombre de rotations

4) MA1

Type : Dynamique avec une aide

Instruction : *Marcher sur la slackline en avant, avec l'aide d'un seul bâton de soutien (du côté prédominant).*

Modalité d'évaluation : nombre de pas

5) DMFo

Type : Statique avec objet déstabilisant et une aide

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline et avec l'aide d'un bâton de soutien, faire rebondir au sol une balle de basket avec la main prédominante.*

Modalité d'évaluation : nombre de rebonds

6) Sta1

Type : Statique avec une aide

Instruction : *Avec l'aide d'un bâtons de marche nordique, tenir en équilibre debout sur la slackline, les pieds l'un derrière l'autre.*

Modalité d'évaluation : temps (s)

7) DTa

Type : Dynamique avec une aide et objet déstabilisant

Instruction : Marche avec un bâton, lancer une balle et la rattraper avec la même main

Modalité d'évaluation : nombre de pas

8) MA2

Type : Dynamique avec deux aides

Instruction : *Marcher sur la slackline, un pied devant l'autre, avec l'aide de deux bâtons de marche nordique*

Modalité d'évaluation : nombre de pas

9) PaB

Type : Statique avec objet déstabilisant lourd

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline, rattraper à deux mains une balle de basket puis la relancer avec les deux mains*

Modalité d'évaluation : nombre de passe

10) SYF

Type : Statique avec exercice déstabilisant

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline, tenir en équilibre les yeux fermés*

Modalité d'évaluation : temps (s)

11) S1J

Type : Statique avec exercice déstabilisant et une aide

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline et avec l'aide d'un bâton de marche nordique, effectuer des squats sur une jambe.*

Modalité d'évaluation : nombre de squats

12) PaT

Type : Statique avec objet déstabilisant léger

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline et avec l'aide d'un bâton de soutien, rattraper une balle de tennis à 1 main puis la relancer avec la même main.*

Modalité d'évaluation : Nombre de passe

13) MA0

Type : Dynamique sans aides

Instruction : *Marcher en avant sur la slackline, sans aides de soutien*

Modalité d'évaluation : nombre de pas

14) Sta0

Type : Statique sans aides

Instruction : *Tenir en équilibre debout sur la slackline, sans aides de soutien. (Avec un seul ou les deux pieds sur la slackline.)*

Modalité d'évaluation : temps (s)

15) DMFa

Type : Statique avec objet déstabilisant et une aide

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline et avec l'aide d'un bâton de soutien, faire rebondir au sol une balle de basket avec la main non-prédominante.*

Modalité d'évaluation : nombre de rebonds

Annexe 2 : Taxonomie de Gentile adaptée à notre programme

	Body stability		Body transport	
Environemental context	No object manipulation	Object manipulation	No object manipulation	Object manipulation
In-motion regulatory condition And no intertrial variability	<i>Sta1</i>	<i>PaT</i> <i>DMFo</i>	<i>MA1</i> <i>MA2</i> <i>MA0</i>	<i>DTa</i>
In-motion regulatory condition And intertrial variability	<i>RoT</i> <i>SYF</i> <i>S</i> <i>IJ</i>	<i>Sta0</i> <i>PaB</i> <i>DMFa</i>	<i>MaL</i> <i>MaR</i>	

Annexe 3 : Consentement de participation

Lauper Dimitri, Wuilloud Arnaud
Etudiants en Physiothérapie
HES-SO Valais/Wallis
Rathaustasse 8
3954 Leukerbad
dimitri.lauper@students.hevs.ch
arnaud.wuilloud@students.hevs.ch

Leukerbad, janvier 2016

Consentement de participation

Etude : Programme d'entraînement progressif sur Slackline

Dans le cadre de notre travail de Bachelor, nous avons créé une série de plusieurs exercices sur slackline. Nous voulons tester les différents exercices sur 30 sujets afin d'établir un programme thérapeutique avec une progression ciblée et régulière. Les exercices présentés sont réalisés avec une infrastructure sécuritaire.

Vous avez été choisi au sein d'une population étudiante. Si vous cochez la case oui, vous confirmez être en bonne santé, avoir été informé de la teneur de l'étude et acceptez d'y prendre part.

Voulez-vous participer à l'étude sus-mentionnée :

- ☐ Oui
- ☐ Non

Date :

Signature étudiant :

Signature des investigateurs :

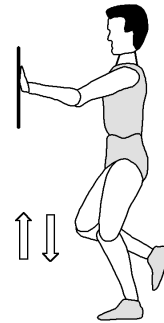
Annexe 4 : Programme d'échauffement

Warm-up (5min)

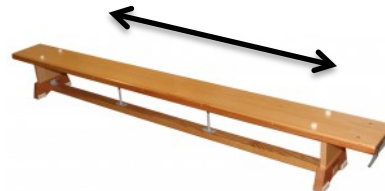
- **Exercice 1** : sauts verticaux bipodaux sur trampoline.



- **Exercice 2** : appui unipodale sur chaque membre inférieur durant 30 sec.



- **Exercice 3** : marcher aller-retour sur un banc retourné



Conseils pour débiter sur une slackline

- Toujours garder un point fixe devant soi, par exemple le poteau de soutien ou l'extrémité de la slackline.
- Durant toute la phase d'équilibre sur slackline, les genoux doivent être légèrement fléchis, les bras en croix et les pieds positionnés dans l'axe de la bande.
- Lors d'exercice dynamique comme la marche, il est conseillé de mettre le talon du pied avant à environ 5cm devant l'autre. Faire des grands pas sont plus déstabilisants.
- Retenir sa respiration pendant l'exercice augmente les tensions et ne permet pas une bonne stabilité, pensez à respirer calmement, cela favorisera des mouvements plus fluides et une meilleure stabilisation.

Annexe 5 : Evaluation subjective

Vous avez réalisé 15 exercices sur slackline. Afin de faire une meilleure analyse de chaque exercice que nous vous avons proposé, merci d'entourer le chiffre représentant votre avis sur la difficulté de chaque exercice.

MaR

Instruction : *Marcher à reculons sur la slackline, un pied derrière l'autre, avec l'aide d'un bâton de marche nordique.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen			Très facile			

MaL

Instruction : *Marcher latéralement sur la slackline, avec l'aide d'un bâton de marche nordique devant soi.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen			Très facile			

RoT

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline, regarder à gauche et à droite*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen			Très facile			

Ma1

Instruction : *Marcher sur la slackline en avant, avec l'aide d'un seul bâton de soutien (du côté prédominant).*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen			Très facile			

DMFo

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline et avec l'aide d'un bâton de soutien, faire rebondir au sol une balle de basket avec la main prédominante.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen				Très facile		

Sta1

Instruction : *Avec l'aide d'un bâtons de marche nordique, tenir en équilibre debout sur la slackline, les pieds l'un derrière l'autre.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen				Très facile		

DuT

Instruction : Marche avec un bâton, lancer une balle et la rattraper avec la même main

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen				Très facile		

Ma2

Instruction : *Marcher sur la slackline, un pied devant l'autre, avec l'aide de deux bâtons de marche nordique*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen				Très facile		

PaB

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline, rattraper à deux mains une balle de basket puis la relancer avec les deux mains*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen				Très facile		

SYF

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline, tenir en équilibre les yeux fermés*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen				Très facile		

S1J

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline et avec l'aide d'un bâtons de marche nordique, effectuer des squats sur une jambe (fléchir la jambe sur la slackline, de façon à vouloir toucher le sol avec l'autre)*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen				Très facile		

PaT

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline et avec l'aide d'un bâton de soutien, rattraper une balle de tennis à 1 main puis la relancer avec la même main.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen				Très facile		

MA0

Instruction : *Marcher en avant sur la slackline, sans aides de soutien*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen				Très facile		

Sta0

Instruction : *Tenir en équilibre debout sur la slackline, sans aides de soutien. (Avec un seul ou les deux pieds sur la slackline.)*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen				Très facile		

DMFa

Instruction : *Debout sur place au milieu de la slackline et avec l'aide d'un bâton de soutien, faire rebondir au sol une balle de basket avec la main non-prédominante.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile				Moyen				Très facile		

Annexe 6 :

Programme d'exercice d'équilibre sur slackline

Ce programme requiert un échauffement de minimum 5 minutes des articulations des membres inférieurs. La progression se fait dans l'ordre des exercices ci-dessous.

Matériel nécessaire :

slackline, 2 bâtons de marche, tapis, balles.

1) MA2 : 2 bâtons de soutien

Marcher en avant. Départ depuis le point d'ancrage.



2) Sta1 : 1 bâton de soutien

Tenir en équilibre statique. Départ au centre.



3) DMFo : 1 bâton de soutien

Avec une balle de basket, réaliser des dribbles avec la main prédominante. Départ au centre.



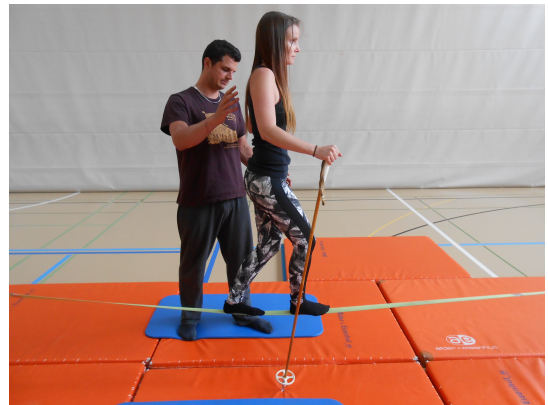
4) S1J : 1 bâton de soutien

Effectuer des squats sur la jambe opposée au bâton de soutien. Départ au centre.



5) MA1 : 1 bâton de soutien

Marcher en avant. Départ au point d'ancrage



6) DMFa : 1 bâton de soutien

Avec une balle de basket, réaliser des dribbles avec la main prédominante. Départ au centre.



7) Sta0 : sans bâton de soutien

Tenir en équilibre statique. Départ au centre.



8) MaR : 1 bâton de soutien

Marche à reculons. Départ au point d'ancrage.



9) DuT : 1 bâton de soutien

Marche avec un bâton, lancer simultanément une balle et la rattraper avec la même main.



10) MA0 : sans bâton

Marche en avant. Départ au point d'ancrage.



11) RoT : sans bâton de soutien

Rotation de la tête alternée droite-gauche à 90° en statique. Départ au centre.



12) SyF : sans bâton

Tenir en équilibre les yeux fermés. Départ au centre.



13) PaB : sans bâton de soutien

Effectuer des passes avec une balle de basket en statique avec le physiothérapeute. Départ au centre.

