



**Comparaison d'un entraînement de renforcement classique à  
un entraînement complexe sur Dynamic Leg Press® pour une  
préparation optimale d'une saison de ski : une étude pilote**

**ELODIE DOMINE**

**Etudiante HES – Filière Physiothérapie**

**OLIVIER BROGLIN**

**Etudiant HES – Filière Physiothérapie**

**Directeur de travail : ROGER HILFIKER**

**TRAVAIL DE BACHELOR POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME**

**BACHELOR OF SCIENCE HES-SO IN PHYSIOTHERAPIE**

**JUILLET 2012**

## RESUME

**Introduction :** Il existe diverses directives concernant des entraînements simples pour améliorer la force maximale ou la puissance. Mais de plus en plus d'appareils de tonification se construisent pour entraîner plusieurs facultés à la fois. Le premier objectif de cette étude est d'évaluer si un entraînement complexe multimodal s'avère plus efficace qu'un entraînement classique au niveau de la force maximale, de la puissance, de l'équilibre ainsi que de la précision du geste. Deuxièmement, nous aimerions évaluer la faisabilité de cette étude.

**Méthode :** Etude pilote d'intervention randomisée en deux groupes incluant 34 participants en bonne santé. Entraînement sur Dynamic Leg Press<sup>®</sup> deux fois par semaine pendant quatre semaines. Le premier groupe (A) a réalisé un entraînement classique concentrique-excentrique, sans feedback visuel, et le second groupe (B) un entraînement complexe uniquement excentrique couplé à de la force-vitesse, avec feedback visuel. Les participants ont réalisé des tests avant et après les entraînements afin de tester la force maximale, la puissance, l'équilibre dynamique ainsi que la précision du geste.

**Résultats :** Amélioration non-significative ( $p > 0.05$ ) entre les deux groupes en faveur du groupe complexe (groupe B) pour l'équilibre dynamique, la précision du geste et la force maximale. Pour ces trois derniers, les deux groupes se sont améliorés de manière statistiquement significative ( $p < 0.05$ ) entre tests et re-tests.

**Discussion :** Les résultats démontrent qu'un entraînement complexe est préférable pour une population en bonne santé. Cette étude pilote a démontré sa faisabilité à plus grande échelle.

**Mots-clés :** Entraînement complexe, Dynamic Leg Press<sup>®</sup>, équilibre, précision gestuelle, force, puissance

## ABSTRACT

**Einleitung:** Es existieren unterschiedliche Richtlinien bezüglich einfachem Training zur Verbesserung der Maximalkraft und der Leistung. Es entstehen immer mehr Kräftigungsmaschinen, die es ermöglichen, dass man mehrere Fähigkeiten auf einmal trainieren kann. Das primäre Ziel dieser Arbeit bezieht sich auf die Bewertung, ob ein komplexes multimodales Training oder ein klassisches Training, in Bezug auf die Maximalkraft, die Leistung, das Gleichgewicht sowie die Genauigkeit, effektiver ist. Zweitens möchten wir die Durchführbarkeit dieser Studie bewerten.

**Methode:** Diese Pilotstudie randomisiert 34 gesunde Probanden in zwei Gruppen. Die Intervention dauerte insgesamt vier Wochen, während denen zwei Mal wöchentlich trainiert wurde. Die erste Gruppe (A) absolvierte ein klassisches konzentrisch-exzentrisches Training ohne visuelles Feedback. Gruppe zwei (B) führte ein komplexes einzig exzentrisches Training durch, welches mit der Schnellkraft und einem visuellen Feedback gekoppelt war. Vor und nach den Trainingseinheiten wurden die Probanden auf ihre Maximalkraft, Leistung, dynamisches Gleichgewicht und ihre präzisen Ausführung der Bewegungen getestet.

**Resultate:** Im Vergleich kann zu Gunsten der komplexen Gruppe (B) keine signifikante Verbesserung ( $p < 0.05$ ) in Bezug auf das dynamische Gleichgewicht, die Genauigkeit und die Maximalkraft festgestellt werden. Zwischen Test und re-Test kann aber in den drei vorher genannten Bereichen eine statistisch signifikante Verbesserung in beiden Gruppen beobachtet werden.

**Schlussfolgerung:** Die Resultate sprechen dafür, dass sich ein komplexes Training für eine gesunde Population eignet. Diese Pilotstudie zeigt, dass es möglich ist, eine Interventionsstudie mit einer grösseren Anzahl an Probanden durchzuführen.

**Schlüsselwörter:** Komplexes Training, Dynamic Leg Press<sup>®</sup>, Gleichgewicht, Genauigkeit, Maximalkraft, Leistung

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide pour la réalisation de ce travail de bachelor.

Nous adressons un merci tout particulier à notre directeur de mémoire, Monsieur Roger Hilfiker, pour son aide précieuse, son soutien et ses encouragements.

Nous remercions également Monsieur Nicolas Mathieu, pour ses remarques constructives et ses corrections.

Merci à Monsieur Dr. Hans Spring, ancien médecin-chef du Rehasentrum Leukerbad, pour la mise à disposition de l'infrastructure.

Egalement un grand merci à Monsieur Kurt Jordan du Swiss Olympic Medical Center de Loèches-les-Bains, pour ses conseils et son aide lors de l'étude.

Merci à Messieurs Raja Dravid et Max Lungarella, développeurs de la Dynamic Leg Press<sup>®</sup>, pour leurs conseils.

Et pour terminer, un tout grand merci aux participants pour leur engagement et leur motivation tout au long de l'étude, car, sans eux, la réalisation de cette étude n'aurait pas été possible.

Nous sommes très reconnaissants envers toutes ces personnes et nous leur disons, une fois encore, un grand MERCI.



## **LISTE DES ABREVIATIONS**

1RM	1 Répétition Maximum
CMJ	Counter Movement Jump
DLP	Dynamic Leg Press <sup>®</sup>
FM	Force Maximale
OFSPPO	Office l'Office Fédéral du Sport Suisse
SJ	Squat Jump
SOMC	Swiss Olympic Medical Center

## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
1.1	Contexte général .....	1
1.2	Contexte physiothérapeutique.....	3
1.3	Contexte personnel.....	3
1.4	Cadre théorique.....	4
1.4.1	Facteurs physiques du ski .....	4
1.4.2	Travail musculaire.....	5
1.4.2.1	Contraction isométrique ou statique.....	5
1.4.2.2	Contraction concentrique .....	6
1.4.2.3	Contraction excentrique .....	6
1.4.2.4	Puissance.....	7
1.4.2.5	Force-endurance.....	8
1.4.2.6	Force-vitesse .....	8
1.4.3	Capacités de coordination .....	8
1.4.3.1	Equilibre.....	9
1.4.3.2	Précision du suivi de courbe .....	10
1.4.4	Types d'entraînement.....	10
1.4.4.1	Entraînement classique .....	10
1.4.4.2	Entraînement complexe.....	10
1.4.5	Dynamic Leg Press® .....	11
1.4.6	Paramètres observés et instruments de mesure .....	12
1.4.6.1	Capacités de coordination .....	12
1.4.6.2	Puissance, hauteur de sauts et force endurance.....	14
1.4.6.3	Force maximale.....	16
1.5	Objectifs de notre étude .....	16
1.6	Hypothèses concernant les effets .....	17
<b>2</b>	<b>Méthode .....</b>	<b>19</b>
2.1	Design .....	19
2.2	Population .....	19
2.2.1	Critères d'inclusion.....	19
2.2.2	Critères d'exclusion .....	19
2.2.3	Randomisation .....	19
2.2.4	Suivi .....	20

2.3	Intervention .....	20
2.3.1	Tests .....	21
2.3.2	Entraînements.....	22
2.4	Paramètres mesurés.....	23
2.5	Examineurs.....	24
2.6	Critères de faisabilité .....	24
2.7	Analyses statistiques .....	24
2.8	Ethique .....	25
<b>3</b>	<b>Résultats.....</b>	<b>26</b>
3.1	Taille de l'échantillon .....	26
3.2	Résultats des indicateurs mesurés .....	28
3.2.1	Résultats SEBT .....	28
3.2.2	Résultats de la plateforme Kistler® .....	30
3.2.2.1	Résultats du Squat Jump .....	30
3.2.2.2	Résultats du Counter Movement Jump .....	32
3.2.2.3	Rapport Counter Movement Jump – Squat Jump .....	34
3.2.3	Résultats Myotest® .....	35
3.2.4	Résultats Dynamic Leg Press® .....	36
3.2.4.1	Force maximale.....	36
3.2.4.2	Précision du suivi de courbe .....	37
3.2.5	Taille de l'effet de tous les indicateurs mesurés .....	38
3.3	Résultats de la faisabilité.....	38
3.3.1	Analyse du questionnaire .....	39
3.3.1.1	Question 1 : Satisfaction des participants .....	39
3.3.1.2	Question 2 : Courbature .....	40
	.....	40
3.3.1.3	Question 3 : Douleurs en lien avec l'étude .....	41
3.3.1.4	Question 4 : Changement en lien avec l'étude.....	42
3.3.1.5	Question 5 : Utilisation de la DLP .....	43
<b>4</b>	<b>Discussion.....</b>	<b>44</b>
4.1	Limites .....	46
4.1.1	Taille de l'échantillon .....	46
4.1.2	Test.....	46
4.1.3	Entraînement .....	47
4.1.4	Organisation temporelle .....	47

4.2	Forces de notre étude .....	47
4.3	Littérature.....	48
4.4	Implication pour la pratique .....	49
4.5	Implication pour la recherche .....	49
<b>5</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>52</b>
<b>7</b>	<b>Liste des illustrations .....</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>Annexes .....</b>	<b>I</b>
9.1	Flyer pour l'étude.....	I
9.2	Formulaire d'accord et de consentement .....	II
9.3	Questionnaire SOMC français .....	III
9.4	Questionnaire SOMC allemand .....	IV
9.5	Questionnaire étude Dynamic Leg Press® .....	V
9.6	Résultats Myotest.....	VI
9.6.1	Nombre de répétitions.....	VI
9.6.2	Puissance.....	VII
9.6.3	Perte .....	VIII
9.7	Boxplots pour évaluer l'effet d'apprentissage .....	IX
9.7.1	Précision du suivi de courbe .....	IX
9.7.2	Force maximale.....	X



# 1 Introduction

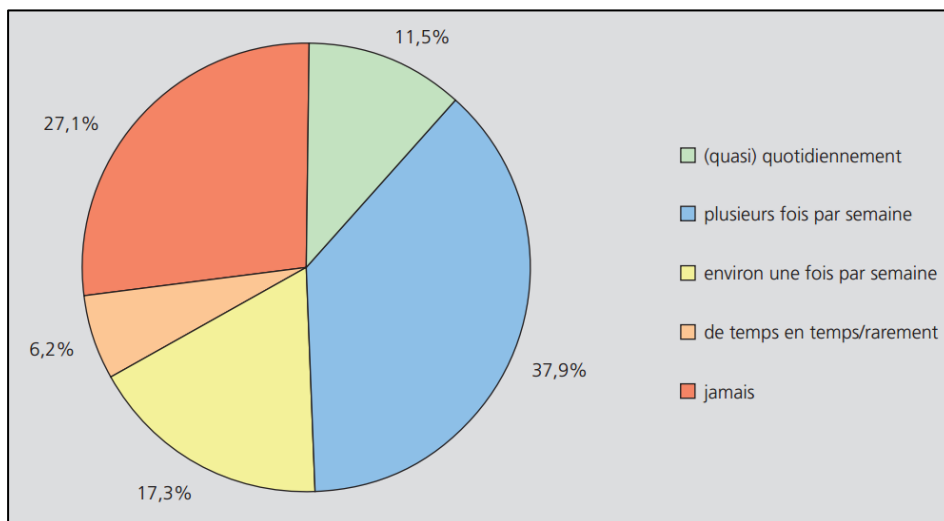
---

## 1.1 Contexte général

---

La population suisse pratique volontiers et régulièrement une activité sportive. En effet, selon l'Office Fédéral du Sport Suisse (OFSP), près de 50% de la population helvétique affirme effectuer une activité sportive plusieurs fois par semaine. Ce phénomène est d'actualité puisque le pourcentage des personnes s'entraînant plusieurs fois par semaine a augmenté de près de 20% depuis 1994 (« BASPO », 2008).

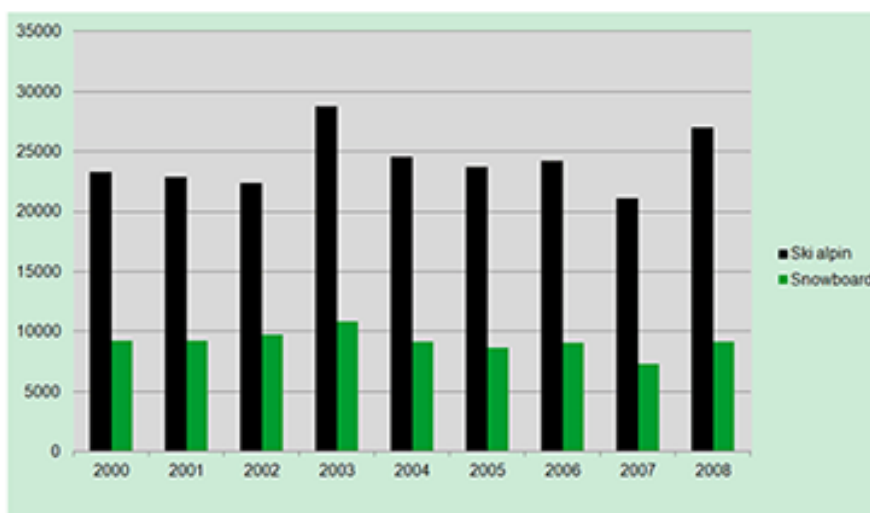
Selon Brunet-Guedj (2006), l'activité sportive fait référence à la pratique sportive éducative, au sport de masse de type récréatif, au sport de haut niveau et au sport de compétition. Il y a une multitude de raisons pour lesquelles les personnes font du sport. Toutefois, deux motivations prédominent : la volonté de rester en bonne santé et le plaisir.



**Figure 1:** Fréquence de la pratique sportive au sein de la population Suisse  
Copyright © Office fédérale du sport OFSP – Sport Suisse 2008

Le graphique de la figure 1 montre l'intérêt tout particulier des Suisses pour le sport. En effet, près de 66% de la population helvétique pratique une activité sportive dans la semaine, et près de 50% plusieurs fois par semaine.

Le ski est l'un des sports d'hiver le plus populaire et le plus pratiqué en Suisse (selon Vanat, environ 27 millions de journées-skieurs durant la saison 2009-10 (« Vanat », 2011)). Parce que la saison de ski est de courte durée, un programme d'entraînement est particulièrement important pour pouvoir vraiment prendre du plaisir ainsi que pour minimiser le risque de blessures (Lloyd-Smith, 1983). C'est pourquoi il faut avoir une préparation physique optimale avant la saison de ski, dans le but de minimiser le risque de blessures. Selon Heiderscheit, Sherry, Silder, Chumanov, & Thelen (2010), une force musculaire optimale permet de diminuer le risque de blessures. En effet, selon la statistique de la loi fédérale sur l'assurance-accidents (LAA), environ 27'000 skieurs ont été victimes d'un accident durant la saison hivernale 2008 (figure 2), et dans plus de 92 % des cas, aucune autre personne n'était impliquée dans l'accident. De plus, le ski et le snowboard représentent le deuxième facteur de blessures après le football lors d'accidents non professionnels survenant lors de la pratique d'un sport. Cela représente un coût annuel de plus de 200 millions de francs (« Suva », 2009). Le sportif amateur skie occasionnellement et n'est pas toujours suffisamment préparé à de telles contraintes. On remarque le grand potentiel d'action sur la prévention des blessures ainsi que sur les économies dans le domaine de la santé.



Source: LAA, 3.9 millions d'assurés, 2000 – 2008

**Figure 2:** Nombre d'accidents de sports d'hiver en Suisse

De plus, le principal objectif de l'entraînement consiste à stimuler les adaptations structurelles et fonctionnelles qui permettent de maximiser les performances dans les tâches spécifiques (McArdle, Katch, & Katch, 2001).

## **1.2 Contexte physiothérapeutique**

---

Un des rôles du physiothérapeute, ou de tout préparateur physique, est de conseiller au mieux patients, sportifs amateurs et professionnels quant à la réhabilitation, la prévention ainsi qu'à l'amélioration de leurs performances. Pour y parvenir, une des méthodes les plus utilisées est le renforcement musculaire afin de répondre à l'adage « il faut être en forme pour pratiquer du sport et non pratiquer du sport pour être en forme ».

Dans la plupart des activités sportives dont le ski, la force musculaire seule ne suffit pas : il faut qu'elle soit couplée à la vitesse d'exécution du geste ainsi qu'aux capacités sensorimotrices et cognitives, dans le but d'être plus performant (Maffioletti, Jordan, Spring, Impellizzeri, & Bizzini, 2009). Dans la littérature actuelle, les effets de ces différents paramètres n'ont pas encore vraiment été comparés. C'est pourquoi nous avons, au moyen d'une étude pilote, comparé ces effets combinés à un entraînement classique. Pour ce faire, nous avons utilisé un nouvel appareil de renforcement développé à Zürich par Dynamic Devices LLC<sup>®</sup>, intitulé Dynamic Leg Press<sup>®</sup>. Celui-ci a l'avantage de pouvoir intégrer deux types d'entraînement : classique et complexe. De plus, à ce jour, aucune étude n'a encore été réalisée sur cet appareil.

## **1.3 Contexte personnel**

---

Nous nous intéressons tous deux au domaine du sport en général. Nous aimerions également nous spécialiser dans cette direction dans le futur. Nous apprécions notamment le ski, sport que nous pratiquons avec beaucoup de plaisir depuis notre enfance, et tout particulièrement depuis que nous sommes en étude à Loèche-les-Bains en Valais. Ce sport exigeant demande une condition physique optimale. Plusieurs patients nous ont fait part de leurs futures vacances de ski et, en voyant leur condition physique parfois précaire, nous avons pensé qu'il était de notre devoir de les conseiller et de les prendre en charge dans le but qu'ils soient prêts physiquement pour cette activité astreignante.

Nous avons commencé par analyser une descente de ski, puis nous nous sommes demandé quelles qualités cette activité requiert et enfin quelle méthode était la plus efficace pour améliorer ces qualités, tout en étant spécifique au geste sportif. Ceci dans le but de maximiser l'entraînement afin d'atteindre la meilleure performance possible. Après cette analyse de ces différentes qualités, un entraînement complexe, regroupant différentes aptitudes physiques, nous semblait constituer un moyen idéal de les entraîner. L'exploration de la littérature ne nous a pas permis de confirmer scientifiquement nos dires. C'est pourquoi nous avons réalisé une étude pilote comparant un entraînement complexe à un entraînement classique dans le but de déterminer si l'on obtenait de meilleurs résultats avec l'un ou avec l'autre, ou si au contraire ils ne différaient pas l'un de l'autre. Grâce à ce travail et à cette étude, nous pourrions conseiller nos futurs patients, les entraîner au mieux et savoir quel type d'entraînement effectuer, en vue d'une préparation physique optimale pour la saison de ski. De plus, cette étude permettra de confirmer la faisabilité d'une étude comprenant un plus grand échantillon.

## **1.4 Cadre théorique**

---

### **1.4.1 Facteurs physiques du ski**

Le ski alpin requiert de la force musculaire, en majorité excentrique, de la puissance aérobie et anaérobie ainsi que des habiletés motrices complexes (Müller, Lindinger, & Stöggl, 2009).

Pour une préparation optimale avant une saison, le skieur a donc besoin de force musculaire, de puissance (force multipliée à la vitesse) ainsi que de diverses habiletés motrices telles que l'agilité, la coordination et l'équilibre (Maffioletti et al., 2009).

Dans le but de minimiser le risque de blessure, il est important de posséder une force musculaire optimale : une force musculaire la plus favorable possible, propre à la morphologie de chaque individu, quant à l'activité pratiquée, afin d'éviter toutes lésions. L'étude de Heiderscheit et al. (2010) confirme et démontre que si un travail excentrique des ischios-jambiers est incorporé dans le cadre de l'entraînement ou de préparation de pré-saison pour des joueurs de football d'élite, il y aura une diminution

sensible de l'incidence du nombre de lésions de ce groupe musculaire. On peut observer par là toute l'importance de la prévention et de l'entraînement de pré-saison.

Selon les statistiques en matière d'accidents de la SUVA, les régions du corps les plus touchées lors de blessures en ski sont principalement le genou et la rotule (18%) pour le membre inférieur (lésions aux ligaments croisés antérieur/postérieur et ménisques), ainsi que l'épaule et le bras (20%) en ce qui concerne le membre supérieur. La tête représente environ 20% des régions du corps blessées (« Suva », 2009).

Comme le décrivent Gross et al. (2010), la contraction excentrique des extenseurs du genou prédomine dans le ski alpin. Elle se rapproche de la contraction maximale volontaire et est nécessaire pour résister aux forces gravitationnelles et centrifuges dans les virages. Le skieur doit moduler finement ces contractions dans le but de réagir et de maintenir le contact avec le terrain. Ces contraintes et forces de cisaillement peuvent être soutenues par une élasticité musculaire et une coordination neuromusculaire efficace.

## **1.4.2 Travail musculaire**

Lorsque l'on parle de contraction musculaire, il faut savoir qu'il en existe trois types (Weineck, 1997) :

- Isométrique : contraction statique (sans mouvement)
- Isocinétique : contraction dynamique à vitesse constante
- Anisométrique :
  - o Concentrique : contraction par rapprochement des insertions
  - o Excentrique : contraction par éloignement des insertions
  - o Pliométrique : contraction avec utilisation du réflexe myotatique (cycle d'étirement-raccourcissement)

### **1.4.2.1 Contraction isométrique ou statique**

Lors de ce type de travail, les muscles se contractent sans générer de mouvement : la longueur du sarcomère reste alors la même, tout comme l'angulation articulaire.

### 1.4.2.1.1 Force maximale isométrique

La force maximale volontaire d'un groupe musculaire se définit par la force maximale qui peut être maintenue lors d'une brève contraction isométrique. Il est primordial que le sujet soit en bonne condition physique et suffisamment motivé. L'exercice ne doit pas être réalisé plus de deux ou trois fois, sinon une baisse progressive de la performance sera observée. Afin d'être le plus reproductible possible d'un sujet à l'autre ou chez le même sujet, les mesures de force doivent être effectuées dans des positions standardisées avec les mêmes angles articulaires (Monod, Vandewalle, & Flandrois, 2007).

L'angle dans lequel nous avons effectué le test de la force maximale (FM) n'est pas anodin. En effet, selon le modèle de Hill (1951), pour obtenir le couple de FM du quadriceps, il faut que la longueur du sarcomère soit optimale. C'est-à-dire que muscle ne soit ni trop contracté ni trop étiré. Cette longueur optimale est représentée par  $L_0$  dans la figure 3. Nous nous sommes basés sur ces valeurs pour établir notre entraînement et pour réaliser le test de la force maximale.

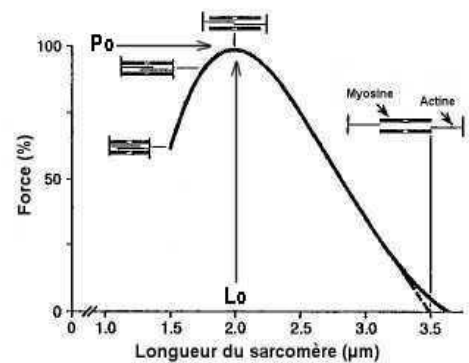


Figure 3: Longueur optimale du sarcomère

### 1.4.2.2 Contraction concentrique

C'est une contraction musculaire induite par un mouvement du muscle, et plus précisément par un rapprochement des insertions de celui-ci. La contraction concentrique amène à un raccourcissement du muscle (Weineck, 1997).

### 1.4.2.3 Contraction excentrique

Il s'agit d'un travail musculaire par allongement des insertions. La force extérieure est plus grande que la force générée par le muscle. On parle alors de force de freinage.

La contraction excentrique provoque une élongation active des fascicules musculaires. Durant cette élongation forcée, les composantes élastiques du tendon sont étirées pendant que les fibres musculaires se contractent. Ces effets mécaniques amènent à un plus grand pic de force, qui est capable de protéger les structures contractiles et le tendon (Guilhem, Cornu, & Guével, 2011).

Les physiologistes du sport ou de l'activité physique sont unanimes pour affirmer qu'en excentrique, la force maximale développée par le muscle est supérieure à celle obtenue par une contraction concentrique. Par contre, aucun auteur n'arrive à se mettre d'accord quant au pourcentage du gain. Wilmore, Costill, & Kenney (2009) parlent d'une augmentation de 30% de la 1 Répétition maximale (1RM), poids que tout individu est capable de soulever une fois uniquement. Quant à Weineck (1997), il définit un accroissement de 20%.

D'après la méta-analyse de Roig et al. (2009), l'entraînement excentrique présente des effets mécaniques positifs tels qu'un gain de la force maximale, une hypertrophie marquée, une meilleure adaptation aux gestes de tous les jours, une fatigabilité moins élevée ainsi que des effets cardio-pulmonaires plus bas. Il augmente également la masse musculaire de manière plus significative. En revanche, ce type d'entraînement a aussi des effets négatifs tels que des dommages musculaires (micro-déchirures) ainsi que des courbatures lorsque la personne n'est pas habituée à travailler avec des charges excentriques. Il faut donc être prudent avec ce type d'entraînement.

#### **1.4.2.4 Puissance**

La puissance caractérise l'aspect explosif de la force. La capacité d'un muscle à générer de la puissance dépend de la relation entre deux facteurs : la force et la vitesse. En effet, la puissance est égale à la force multipliée à la vitesse du mouvement.

Selon Kawamori & Haff (2004) :

$$\begin{array}{l} \text{Puissance} = \text{Force} \times \text{Vitesse} \\ \text{Puissance} = \text{Force} \times \text{Distance} / \text{Temps} \end{array}$$

La puissance musculaire est tout aussi importante pour une personne âgée qui veut se déplacer, monter les escaliers, que pour un champion olympique. On remarque alors que la puissance musculaire est essentielle au fonctionnement optimal de notre corps, ainsi qu'à la réalisation et à la performance de la plupart des activités sportives (Sargeant, 2007). Étant donné qu'elle est encore relativement méconnue, nous allons nous y intéresser.

Selon Sargeant (2007), si une personne a une masse musculaire adéquate, mais qu'en revanche la vitesse du mouvement est diminuée pour une quelconque raison

(ostéoarthrite, contractures musculaires), sa puissance musculaire générée à travers des activités dynamiques peut être très limitée et cela engendrera une instabilité du corps.

Selon Wilmore et al. (2009), pour améliorer la puissance, le paramètre à entraîner et à améliorer est surtout la force car la vitesse est une qualité innée qui évolue relativement peu.

Mais avec quelle charge faut-il travailler? Il n'y a pas de charge optimale applicable à chaque exercice, chaque athlète et chaque situation. La charge optimale doit être adaptée au type d'exercice et au niveau du sportif. Pour la Leg Press, la charge recommandée est de 60% du 1RM (Kawamori & Haff, 2004). Il s'agit d'un appareil de renforcement classique alliant concentrique et excentrique, où les membres inférieurs peuvent travailler uniquement de manière simultanée. Nous allons nous baser sur ces précédentes valeurs pour l'entraînement sur Dynamic Leg Press®.

#### **1.4.2.5 Force-endurance**

L'endurance musculaire est l'aptitude des muscles à répéter des contractions dynamiques ou à maintenir une contraction statique. Elle est importante lorsqu'il s'agit de soulever une charge ou de prolonger des contractions musculaires sur une assez longue période. Elle est définie par le nombre de répétitions qu'un sujet est capable de réaliser à un pourcentage donné du 1RM (Wilmore et al., 2009).

#### **1.4.2.6 Force-vitesse**

Il s'agit de la capacité du système neuromusculaire de surmonter des résistances avec la plus grande vitesse de contraction possible (Weineck, 2007).

### **1.4.3 Capacités de coordination**

Le système sensorimoteur est un sous-composant du système du contrôle moteur du corps. Son rôle est d'assurer le maintien de la stabilité des articulations fonctionnelles par une relation de complémentarité entre les composantes statiques (ligaments, capsule articulaire, cartilage, géométrie osseuse) et dynamiques (contrôle neuro-moteur sur les muscles squelettiques) (Riemann & Lephart, 2002).

Les capacités de coordination sont la base des capacités d'apprentissage sensorimotrices. Elles permettent de réaliser un geste bien défini et précis grâce aux



actions combinées du système nerveux central et de la musculature. Elles se développent dès la naissance, augmentent particulièrement entre six et douze ans, et atteignent un pic à l'adolescence. Avec l'âge, la courbe a tendance à stagner, voire même à diminuer, si la personne se sédentarise (Bertram & Laube, 2008).

La force, l'endurance, la vitesse et la mobilité sont indispensables aux capacités de coordination, et vice-versa. Ces autres formes principales de sollicitations motrices peuvent être développées par des méthodes spécifiques, alors que les capacités de coordination se développent grâce à des moyens complexes. Ces dernières sont importantes pour la prophylaxie des blessures et accidents, pour l'activité sportive en général ainsi que pour l'activité cérébrale (Weineck, 1997, 2007).

Voici les plus importantes capacités de coordination: (Weineck, 1997, 2007)

- Equilibre : faculté de tenir le corps en position stable
- Orientation : processus d'analyse continue pour adapter la position et les mouvements du corps dans l'espace et dans le temps
- Différenciation : capacité d'adapter la force et l'amplitude ainsi que de doser le mouvement pour un geste précis et économe
- Rythmicité : processus d'actions répétitives dans un tempo donné
- Réaction : capacité de réagir le plus vite possible à un stimulus donné
- Réadaptation : faculté de modifier ou de permuter un mouvement pendant sa réalisation
- Combinaison : capacité de corréler différentes parties du corps et de les intégrer à un mouvement

#### **1.4.3.1 Equilibre**

La capacité d'un objet à se trouver en équilibre dans une situation statique est liée à la position du centre de gravité et à la base de sustentation de cet objet. C'est pourquoi, afin d'être en équilibre, le centre de gravité d'un objet doit tomber dans son polygone de sustentation. Pendant la position debout, le corps humain a un centre de gravité relativement haut et une base de sustentation plutôt faible, ce qui implique le maintien continu de la stabilité. Lors de toutes activités physiques, un être humain dont le

centre de gravité tombe en dehors de la base de sustentation va activer sa musculature pour contrer la gravité afin de rester stable et d'empêcher la chute (Pollock, Durward, Rowe, & Paul, 2000). Cela démontre l'importance d'une musculature optimale dans le but de pouvoir rester en équilibre.

L'équilibre unilatéral et le contrôle dynamique neuromusculaire sont sollicités durant l'activité physique. Des dysfonctions d'équilibre en unipodal représentent un risque de blessures en sport (Plisky et al., 2009). C'est pourquoi il est essentiel d'avoir un équilibre efficace et performant avant une saison de ski.

#### **1.4.3.2 Précision du suivi de courbe**

Il s'agit de la coordination œil-pied, qui représente l'habileté à transférer les informations qui proviennent des yeux, de les traiter au niveau du cerveau, puis de les retransmettre à l'aide des membres inférieurs et des pieds. Cela représente la capacité à élaborer les informations visuelles en répondant rapidement et précisément avec les pieds. Cette coordination est essentielle chez tous les sportifs, particulièrement chez les skieurs qui doivent réagir continuellement lors d'une descente (Appiotti, 2012).

#### **1.4.4 Types d'entraînement**

Voici les deux types d'entraînement que nous avons comparés dans cette étude :

##### **1.4.4.1 Entraînement classique**

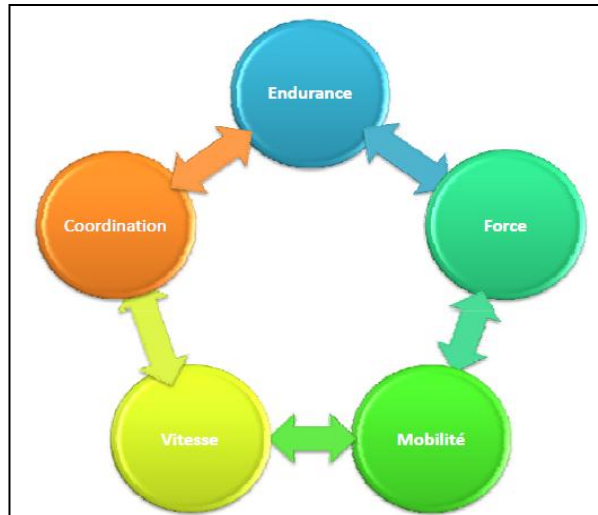
L'entraînement classique consiste uniquement à entraîner la force musculaire de manière conventionnelle grâce au couplage de contractions concentriques et excentriques.

##### **1.4.4.2 Entraînement complexe**

Dans la littérature, l'entraînement complexe est souvent défini comme un entraînement qui mélange force et pliométrie dans la même session. Dans ce cas-là, il semble que l'entraînement complexe est tout aussi efficace que l'entraînement classique, et même souvent décrit comme supérieur (Ebben, 2002; Jensen & Ebben, 2003).

En revanche, pour nous, l'entraînement complexe regroupe différentes facultés physiques : pour notre étude, nous avons défini « l'entraînement complexe » comme un entraînement qui allie force, vitesse et coordination, et le tout avec feedback visuel.

En effet, afin d'être performant lors d'une activité sportive, il faut avoir une relation optimale entre les cinq paramètres ci-dessous (figure 4). Ceux-ci détermineront la performance de la personne (Villiger et al., 1991).



**Figure 4:** Triangle d'or de la performance et de l'effort

- Force :** force-vitesse, force-maximale, force-endurance
- Coordination :** intermusculaire, intramusculaire, spatiale, neuro-motrice
- Vitesse :** de contraction, de déplacement, de réaction
- Endurance :** force endurance, endurance cardio-vasculaire (anaérobie, aérobie)
- Mobilité :** souplesse articulaire, souplesse musculaire, mobilité

#### 1.4.5 Dynamic Leg Press®

Il s'agit d'un appareil de tonification d'une nouvelle génération à pistons pneumatiques produite par Dynamic Devices LLC®, entreprise basée à Zürich. Elle permet de coupler des tâches extrêmes de coordination avec une grande résistance, en s'appuyant sur des repères visuels. En effet, la Dynamic Leg Press® (DLP) possède un grand écran plat (figure 5). Elle produit des forces de 0 à 4000



**Figure 5:** Dynamic Leg Press®

Nm (unité de mesure de la force) par jambe, et ceci à plus de 10 m/s. Il y a deux pédales indépendantes qui ne sont pas fixées en flexion et extension (instables). Toutes les

données sont enregistrées et peuvent être analysées spontanément par l'utilisateur (« Dynamic Devices », 2011).

L'appareil de renforcement que nous avons utilisé pour nos entraînements est la toute première Dynamic Leg Press<sup>®</sup>. Elle a été achetée en mai 2010 par le centre SOMC de la clinique de réhabilitation de Loèche-les-Bains. A ce jour, six DLP sont en service en Suisse et deux en Allemagne.

#### 1.4.6 Paramètres observés et instruments de mesure

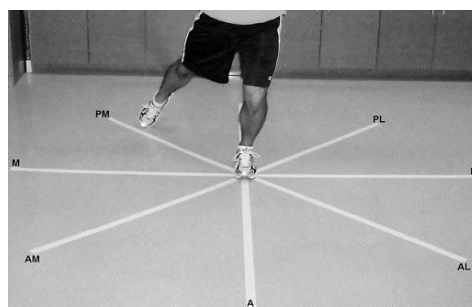
Comme paramètres primaires, nous avons choisi la force maximale, la puissance, l'équilibre dynamique, ainsi que la précision du geste, tous les quatre indispensables au skieur. Pour les mesurer, nous avons utilisé le Star Excursion Balance Test, le Counter Movement Jump et Squat Jump sur la plateforme de force Kistler<sup>®</sup>, le test des « levers de chaise enchaînés » avec l'accéléromètre Myotest<sup>®</sup>, ainsi que le test de force maximale et de précision du suivi de courbe sur la Dynamic Leg Press<sup>®</sup>.

Comme paramètres secondaires, afin d'évaluer la faisabilité de l'étude, nous avons déterminé les critères suivants pour les tests : le respect de la planification des horaires, la sécurité du test de la FM sur DLP et l'effet d'apprentissage à court terme lors des trois répétitions de la FM et de la précision du suivi de courbe. Pour l'entraînement, le respect de la planification des horaires, l'organisation des huit entraînements, l'arrêt de l'étude pour cause de douleurs et la satisfaction des participants ont été observés. Ces deux derniers ont été évalués grâce à un questionnaire de satisfaction rempli par les participants à la fin de l'étude.

##### 1.4.6.1 Capacités de coordination

###### 1.4.6.1.1 Star Excursion Balance Test

Nous avons choisi de tester l'équilibre dynamique. Il y a beaucoup de tests pour évaluer l'équilibre en gériatrie, mais il y en a peu pour l'évaluer chez une population saine et sportive.



**Figure 6:** Les huit directions du SEBT  
(Tiré de Hardy et al., 2008)

Le Star Excursion Balance Test (figure 6) amène les athlètes à atteindre leurs limites et est pour eux un vrai challenge (Gribble & Hertel, 2003). La personne se tient sur un pied (dominant) au milieu de l'étoile, formée par huit lignes sur le sol, chacune espacée d'un angle de 45°. Le but est d'aller toucher légèrement chacune des lignes le plus loin possible avec la jambe non-dominante en la ramenant à chaque fois au centre. Tout ceci dans un ordre bien précis : ligne antérieure (A), antéro-médiale (AM), médiale (M), postéro-médiale (PM), postérieure (P), postéro-latérale (PL), latérale (L), et enfin antéro-latérale (AL) (Hardy, Huxel, Brucker, & Nesser, 2008).

Dès que la personne a touché la ligne, l'expert marque d'un point l'endroit précis où le pied a touché, et cela sur les huit lignes. A la fin du test, l'expert mesure précisément la distance entre le milieu et le point grâce à un ruban métrique.

Ce test est fiable et facilement réalisable, c'est pour cela que nous l'avons choisi. De plus, il peut se faire sur un plan instable (Airex Balance-Pad®) pour augmenter la



Figure 7 : SEBT avec Airex® sur plan stable (« Physioswiss », 2010).

difficulté du test et pour maximiser l'activation du système somatosensoriel (Sabin, Ebersole, Martindale, Price, & Broglio, 2010). En outre, d'après Amacker et al., lors d'une conférence de Physioswiss, le test SEBT sur plan instable est plus sensible au changement que le test

#### 1.4.6.1.2 Test de la précision du suivi de courbe sur Dynamic Leg Press®

Dans le but d'évaluer d'une autre manière les capacités sensorimotrices d'un individu, nous avons eu l'opportunité de tester la précision d'un suivi de courbe sur Dynamic Leg Press®. Le participant est assis sur l'appareil et doit suivre une courbe qui apparaît sur l'écran en faisant une série de flexions et d'extensions des membres inférieurs. Ces deux derniers sont représentés par un feedback visuel sur l'écran grâce à deux couleurs différentes (rouge = jambe droite, bleu = jambe gauche). La valeur est calculée par rapport à l'écartement de la courbe. Le maximum est mille points ; plus la courbe est suivie précisément et plus le nombre de points est proche de mille. Le test est effectué trois fois et nous avons calculé la moyenne des deux meilleurs résultats.

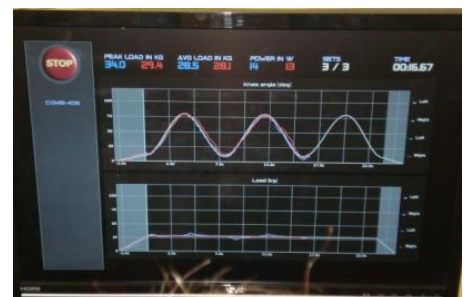


Figure 8 : Précision du suivi de courbe sur DLP

## 1.4.6.2 Puissance, hauteur de sauts et force endurance

### 1.4.6.2.1 Counter Movement Jump et Squat Jump sur la plateforme Kistler®

Squat Jump (SJ) : ce test permet d'évaluer la hauteur de saut ainsi que la détente verticale non pliométrique et sans étirement des structures passives, depuis une position immobile. Son mode d'exécution fait exclusivement travailler les fibres musculaires rapides de manière concentrique. Le sujet est en position debout sur la plateforme Kistler, mains sur les hanches. Aux indications du testeur, il plie les genoux, attend et au signal, il saute le plus haut possible, mains sur les hanches. Les SJ ont été effectués 3 fois, selon le protocole du SOMC « Manuel : Diagnostic de la performance de force ».

Counter Movement Jump (CMJ) : ce test permet d'évaluer la hauteur de saut ainsi que la détente verticale. Le sujet est debout sur la plateforme, mains sur les hanches. Aux indications du testeur, le sujet plie les genoux et saute le plus haut possible. Les CMJ ont été effectués 3 fois, selon le protocole de SOMC « Manuel : Diagnostic de la performance de force ». Le CMJ ne se distingue du SJ que par l'adjonction d'un premier mouvement, ce qui lui permet d'emmagasiner de l'énergie cinétique grâce à la composante élastique du muscle et donc d'assurer une hauteur de saut plus importante. Ceci est défini comme le cycle d'extension-raccourcissement (Weineck, 1997).

Rapport CMJ/SJ : ce rapport permet d'évaluer l'*Eccentric Utilization Ratio (EUR)*. Pour cela, il suffit de diviser le CMJ par le SJ (hauteur ou puissance). Ce rapport montre la faculté de l'individu à utiliser le cycle d'extension-raccourcissement et est normalement égal à 1 ou plus. Si le *EUR* est haut, cela signifie que la personne a une grande capacité d'emmagasiner l'énergie cinétique dans les composants élastiques des tendons et des muscles et de la restituer lorsque ces derniers se trouvent en position courte (Hartman, 2010).

La plateforme de force Kistler® est basée sur une mesure des forces de réactions au sol dans trois plans orthogonaux (antéro-postérieur, latéro-médial et vertical). Il s'agit d'une plaque rectangulaire en métal, avec un capteur à chaque angle.

Elle peut s'utiliser pour mesurer l'explosivité des membres inférieurs ainsi que la détente verticale, ce qui est primordial pour le ski. De plus cet appareil d'évaluation des qualités



**Figure 9:** Plateforme Kistler®

pliométriques est utilisé fréquemment par les praticiens et se révèle être très fiable, valide et reproductible (Rogind, Simonsen, Era, & Bliddal, 2003).

#### 1.4.6.2.2 Test des « levers de chaise enchaînés » avec Myotest®

Test des « levers de chaise enchaînés » (sit-to-stand) : Ce test permet d'évaluer la force et la puissance musculaire ainsi que la puissance et la force-endurance ou endurance musculaire. Le sujet est assis et tient le Myotest® sur le sternum. Au bip sonore, il se lève et effectue des passages assis-debout le plus vite et le plus puissamment possible, et tout ceci de manière répétée, pendant une minute.

Le Myotest® est un dynamomètre inertiel basé sur l'accélérométrie qui permet la mesure des qualités musculaires de force concentrique et excentrique, de vitesse et de puissance. Il peut être utilisé sur des appareils de musculation spécifiques ou encore pour les sauts. Comme notre entraînement est basé sur le membre inférieur, nous avons choisi d'utiliser le Myotest® sur des sauts. Ce test est reproductible et fiable (« Myotest », 2011).



**Figure 10:** Test des «levers de chaise enchaînés»

Le Myotest® consiste en un accéléromètre contenu dans un petit boîtier. Ce dernier est fixé sur la personne testée afin de calculer l'accélération verticale (Casartelli, Müller, & Maffiuletti, 2010).

Selon Jidovtseff, Crielaard, Cauchy, & Croisier (2008), il s'agit d'un instrument valide, reproductible et sensible jusqu'à 70% du 1RM. En effet, lorsque le mouvement est lent et la charge élevée, la validité est mauvaise. Ceci est étudié lors de mouvement de développé couché avec Myotest®.

En effet, selon Casartelli et al. (2010), le Myotest® est un instrument de mesure valide et fiable pour évaluer les sauts et le « temps de vol ». De plus, comparé à d'autres appareils, le Myotest® a l'avantage d'être portable et facile à utiliser. En outre, il peut s'utiliser pour mesurer l'explosivité des membres inférieurs ainsi que la détente verticale, ce qui est primordial pour le ski.

### **1.4.6.3 Force maximale**

#### **1.4.6.3.1 Test de force maximale sur Dynamic Leg Press®**

Nous avons choisi d'utiliser la Dynamic Leg Press® pour évaluer la FM des participants, car aucune étude n'a encore été faite à ce sujet. Nous avons donc voulu faire un essai afin d'évaluer ce test. L'individu est assis sur l'appareil et doit résister contre la force linéaire et graduelle des pédales exercée contre lui ; il doit tenir la position de 55 degrés de flexion du genou, avec une tolérance de plus ou moins 5 degrés (Kannus & Beynnon, 1993). Le participant reçoit la consigne de presser un bouton qui relâche la pression lorsqu'il est au maximum de ses possibilités. La valeur maximale de la force s'inscrit sur l'écran de la DLP. Le test est effectué trois fois et la meilleure valeur est enregistrée.

## **1.5 Objectifs de notre étude**

---

Pour cette étude, nous avons deux buts principaux :

- Evaluer si un entraînement complexe s'avère être plus efficace qu'un entraînement classique au niveau de la force maximale, de la puissance musculaire, de la précision du geste ainsi que de l'équilibre dynamique
- Evaluer la faisabilité à plus grande échelle

Pour ce dernier, voici nos objectifs secondaires :

- Evaluer lors du test : (i) le respect de la planification des horaires ; (ii) la sécurité du test de la FM sur DLP ; (iii) l'effet d'apprentissage à court terme au cours des trois répétitions de la FM et de la précision du suivi de courbe.
- Observer lors des entraînements : (i) le respect de la planification des horaires ; (ii) l'organisation des huit entraînements ; (iii) l'arrêt de l'étude pour cause de douleurs ; (iv) la satisfaction globale des participants.



## 1.6 Hypothèses concernant les effets

---

Premièrement, les participants des deux groupes, et tout particulièrement ceux du groupe complexe, devraient obtenir un meilleur équilibre lors du re-test du SEBT, car ils devraient obtenir une force musculaire plus grande et une meilleure stabilité. A travers la complexité de l'entraînement complexe, la coordination musculaire, la force musculaire ainsi que le système visuel sont entraînés, ce qui favorise un équilibre dynamique adéquat (Filipa, Byrnes, Paterno, Myer, & Hewett, 2010). De plus, nous supposons qu'il y aura une plus grande amélioration dans les directions postérieures, ceci dû au gain de force au niveau de la jambe d'appui. En effet, pour aller toucher la ligne postérieure le plus loin possible, il faut que la force musculaire et la proprioception soient optimales. Et grâce à l'entraînement de nos deux groupes, ces qualités devraient être améliorées.

Pour le SJ, nous pensons que le groupe classique s'améliorera d'avantage au groupe complexe, parce que les participants du groupe classique auront entraîné leur force concentrique, force primordiale dans la réalisation du SJ.

En outre, suite à l'exploration de la littérature scientifique, nous pensons que les sujets s'entraînant de manière complexe démontreront de meilleurs résultats que le groupe classique au test du CMJ sur la puissance musculaire et la hauteur lors des re-tests grâce à l'entraînement de puissance effectué.

Le rapport CMJ/SJ devrait montrer une amélioration en faveur du groupe complexe, car les participants de celui-ci auront plus entraîné le facteur puissance musculaire.

Concernant les résultats des « levers de chaise enchaînés », nous nous attendons à ce que les participants des deux groupes présentent de meilleures valeurs au niveau de la puissance et de la perte, avec un avantage pour le groupe complexe. De plus, nous prévoyons qu'avec ces entraînements, ils pourront réaliser plus de répétitions dans le même laps de temps.

Nous nous attendons à une augmentation de la force maximale dans les deux groupes, en raison des entraînements de force musculaire effectués avec des résistances conséquentes. Cependant, nous nous attendons à obtenir de meilleurs résultats avec le groupe complexe, car les participants devront travailler uniquement en force

excentrique. En effet, pour rappel, Weineck précise que la force maximale, développée par le muscle de manière excentrique, est supérieure à celle obtenue par une simple contraction concentrique (Weineck, 1997). Donc, si le participant améliore sa qualité excentrique, il pourra générer une FM plus élevée.

Nous concevons que l'entraînement du groupe complexe devrait améliorer le test de précision du suivi de courbe sur la Dynamic Leg Press<sup>®</sup>, car les participants de ce groupe ont pu travailler durant huit sessions avec un feedback visuel de l'écran.

Notre dernière hypothèse est que le groupe complexe obtiendra de meilleurs résultats de manière générale car celui-ci aura réalisé un entraînement plus global que le groupe classique et nous pensons qu'il répondra mieux aux différents paramètres mesurés.

## **2 Méthode**

---

### **2.1 Design**

---

Il s'agit d'une étude pilote d'intervention randomisée contrôlée par tirage au sort.

### **2.2 Population**

---

Ont pris part à l'étude 34 personnes en bonne santé, âgées de 19 à 34 ans. Il s'agit d'étudiants de la filière physiothérapie de la HES-SO Valais/Wallis de Loèche-les-Bains. Pour le recrutement des participants, nous avons effectué une présentation orale et écrite de notre étude aux différentes volées Bachelor, début septembre 2011, qui définissait les buts et les risques. Puis toutes les personnes intéressées ont signé un formulaire de consentement éclairé.

#### **2.2.1 Critères d'inclusion**

Les participants devaient être âgés de plus de 18 ans et être en bonne santé.

#### **2.2.2 Critères d'exclusion**

Les participants ayant une blessure touchant le membre inférieur ou le tronc pouvant gêner l'activité sportive, ont été exclus. D'autres critères d'exclusion ont été fixés: grossesse, maladie empêchant une activité sportive et douleur empêchant de travailler avec de grandes résistances.

#### **2.2.3 Randomisation**

Nous avons réparti les participants en deux groupes de 17 personnes de manière randomisée, par tirage au sort, grâce à un logiciel (Stata version 11). Les caractéristiques pour la randomisation étaient le sexe, la réalisation d'une activité sportive de plus de deux heures par semaine et la pratique de renforcement musculaire. Le premier groupe a effectué un entraînement classique sur Dynamic Leg Press® et le second un entraînement complexe sur ce même appareil.

Population	Groupe A (classique)	Groupe B (complexe)	Total
Nombre (F/H)	17 (14/3)	17 (15/2)	33 (29/5)
Taille (cm $\pm$ SD)	169 $\pm$ 6.26	169.41 $\pm$ 5.58	169.21 $\pm$ 5.83
Poids (kg $\pm$ SD)	65.75 $\pm$ 10.85	64.95 $\pm$ 9.26	65.34 $\pm$ 9.91
Age (années $\pm$ SD)	22.5 $\pm$ 3.46	21.76 $\pm$ 1.75	22.12 $\pm$ 2.70
Sport (<2h sem./ >2h)	5/12	7/10	12/22
Renf. Musc. (non/oui)	13/4	13/4	26/8
SD: Déviation standard			
F: Femme			
H: Homme			

**Tableau 1:** Randomisation des participants avant l'étude  
(Chiffres en valeur absolue)

### 2.2.4 Suivi

Pendant l'étude, une personne a été contrainte d'abandonner l'étude, à cause d'une blessure au genou qui n'était pas liée à l'étude.

## 2.3 Intervention

---

L'intervention s'est déroulée sur six semaines, de mi-septembre à fin octobre 2011, dans le site SOMC de la clinique de réadaptation de Loèche-les-Bains. Des tests ont été effectués avant le début de l'intervention, puis nous avons réalisé huit séances d'entraînement à raison de deux fois par semaine durant quatre semaines. Nous avons testé une nouvelle fois les participants une semaine après la fin des entraînements selon le même protocole que lors de la première session. Il est apparu que 17 personnes faisant partie des deux groupes n'ont pu effectuer que sept entraînements sur les huit prévus, en raison d'un problème technique sur la machine. Le taux de participation aux entraînements était de 100% avant le problème technique survenu lors de la dernière session. Le taux final de participation est de 93,56%.

Un questionnaire destiné à rassembler les données démographiques, anthropométriques et motivationnelles a été distribué avant les deux tests (questionnaire du Swiss Olympic Medical Center, voir annexe 9.3 et 9.4). Ce dernier porte sur l'âge, la taille, le poids, le nombre d'heures d'activité sportive dans la dernière semaine, les plaintes, les blessures

dans le passé, les aliments avant l'essai, la consommation d'alcool dans les 24 dernières heures, ainsi que sur l'état d'esprit actuel (échelle numérique de 0 à 10) et sur la motivation (échelle numérique de 0 à 10). Ce questionnaire utilisé par le Swiss Olympic Medical Center a pour but de mettre en relation les points cités précédemment avec les résultats obtenus aux tests.

### **2.3.1 Tests**

Après avoir rempli le questionnaire, chaque participant prenait part à un échauffement de cinq minutes sur ergocycle.

#### 1er test: Star Excursion Balance Test (SEBT)

L'équilibre était ensuite évalué grâce au SEBT sur un tapis mousse (Airex®). Le participant devait toucher légèrement chacune des lignes le plus loin possible avec la jambe non-dominante en la ramenant à chaque fois au centre. Tout ceci dans l'ordre des huit directions. Nous avons réalisé ce test une fois.

Après cela, un échauffement pour les sauts a été effectué : 30 secondes de skipping (course rapide sur place), 10 sauts sur place, et 5 sauts depuis un caisson de 30cm.

#### 2ème test: Squat Jump et Counter Movement Jump sur plateforme Kistler®

Ensuite, les sauts ont été testés grâce à la plateforme Kistler® sur laquelle il fallait effectuer trois SJ et trois CMJ selon le protocole de SOMC « Manuel : Diagnostic de la performance de force ». Nous avons pris la moyenne des deux meilleurs résultats.

#### 3ème test : « Levers de chaise enchaînés d'une minute » avec Myotest®

Puis, nous avons utilisé le Myotest® pour le test des « levers de chaise enchaînés ». Le participant devait se lever le plus puissamment possible de la chaise à chaque bip sonore durant une minute. Après cela, une pause de cinq minutes était accordée. Ce test a été réalisé une fois.

#### 4ème test: Précision du suivi de courbe et force maximale sur Dynamic Leg Press®

Chaque participant prenait place sur la Dynamic Leg Press®. Nous avons tout d'abord effectué un petit échauffement de une à deux minutes en réalisant le jeu du pingouin pour que le participant s'habitue au fonctionnement de l'appareil. Il s'agit de faire

descendre une piste de ski à un pingouin ; pour tourner à droite, il faut appuyer avec la jambe gauche et vice-versa.

De plus, la force maximale et la précision du suivi de courbe étaient évaluées. Nous avons effectué chacun de ces deux tests trois fois. Nous avons gardé la meilleure valeur pour le test de la FM et la moyenne des deux meilleures pour la précision.

Les tests et re-test ont été réalisés selon ce même protocole.

### 2.3.2 Entraînements

- Echauffement :
- 10 minutes d'ergocycle pour chaque groupe
  - 2 minutes du jeu « pingouins » sur Dynamic Leg Press<sup>®</sup> pour chaque groupe
- Groupe classique :
- 6 séries de 8 répétitions à 60% de la FM (sans visualisation de l'écran) de manière classique : concentrique-excentrique
- Groupe complexe :
- 5 séries de 5 secondes de puissance à haute vitesse (en mode concentrique-excentrique) à 20% de la FM
  - 4 séries de 8 répétitions en mode excentrique à 60% de la FM
  - 5 séries de 5 secondes de puissance à haute vitesse (en mode concentrique-excentrique) à 20% de la FM

Nous avons calculé le volume total de chacun des deux entraînements pour qu'il soit équivalent entre les deux groupes. Ce volume a été défini comme la charge multipliée aux séries multipliées aux répétitions (charge × séries × répétitions) (MacDonald, Lamont, & Garner, 2012). Pour les deux groupes, nous avons débuté à 60% de la force maximale isométrique, et lorsque la charge était considérée comme trop facile ou trop difficile, nous l'avons adaptée afin de travailler au maximum des capacités de chacun. En effet, la FM statique est la plus grande force que le système neuromusculaire puisse effectuer lors d'une contraction volontaire contre résistance. Elle est donc supérieure à la FM dynamique ((Frey, 1977) cité par (Chaibi, 2005)).

De plus, nous avons aussi augmenté la charge au fur et à mesure des entraînements, pour rester dans la même optique qui était d'être au maximum des possibilités des participants.

## 2.4 Paramètres mesurés

---

Comme paramètres primaires, nous avons choisi la force maximale, la puissance, l'équilibre dynamique, ainsi que la précision du geste, tous les quatre indispensables au skieur.

Comme paramètres secondaires, nous avons évalué la faisabilité de l'étude : nous avons regardé si les tests et les entraînements étaient réalisables et relevant. De plus, le taux de participation, les *drop-outs*, les éventuels effets secondaires ainsi que la satisfaction globale de l'étude ont été pris en compte.

Pour répondre à certaines de nos interrogations, nous avons élaboré un formulaire qui n'est pas validé. Voici ce que l'on a voulu mesurer à travers nos différentes questions :

- Question 1 : la satisfaction globale des participants sur une échelle continue de 1 à 10. 1 n'étant pas satisfait, et 10 très satisfait.
- Question 2 : le ressenti de courbatures en lien avec l'étude avec une échelle dichotomique. Oui ou non, combien de fois, et dans quelle partie du corps.
- Question 3 : la perception de douleurs ou gênes en lien avec l'étude avec une échelle dichotomique. Si oui, quoi.
- Question 4 : un changement quelconque en lien avec l'étude avec une échelle dichotomique. Si oui, quoi.
- Question 5 : la possibilité d'utilisation en tant que physiothérapeute de cette DLP avec une échelle dichotomique. Oui ou non.

## **2.5 Examineurs**

---

Les tests et re-tests ont été réalisés par les deux auteurs de l'étude ainsi que par un physiothérapeute formé au protocole SOMC. Le même protocole a été effectué pour les deux sessions de tests afin de garantir la meilleure reproductibilité des résultats. Les premiers tests ont été entièrement effectués à l'aveugle, c'est-à-dire que les examinateurs ne connaissaient pas la répartition des participants au sein des deux groupes. En revanche, en ce qui concerne les re-tests, deux des trois examinateurs avaient une idée sur la répartition des groupes, mais cela n'a changé en rien la façon de procéder ainsi que les résultats.

## **2.6 Critères de faisabilité**

---

Comme critères de faisabilité, nous considérons que l'étude est faisable si nous obtenons : un taux de participation supérieur à 80%, une satisfaction globale à l'étude de plus de 70%, un arrêt pour cause de douleurs de moins de 5%, une différence inférieure à 20% pour les deux groupes au niveau de la douleur. Par le jugement des deux auteurs, le respect de la planification des horaires, l'organisation des huit entraînements et la sécurité du test de la FM sur DLP ont été analysés.

## **2.7 Analyses statistiques**

---

Pour les paramètres primaires, les analyses statistiques ont été faites grâce aux programmes R 2.14.0 et Tinn-R 2.3.7.1 (R Development Core Team, 2010).

Nous avons effectué le t-test pour le calcul des moyennes ainsi que pour les intervalles de confiance. Comme les données n'étaient pas distribuées normalement (inspection visuelle avec histogramme et statistique avec le test shapiro-wilk) nous avons utilisé le test U de Mann-Whitney-Wilcoxon (Wilcoxon rank sum test with continuity correction) pour une comparaison entre les deux groupes.



Pour la comparaison des deux groupes (test et re-test), nous avons également utilisé le Wilcoxon signed rank test, qui est un test non paramétrique d'identité portant sur deux échantillons indépendants. La signification statistique a été acceptée si la valeur p est plus petite que 0.05 ( $\alpha = 0.05$ , cela veut dire que l'on accepte une probabilité d'erreur de type I de 5%).

Pour la représentation graphique de nos données statistiques, nous avons choisi les boîtes à moustaches appelées aussi *box plot*. Celles-ci résument plusieurs caractéristiques de position du caractère étudié comme la médiane, les quartiles, le minimum, le maximum et les valeurs atypiques.

En outre, nous avons choisi un *Caterpillar plot* (avec tailles d'effet calculées) selon la méthode de Hedges'g pour avoir une vue d'ensemble des résultats des tests effectués et une représentation de la taille de l'effet sur les deux différents groupes (Cohen, 1992).

En ce qui concerne la faisabilité, nous nous sommes basés sur des statistiques descriptives et non inférentielles et sur une discussion de consensus (discussion entre les deux auteurs, le directeur du travail, le responsable du site SOMC de la clinique de réadaptation de Loèche-les-Bains ainsi que les deux développeurs de la DLP, tous experts dans leur domaine).

## 2.8 Ethique

---

Avant l'étude, les participants ont été informés par oral et par écrit et ont signé un formulaire de consentement éclairé. L'étude a été approuvée par la Commission d'Ethique du canton du Valais (No CCVEM029/11).

### 3 Résultats

#### 3.1 Taille de l'échantillon

Voici un diagramme des participants de notre étude :

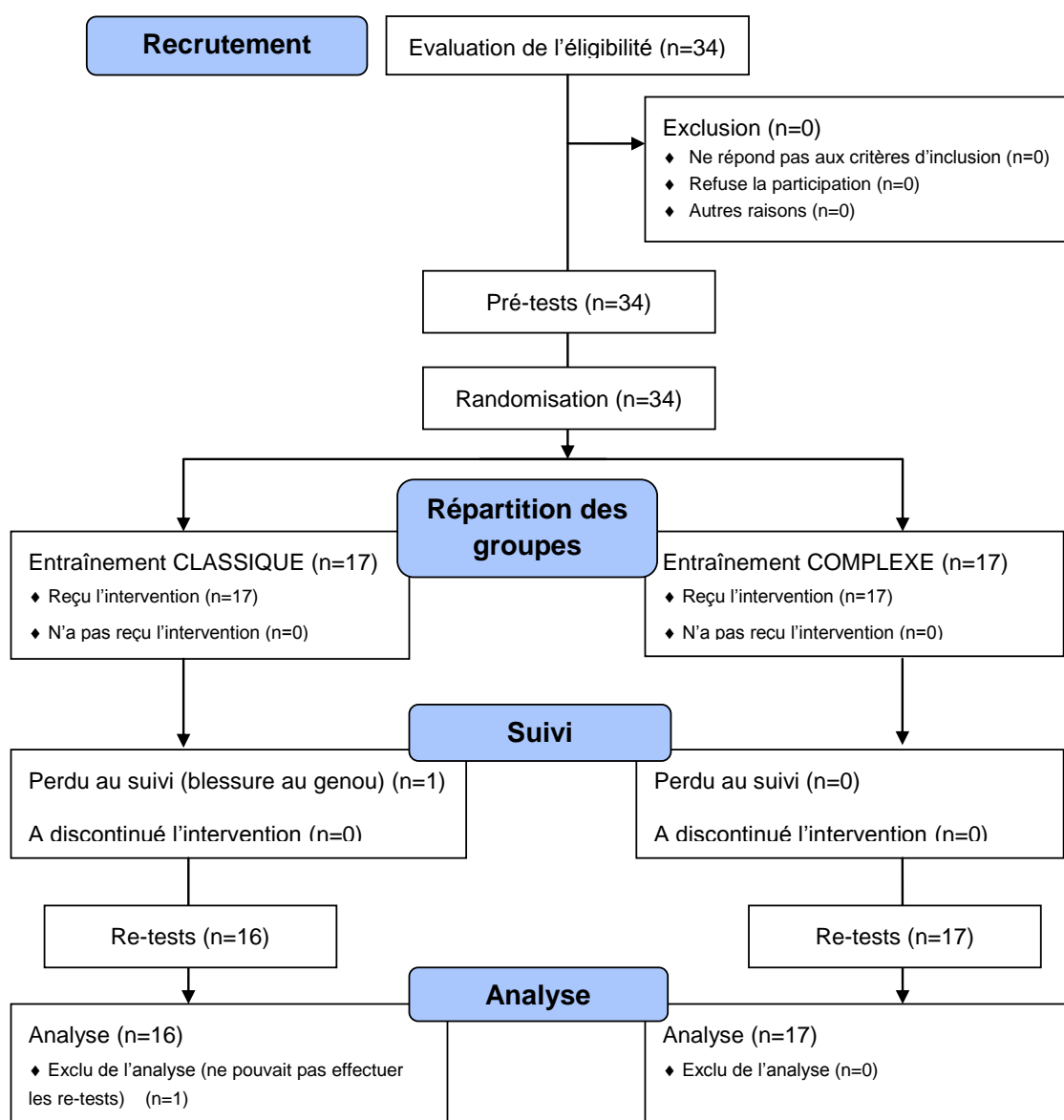


Figure 11: Flow-chart des participants selon Consort Statement

Le tableau 2 représente les 33 participants ayant terminé l'étude.

Population	Groupe A (classique)	Groupe B (complexe)	Total
Nombre (F/H)	16 (14/2)	17 (15/2)	33 (29/4)
Sport (<2h sem./ >2h)	5/11	7/10	12/21
Renf. Musc. (non/oui)	13/3	13/4	26/7
SD: Déviation standard F: Femme H: Homme			

**Tableau 2:** Tableau des 33 participants qui ont terminé l'étude  
(Chiffres en valeur absolue)

## 3.2 Résultats des indicateurs mesurés

Comme les données n'étaient pas distribuées normalement, afin de tester nos hypothèses, nous avons utilisé des tests non paramétriques. En outre, pour plus d'exhaustivité, nous allons présenter les moyennes et les intervalles de confiance.

### 3.2.1 Résultats SEBT

En ce qui concerne le SEBT, le groupe A (groupe classique) s'est amélioré de 4.20 cm (95% IC : 2.26 - 6.13) entre le test et le re-test. Le groupe B (groupe complexe) s'est amélioré de 7.28 cm (95% IC : 4.36 à 10.2).

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test nous donne une valeur p de 0.0007, ce qui est statistiquement significatif, tout comme pour le groupe B dont la valeur p est de 0.0006.

Et pour la différence entre les deux groupes, nous avons constaté que le groupe B s'est amélioré de 3.08 cm de plus que le groupe A (95% IC : - 6.47 à 0.3). La valeur p est de 0.056 (Wilcoxon rank sum test), ce qui n'est pas statistiquement significatif.

La figure 12 nous montre le boxplot des changements lors du SEBT entre le test et le re-test. Les médianes sont de 3.44 pour le groupe A et de 7.25 pour le groupe B.

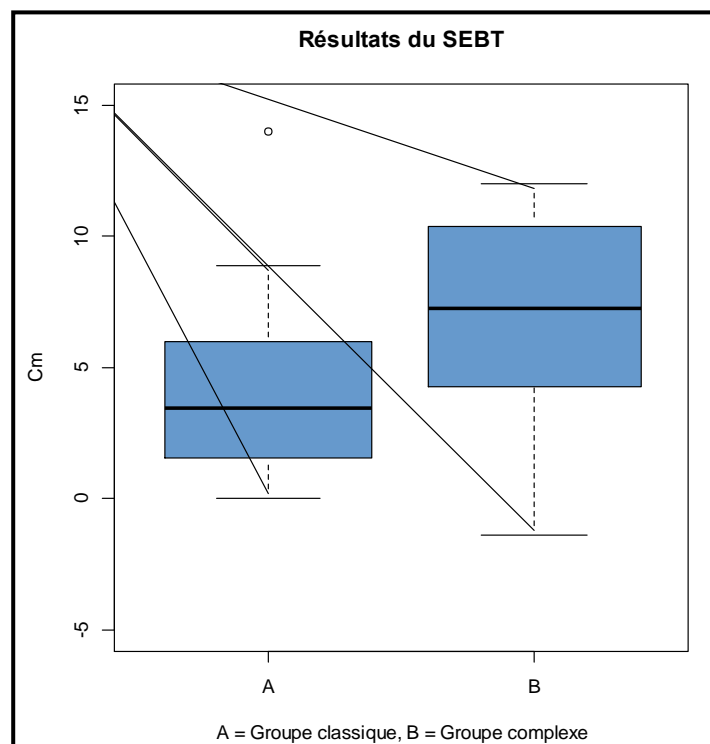


Figure 12: Boxplot du SEBT par groupes entre test et re-test

Axe vertical : échelle des valeurs  
Axe horizontal : groupes  
Rectangle bleu : région entre 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> quartile  
Ligne horizontale noire qui coupe rectangle : médiane  
Ligne verticale : relie extrême inférieure et supérieure  
Point : valeur atypique

La figure 13 montre la différence en centimètre des huit directions du SEBT entre le test et le pré-test pour les deux groupes.

On constate une amélioration de toutes les directions calculées lors du SEBT pour le groupe complexe (rouge), alors qu'une seule direction s'est péjorée pour le groupe classique (bleu). La direction postérieure est celle qui démontre la plus forte augmentation pour les deux groupes (groupe complexe : 10.35 cm / groupe classique : 6.69 cm).

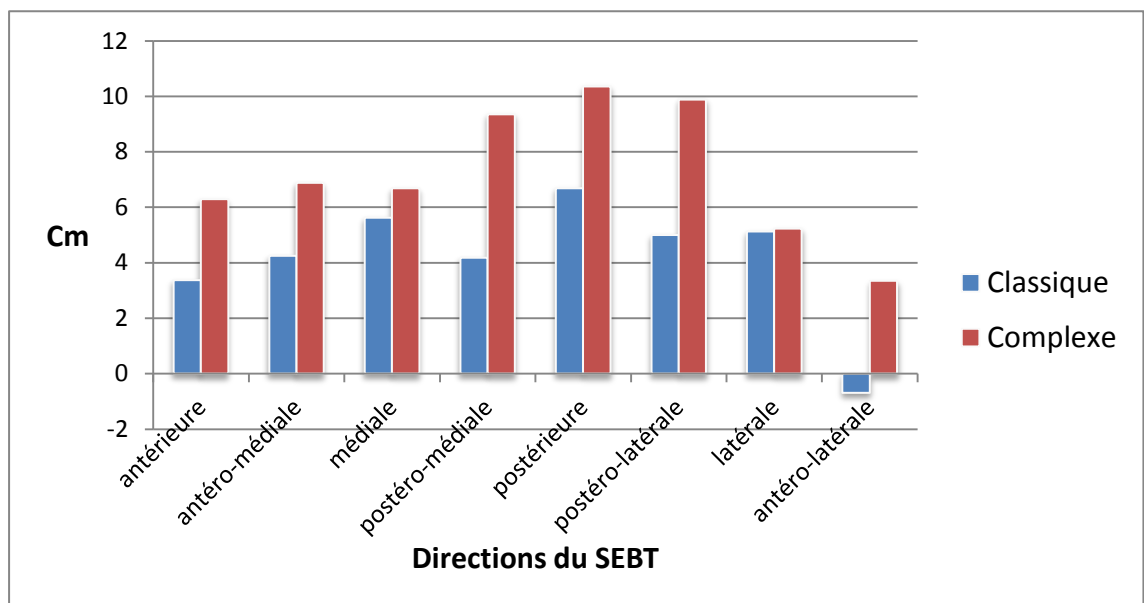


Figure 13: Directions du SEBT

## 3.2.2 Résultats de la plateforme Kistler®

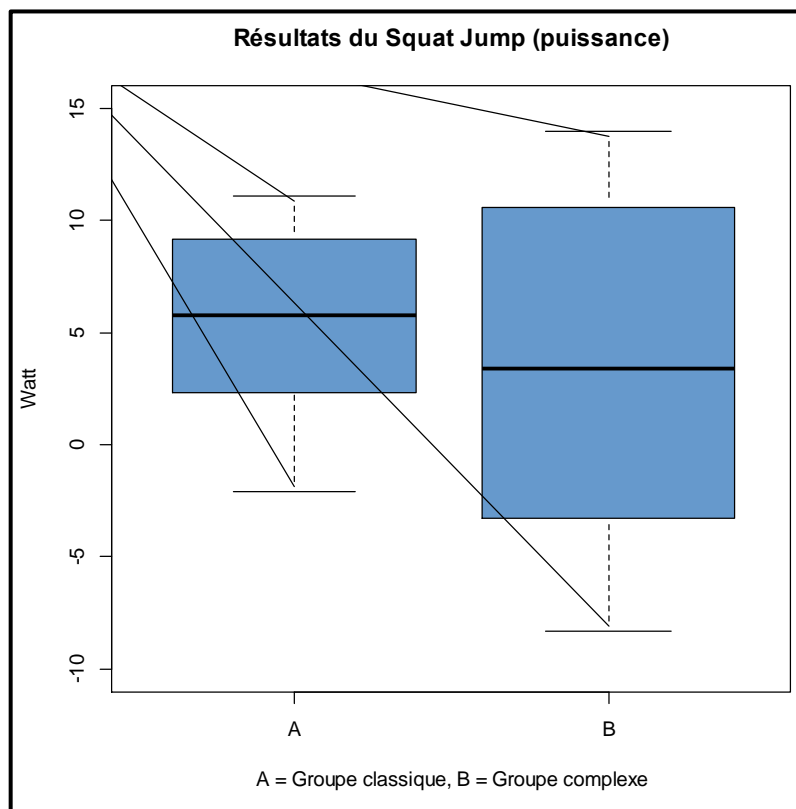
### 3.2.2.1 Résultats du Squat Jump

#### 3.2.2.1.1 Puissance

Pour la puissance lors du SJ, le groupe A (groupe classique) s'est amélioré de 5.69 W (95% IC : 3.51 à 7.87) entre le test et le re-test. Le groupe B (groupe complexe) s'est amélioré de 3.16 W (95% IC : -0.64 à 6.96). Le groupe A s'est amélioré de 2.53 W de plus que le groupe B (95% IC : -1.72 à 6.77).

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test nous donne une valeur p de 0.001, ce qui est statistiquement significatif. En revanche, la valeur p pour le groupe B est de 0.145, ce qui n'est pas statistiquement significatif.

Le groupe A s'est amélioré de 2.529 W de plus que le groupe B (95% IC : -1.71 à 6.77). La valeur p est de 0.43 (Wilcoxon rank sum test), ce qui n'est pas statistiquement significatif.



**Figure 14:** Boxplot du SJ en puissance par groupes entre test et re-test  
Pour légendes : voir figure 13

La figure 14 démontre le boxplot des changements au niveau de la puissance en watt lors du SJ entre le test et le re-test. Les médianes sont de 5.80 pour le groupe A et de 3.40 pour le groupe B.

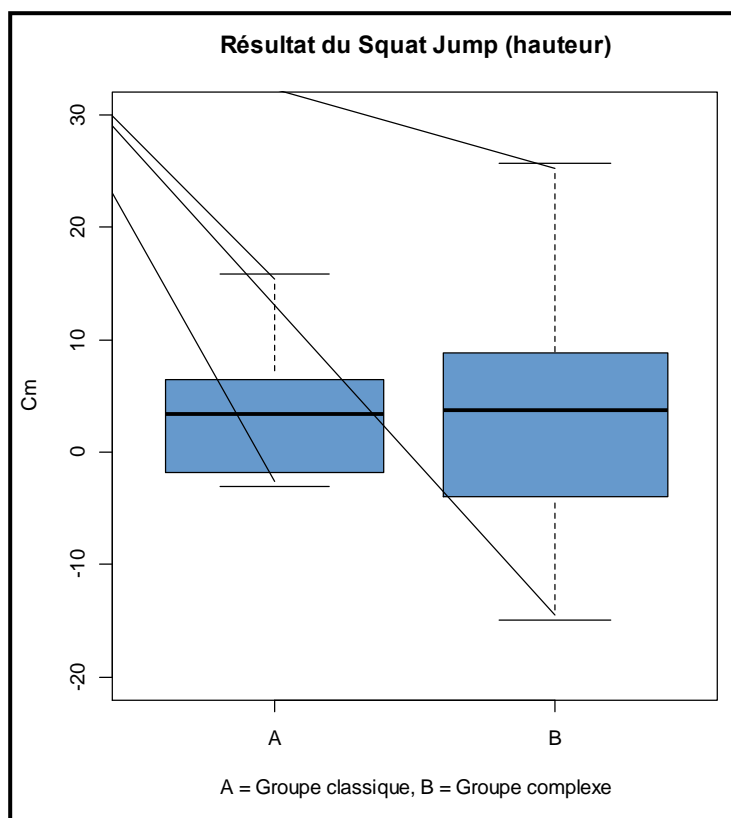
### 3.2.2.1.2 Hauteur de saut

En ce qui concerne la hauteur du SJ, le groupe A (groupe classique) s'est amélioré de 3.75 cm (95% IC : 0.58 à 6.92) entre le test et le re-test. Le groupe B (groupe complexe) s'est amélioré de 2.98 cm (95% IC : -2.20 à 8.15).

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test nous donne une valeur p de 0.02, ce qui est statistiquement significatif. En revanche, la valeur p pour le groupe B est de 0.263, ce qui n'est pas significatif.

Le groupe A s'est amélioré de 0.77 cm de plus que le groupe B (95% IC : -5.10 à 6.65). La différence entre les deux groupes est statistiquement non significative (p=0.845) (Wilcoxon rank sum test).

La figure 15 démontre le boxplot des changements au niveau de la hauteur en centimètre lors du SJ entre le test et le re-test. Les médianes sont de 3.45 pour le groupe A et de 3.80 pour le groupe B.



**Figure 15:** Boxplot du SJ en hauteur par groupes entre test et re-test  
Pour légendes : voir figure 13

### 3.2.2.2 Résultats du Counter Movement Jump

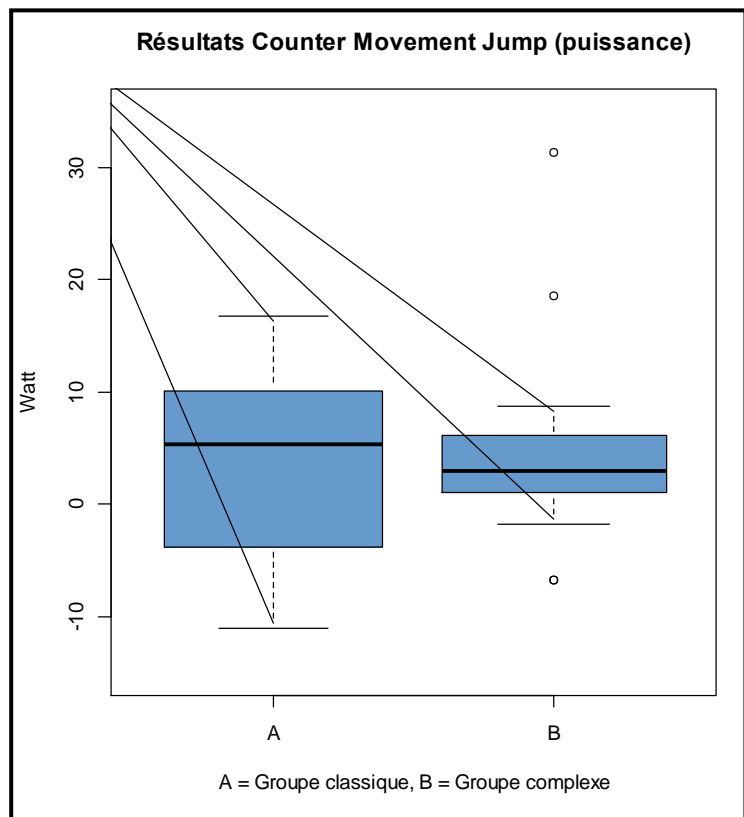
#### 3.2.2.2.1 Puissance

En ce qui concerne la puissance lors du CMJ, le groupe A (groupe classique) s'est amélioré de 4.1 W (95% IC : -0.37 à 8.57) entre le test et le re-test. Le groupe B (groupe complexe) s'est amélioré de 4.78 (95% IC : 0.15 à 9.41).

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test nous donne une valeur p de 0.070, ce qui n'est pas statistiquement significatif. En revanche, la valeur p pour le groupe B est de 0.026, ce qui est significatif.

Le groupe B s'est amélioré de 0.68 W de plus que le groupe A (95% IC : -6.86 à 5.49). La différence entre les deux groupes est statistiquement non significative (p=0.705) (Wilcoxon rank sum test).

La figure 16 explique le boxplot des changements au niveau de la puissance en watt lors du CMJ entre le test et le re-test. Les médianes sont de 5.35 pour le groupe A et de 3.00 pour le groupe B.



**Figure 16:** Boxplot du CMJ en puissance par groupes entre test et re-test  
Pour légendes : voir figure 13



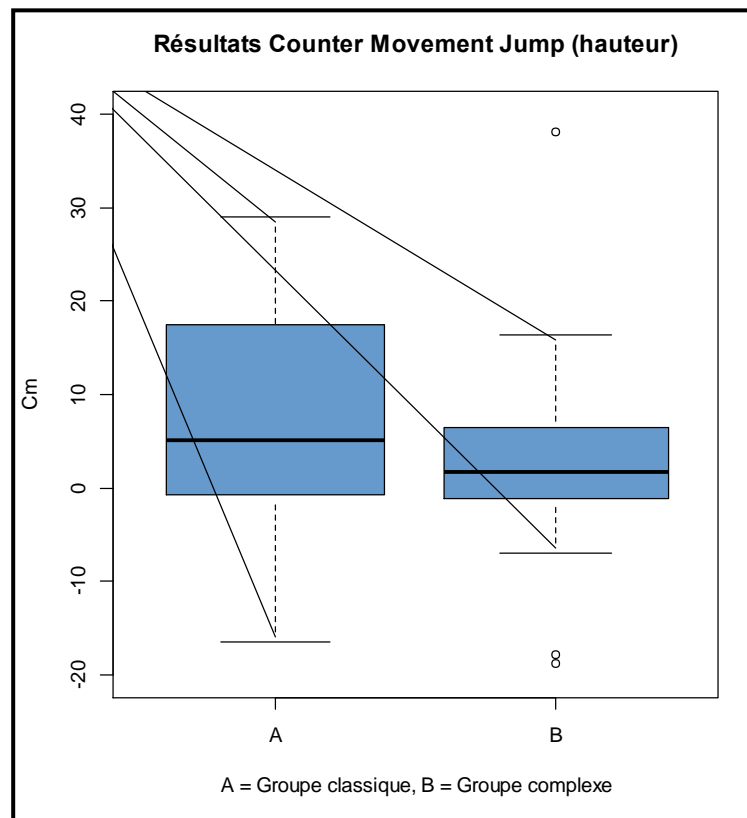
### 3.2.2.2 Hauteur de saut

En ce qui concerne la hauteur lors du CMJ, le groupe A (groupe classique) s'est amélioré de 7 cm (95% IC : 0.33 à 13.67) entre le test et le re-test. Le groupe B (groupe complexe) s'est amélioré de 3.56 (95% IC : -3.28 à 10.41).

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test nous donne une valeur p de 0.056, ce qui n'est pas statistiquement significatif, tout comme la valeur p du groupe B qui est de 0.344.

Et pour la différence entre les deux groupes on constate que le groupe A s'est amélioré de 3.44 cm de plus que le groupe B (95% IC : -5.73 à 12.60). La différence entre les deux groupes est statistiquement non significative ( $p=0.358$ ) (Wilcoxon rank sum test).

La figure 17 nous montre le boxplot des changements au niveau de la hauteur en centimètre lors du CMJ entre le test et le re-test. Les médianes sont de 5.15 pour le groupe A et de 1.70 pour le groupe B.



**Figure 17:** Boxplot du CMJ en hauteur par groupes entre test et re-test  
Pour légendes : voir figure 13

### 3.2.2.3 Rapport Counter Movement Jump – Squat Jump

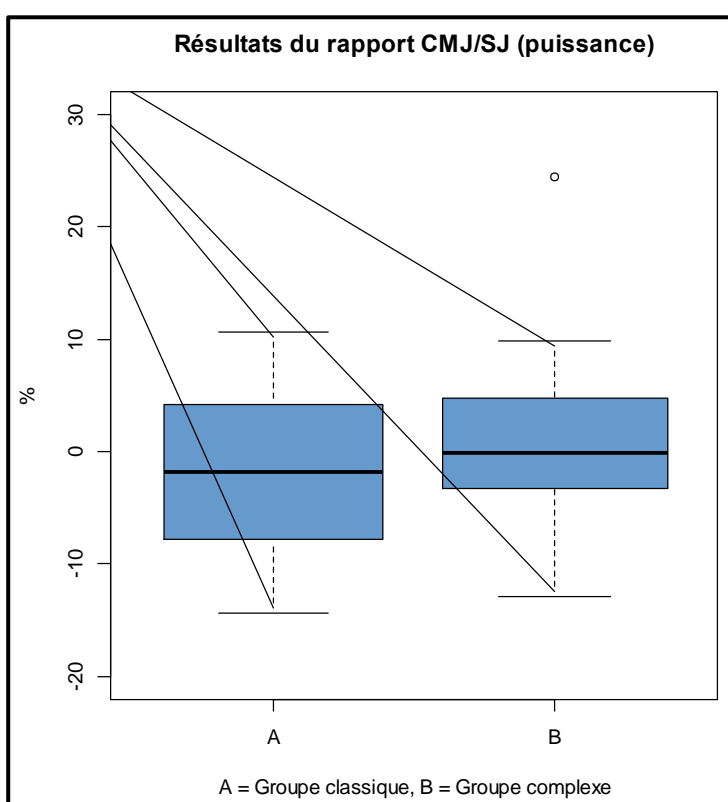
#### 3.2.2.3.1 Puissance

En ce qui concerne le rapport CMJ/SJ au niveau de la puissance, le groupe A (groupe classique) s'est péjoré de 1.76 W (95% IC : -5.71 à 2.18) entre le test et le re-test. Le groupe B (groupe complexe) s'est amélioré de 1.1 W (95% IC : -3.39 à 5.59).

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test nous donne une valeur p de 0.404, ce qui n'est pas statistiquement significatif, tout comme la valeur p du groupe B qui est de 0.85.

La différence entre les deux groupes est statistiquement non significative ( $p=0.428$ ) (Wilcoxon rank sum test). En effet, le groupe B s'est amélioré de 2.86 W de plus que le groupe A (95% IC : -8.60 à 2.88).

La figure 18 décrit le boxplot du rapport en pourcentage du CMJ/SJ en puissance entre le test et le re-test. Les médianes sont de -1.85 pour le groupe A et de -0.1 pour le groupe B.



**Figure 18:** Boxplot du rapport CMJ/SJ en puissance par groupes entre test et re-test  
Pour légendes : voir figure 13

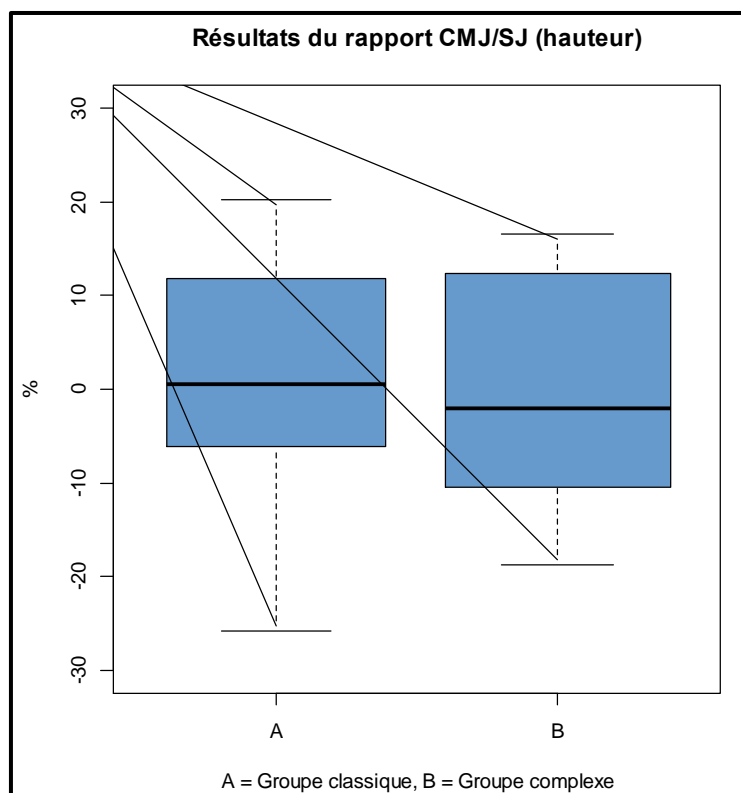
#### 3.2.2.3.2 Hauteur de saut

En ce qui concerne le rapport CMJ/SJ au niveau de la hauteur, le groupe A (groupe classique) s'est amélioré de 0.19 cm (95% IC : -7.63 à 8.02) entre le test et le re-test. Le groupe B (groupe complexe) s'est amélioré de 0.2 cm (95% IC : -5.67 à 6.07).

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test nous donne une valeur p de 0.899, ce qui n'est pas statistiquement significatif, tout comme la valeur p du groupe B qui est de 0.850.

Le groupe B s'est amélioré de 0.0062 cm de plus que le groupe A (95% IC : -9.42 à 9.40). La différence entre les deux groupes est donc statistiquement non significative ( $p=0.759$ ) (Wilcoxon rank sum test).

La figure 19 illustre le boxplot du rapport en pourcentage du CMJ/SJ de la hauteur en centimètres entre le test et le re-test. Les médianes sont de 0.55 pour le groupe A et de -2.00 pour le groupe B.



**Figure 19:** Boxplot du rapport CMJ/SJ en hauteur par groupes entre test et re-test  
Pour légendes : voir figure 13

### 3.2.3 Résultats Myotest®

Lorsque nous avons analysé les résultats du Myotest, nous avons remarqué que les résultats étaient incohérents. Nous pouvons expliquer cela par le fait que les algorithmes utilisés dans le test des « levers de chaise enchaînés » d'une minute étaient encore en phase de développement. C'est pourquoi nous avons décidé de ne pas prendre en compte ces résultats. Ceux-ci se trouvent en annexe (annexe 9.6).

### 3.2.4 Résultats Dynamic Leg Press®

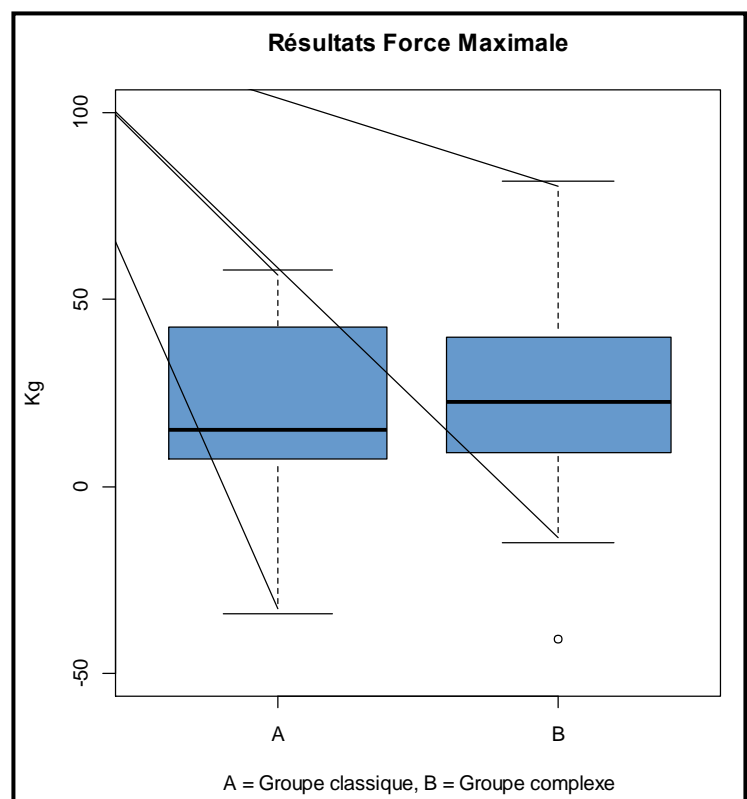
#### 3.2.4.1 Force maximale

En ce qui concerne la force maximale, le groupe A (groupe classique) s'est amélioré de 17.08 kg (95% IC : -2.28 à 36.45) entre le test et le re-test, ce qui représente une amélioration de 14.85%. Le groupe B (groupe complexe) s'est amélioré de 21.83 kg (95% IC : 6.55 à 37.11), ce qui représente une amélioration de 19%.

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test nous donne une valeur p de 0.021, ce qui est statistiquement significatif, tout comme pour le groupe B dont la valeur p est de 0.011.

Le groupe B s'est amélioré de 4.75 kg de plus que le groupe A (95% IC : -28.46 à 18.97). La différence entre les deux groupes est statistiquement non significative (p=0.829) (Wilcoxon rank sum test).

La figure 20 indique le boxplot des changements au niveau de la force maximale en kilogrammes entre le test et le re-test. Les médianes sont de 15.18 pour le groupe A et de 22.75 pour le groupe B.



**Figure 20:** Boxplot de la force maximale en kilogramme par groupes entre test et re-test  
Pour légendes : voir figure 13

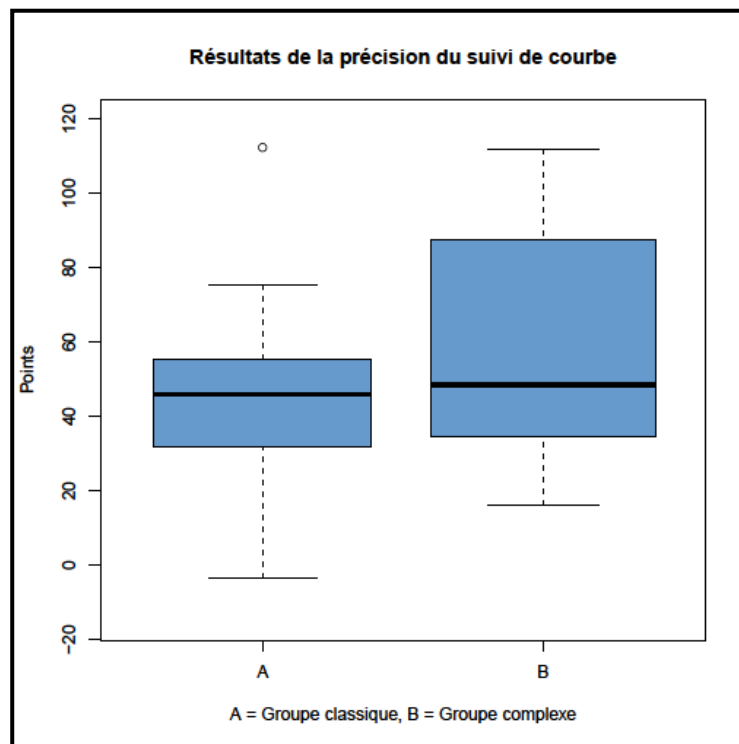
### 3.2.4.2 Précision du suivi de courbe

Pour la précision du suivi de courbe, le groupe A (groupe classique) s'est amélioré de 45.37 points (95% IC : 31.26 à 59.49) entre le test et le re-test. Le groupe B (groupe complexe) s'est amélioré de 59.32 points (95% IC : 43.46 à 75.19).

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test nous donne une valeur p de 0.00006, ce qui est statistiquement significatif, tout comme pour le groupe B dont la valeur p est de 0.0003.

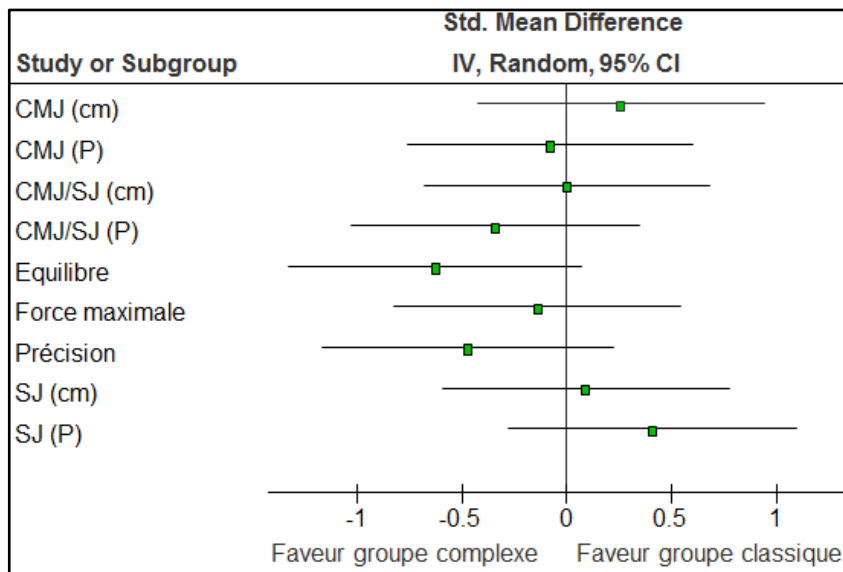
Le groupe B s'est amélioré de 13.94 points de plus que le groupe A (95% IC : -34.33 à 6.44). La différence entre les deux groupes est statistiquement non significative ( $p=0.358$ ) (Wilcoxon rank sum test).

La figure 21 démontre le boxplot des changements au niveau de la précision du suivi de courbe en points entre le test et le re-test. Les médianes sont de 46 pour le groupe A et de 48.5 pour le groupe B.



**Figure 21:** Boxplot de la précision du suivi de courbe en points par groupes entre le test et le re-test  
Pour légendes : voir figure 13

### 3.2.5 Taille de l'effet de tous les indicateurs mesurés



**Figure 22:** Caterpillar Plot de la taille de l'effet des indicateurs mesurés (Hedges'g effect Size: 0,2=petit effet, 0,5=effet moyen, 0,8=grand effet)  
 SJ: Squat Jump  
 CMJ: Counter Movement Jump  
 P: Puissance  
 Cm: centimètres

La figure 22 démontre la taille de l'effet de nos indicateurs observés. Comme tous les intervalles de confiance traversent la ligne verticale, nous pouvons observer qu'il n'y a pas d'améliorations statistiquement significatives, mais ces indicateurs indiquent une plus forte augmentation en faveur du groupe complexe pour les valeurs sensorimotrices, telles que la force, la précision du geste et l'équilibre.

### 3.3 Résultats de la faisabilité

Voici les différents résultats de la faisabilité de l'étude :

Lors des tests : (i) La planification des horaires a été respectée ; (ii) Il n'y a pas eu de blessures lors du test de la FM sur DLP ; (iii) Concernant l'effet d'apprentissage lors du test de la précision du suivi de courbe, les médianes des deux groupes sont de 819 points pour le premier essai, 862 points pour le deuxième et 877 pour le troisième et dernier essai. Pour le test de la force maximale, les médianes des deux groupes sont de 90 Kg lors du premier essai, 102 Kg lors du deuxième et 105 Kg lors du troisième essai.

Lors des entraînements: (i) La planification des horaires a été respectée ; (ii) Les huit entraînements ont été bien organisés; (iii) Il n’y a pas eu d’arrêt de l’étude pour cause de douleurs ou blessures pendant l’étude, un seul participant a été contraint à mettre un terme aux entraînements en raison d’une blessure indépendante à l’étude ; (iv) La satisfaction globale des participants est à 9.45 sur une échelle de 10.

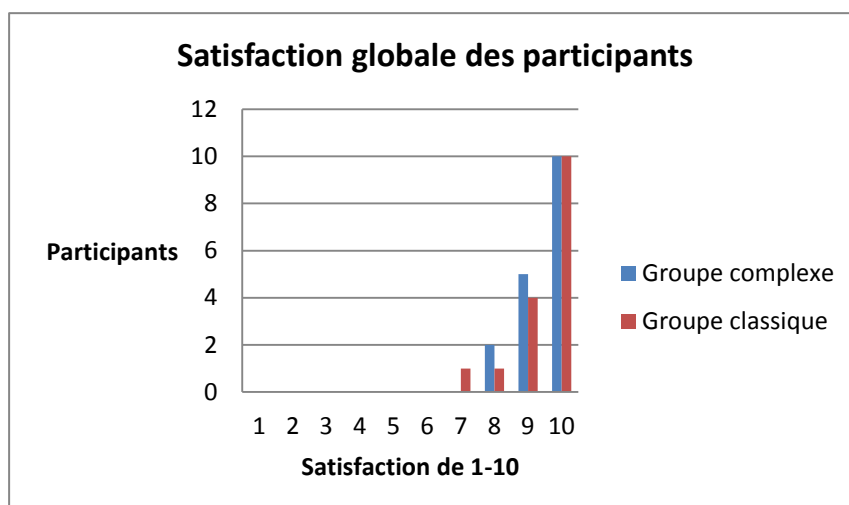
De plus, les tests SEBT, SJ et CMJ se sont avérés réalisables et tout à fait appropriés. Les tests expérimentés sur Dynamic Leg Press<sup>®</sup> ont répondu à nos attentes quant à leur bonne performance et à leur exactitude. En revanche, le test des « levers de chaise enchaînés » n’a pas pu être pris en compte en raison d’une erreur avec les algorithmes.

Le taux de participation aux entraînements était de 100% avant le problème technique survenu lors de la dernière session avec l’appareil DLP. Et c’est pour cette raison que le taux final de participation s’élève à 93,56%.

### 3.3.1 Analyse du questionnaire

#### 3.3.1.1 Question 1 : Satisfaction des participants

A la question « Avez-vous été globalement satisfait de l’étude », la satisfaction moyenne des participants est de 9.45 sur une échelle de 1 à 10. On peut observer une légère faveur pour le groupe complexe, puisque la satisfaction moyenne atteint 9.47 et 9.43 pour le groupe classique.



**Figure 23:** Satisfaction globale des participants participants  
(1: pas satisfait, 10: très satisfait)

### 3.3.1.2 Question 2 : Courbature

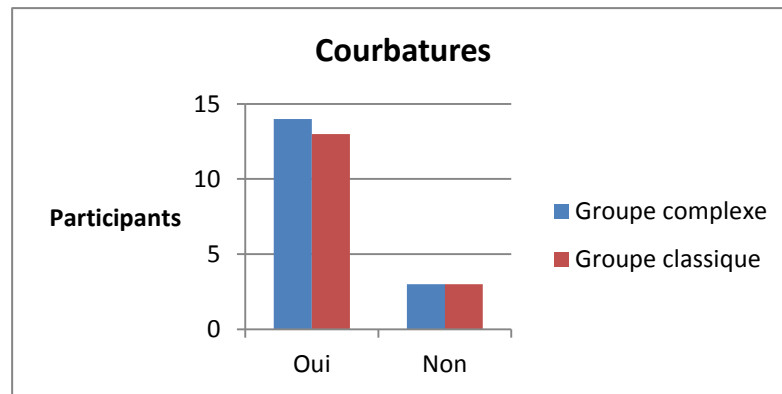


Figure 24: Courbatures

Ce graphique démontre que 81.81% des participants ont eu des courbatures en rapport avec l'étude (figure 24). En effet, 27 participants ont répondu positivement à la question « avez-vous eu des courbatures ? », et 6 négativement. Cependant, il n'y a pas de réelle différence entre les deux groupes.

La fréquence des courbatures est illustrée à travers le graphique ci-dessous (figure 25). La fréquence moyenne totale des courbatures a été de 1.9 fois durant l'étude : 2.3 fois pour le groupe complexe contre 1.6 fois pour le groupe classique.

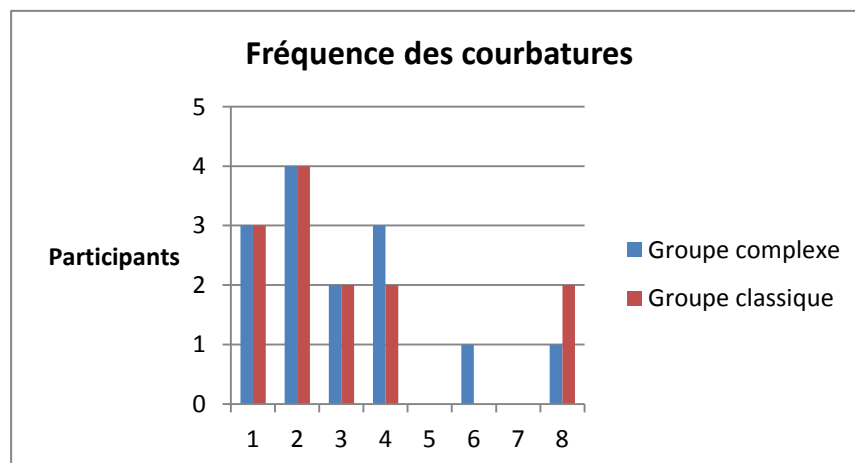
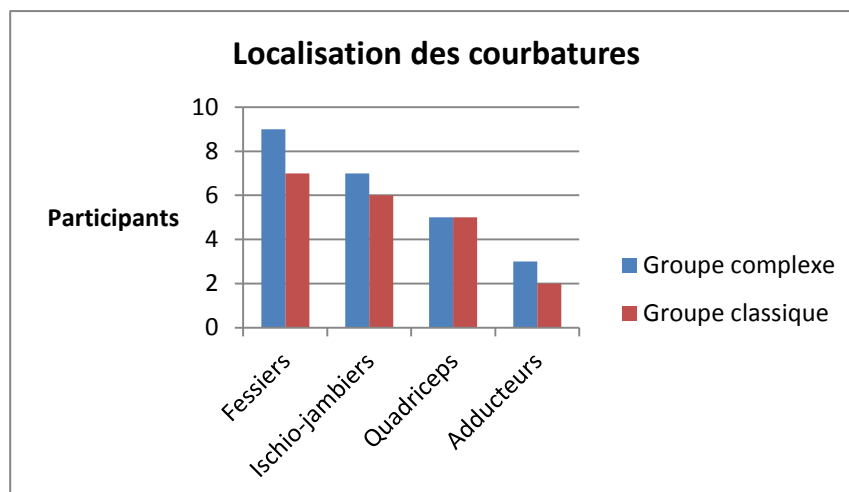


Figure 25: Fréquence des courbatures  
(1-8: nombre d'entraînements)

Concernant la localisation des courbatures (figure 26), on peut observer que quatre groupes musculaires prédominent : les fessiers, les ischio-jambiers, le quadriceps et les adducteurs.

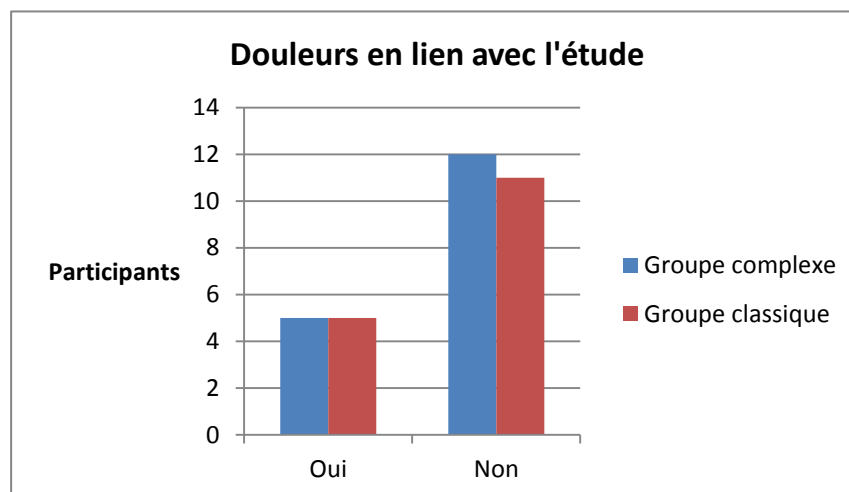




**Figure 26:** Localisation des courbatures

### 3.3.1.3 Question 3 : Douleurs en lien avec l'étude

A la question « Avez-vous eu des douleurs, gênes en lien avec l'étude ? », 30.30% des participants ont répondu affirmativement. Il n'y a pas de différence concrète entre les deux groupes (figure 27).



**Figure 27:** Douleurs en lien avec l'étude

Le graphique ci-dessous (figure 28) indique les types de douleurs ressenties durant l'étude : des douleurs au dos, aux genoux et des crampes aux muscles fessiers.

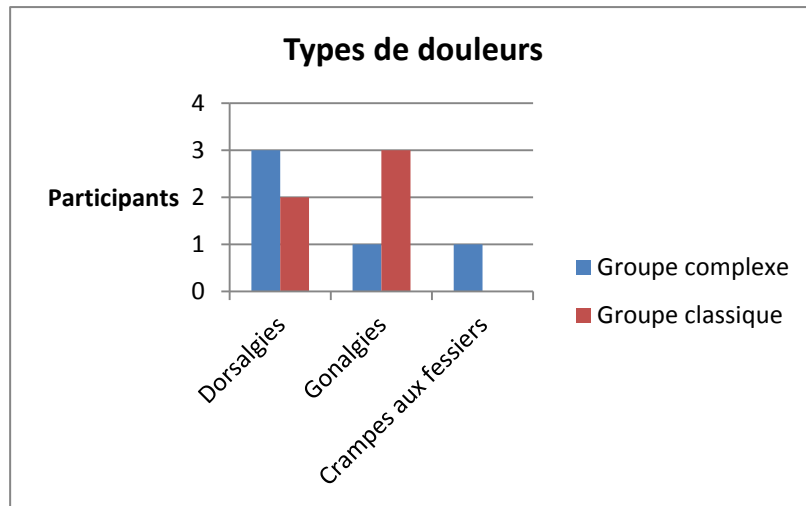


Figure 28: Types de douleurs

#### 3.3.1.4 Question 4 : Changement en lien avec l'étude

A la question « Avez-vous senti un changement quelconque (force, équilibre, etc.) depuis le début de l'étude ? », 60.60% des participants ont répondu positivement : 11 pour le groupe complexe contre 9 pour le groupe classique.

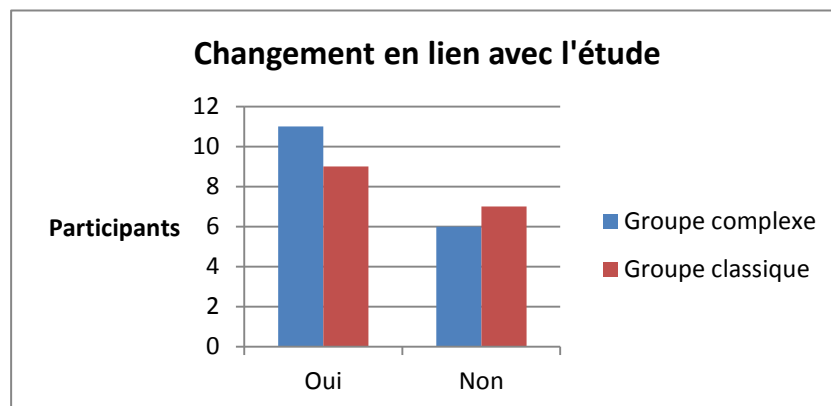


Figure 29: Changement en lien avec l'étude

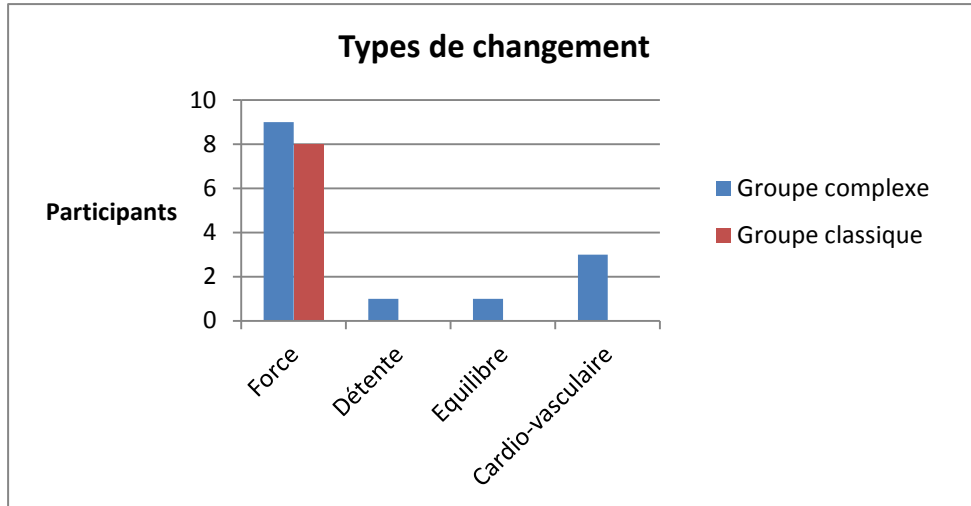


Figure 30: Types de changement

Dans la figure 30, nous pouvons observer un changement ressenti par les participants surtout au niveau de la force, mais aussi au niveau de la détente, de l'équilibre et des fonctions cardio-vasculaires.

### 3.3.1.5 Question 5 : Utilisation de la DLP

En tant que futurs physiothérapeutes, 90.90% des participants utiliseraient cet appareil de tonification avec des sportifs ou des patients (figure 31). Ceux qui ne l'utiliseraient pas évoquent un coût trop élevé et certains problèmes techniques apparus.

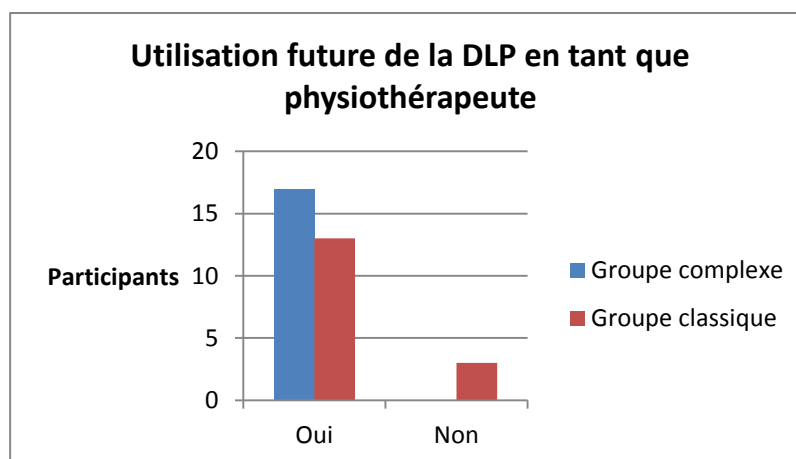


Figure 31: Utilisation future de la DLP en tant que physiothérapeute

## 4 Discussion

---

Dans cette étude pilote randomisée contrôlée comprenant 33 personnes saines, les résultats ont démontré une amélioration statistiquement non significative entre les deux groupes en faveur de l'entraînement complexe sur les indicateurs équilibre et précision du geste.

Nos deux entraînements se sont avérés efficaces, car nous avons pu observer une amélioration considérable dans chaque groupe entre le test et le re-test, au niveau de l'équilibre, de la force maximale et de la précision du geste. Nous avons aussi remarqué une légère amélioration concernant les sauts sur la plateforme Kistler® (SJ, CMJ).

En ce qui concerne nos hypothèses sur les effets, la première relative au test du SEBT, s'est avérée correcte : les deux groupes se sont améliorés de façon statistiquement significative entre le test et le re-test. La direction postérieure est celle qui s'est la plus améliorée pour les deux groupes, en particulier pour le complexe.

L'hypothèse concernant le test du SJ s'est confirmée, puisque les résultats du groupe classique ont démontré une meilleure amélioration, mais celle-ci est infime.

L'hypothèse relative à l'obtention de meilleurs résultats au CMJ pour le groupe complexe s'est avérée infondée. En effet, celui-ci a obtenu de moins bonnes valeurs en puissance ainsi qu'en hauteur de saut, mais la différence est minime.

Notre hypothèse au sujet du rapport CMJ/SJ s'est confirmée. Le groupe complexe a présenté de meilleurs résultats que le groupe classique, mais la différence est infime.

L'hypothèse à propos du test des « levers de chaise enchaînés » n'a pas pu être vérifiée en raison d'un problème avec l'algorithme du Myotest®.

L'hypothèse concernant la force maximale s'est aussi avérée correcte (résultats avant-après significatifs). En effet, nous avons constaté une forte amélioration de la FM pour les deux groupes, avec un avantage certain en faveur du groupe complexe.

En observant nos résultats, notre hypothèse selon laquelle les deux groupes, avec majoration pour le groupe complexe, devraient améliorer leur valeur lors du test de la précision du suivi de courbe s'est révélée exacte, mais on ne peut pas exclure que la

différence que l'on a trouvée n'est pas due au hasard : cela veut dire en d'autres termes que la différence entre les groupes n'est pas statistiquement significative.

Notre dernière hypothèse qui évoque de meilleurs résultats de manière générale pour le groupe complexe s'est avérée correcte, malgré le manque de résultats statistiquement significatifs.

En outre, cette étude pilote a montré que nos critères de faisabilités sont remplis :

En ce qui concerne les tests, la planification des horaires a été réalisable. Le test de la FM sur DLP a été fait en toute sécurité. Cependant nous avons remarqué que si le participant ne pressait pas le bouton d'arrêt à temps, en essayant d'aller au maximum de ses capacités par exemple, les muscles de celui-ci lâchaient et par conséquent, les pédales de l'appareil se rapprochaient de lui de manière rapide et brutale. La personne se retrouvait alors en flexion importante au niveau des articulations coxo-fémorales. Pour une utilisation ultérieure de cet appareil de tonification, il faudrait que l'arrêt de sécurité apparaisse plus rapidement.

L'effet d'apprentissage est relativement important dans le test de suivi de courbe, puisqu'il y a une amélioration de 58 points entre le premier et le dernier essai. Cela peut s'expliquer par le fait que les participants s'accommodent et se familiarisent avec la DLP, et augmentent donc leur précision du suivi de courbe. Pour éviter que l'effet d'apprentissage soit si important, il aurait fallu réaliser une étude pour déterminer à partir de quelles répétitions le participant arrive à un plateau où il n'y a plus de progression.

Ce même effet se retrouve aussi dans le test de la FM, sauf que l'on observe un plus grand effet d'apprentissage entre le premier et le deuxième essai. La fatigue engendrée lors des deux premières tentatives peut expliquer que cet effet a tendance à diminuer lors du troisième essai.

Pour les entraînements, les horaires de passage des participants ont été relativement difficiles à planifier, en raison du nombre élevé de participants et du fait qu'il n'y avait qu'une seule DLP. En effet, lors de chaque entraînement, le participant s'entraînait une douzaine de minutes sur cet appareil, et ceci deux fois par semaine. Cela représente environ 24 minutes par personne et par semaine, pour un total de trois heures et demie durant quatre soirs pour les 34 participants, soit 110 heures uniquement pour les

entraînements. L'acquisition d'une deuxième DLP, permettrait de faciliter la planification et l'organisation des entraînements, et également de diminuer le temps de travail des auteurs de l'étude. Il n'y a pas eu d'abandon pour cause de douleurs en lien avec l'étude. On peut donc en déduire que l'étude ne présente pas d'effets secondaires sérieux. De plus, la satisfaction globale des participants est de 94,5%. On peut donc affirmer qu'ils ont apprécié et pris du plaisir lors des entraînements, élément indispensable au bon fonctionnement d'une étude.

## **4.1 Limites**

---

### **4.1.1 Taille de l'échantillon**

Une des premières limites de notre étude est l'échantillonnage de nos participants. En effet, il serait intéressant de pouvoir comparer les résultats de notre étude avec d'autres types de personnes, plus âgées par exemple ou souffrant de pathologies quelconques. De plus, une taille d'échantillon plus importante aurait permis d'interpréter les tests paramétriques avec plus de confiance. Pour avoir une taille de l'effet (Cohen's d) entre petit et modéré, de 0.35, avec une probabilité d'erreur de type-I ( $\alpha=0.05$ ) et une puissance de 0.8 (probabilité d'erreur de type-II de 20%), il serait judicieux d'avoir une taille d'échantillon de 130 personnes par groupe. Si l'on assume que l'effet minimal cliniquement important est de 0.2 (Cohen's d), il faudrait même inclure 394 participants par groupe (Faul F. et al., 2007). Mais la situation ne nous permettait pas d'avoir plus de 34 personnes. De plus, il s'agit d'une étude pilote.

### **4.1.2 Test**

Le test de la force maximale s'est fait de façon isométrique, alors que nos entraînements étaient réalisés de manière anisométrique. De plus, la FM obtenue dans notre étude n'est reproductible que sur Dynamic Leg Press<sup>®</sup>. C'est pourquoi, afin d'être plus précis dans le profil musculaire, nous aurions pu réaliser des tests isocinétiques (sur un appareil de test de type Cybex<sup>®</sup> par exemple).

De plus, nous n'étions pas entièrement satisfaits de la position du dossier sur la Dynamic Leg Press<sup>®</sup>. En effet, l'inclinaison de celui-ci n'était pas réglable. Nous nous sommes retrouvés face à une flexion importante au niveau de l'articulation coxo-fémorale, ce qui a provoqué des dorsalgies chez plusieurs participants.

### **4.1.3 Entraînement**

Nous voulons également mentionner le fait que nous avons rencontré plusieurs problèmes techniques avec la Dynamic Leg Press<sup>®</sup>. Nous avons été contraints d'annuler le dernier jour d'entraînement pour 17 participants et en outre, nous avons eu quelques difficultés tout au long de l'étude quant au bon fonctionnement de la DLP, à cause d'une mauvaise installation du compresseur.

Nous aurions aussi pu varier les différentes composantes quantitatives et qualitatives de la charge d'entraînement comme le volume, la fréquence, l'intensité et la densité, mais cela ne correspondait pas à notre objectif qui était d'entraîner la puissance.

Pour terminer, nous sommes conscients que nos deux entraînements diffèrent passablement l'un de l'autre pour être comparés analytiquement. En effet, nous avons utilisé beaucoup de paramètres différents entre le groupe classique et le groupe complexe pour affirmer le fait que tel ou tel élément améliore plus les différents paramètres observés. Cependant, le but de cette étude n'était pas de comparer les différents paramètres entre eux, mais bien d'évaluer quel type d'entraînement était le meilleur dans sa globalité.

### **4.1.4 Organisation temporelle**

En outre, nous aurions pu uniformiser le moment de la journée où les tests devaient être effectués. En effet, pour des raisons pratiques, la première séance de test se déroulait en soirée et la deuxième durant la journée. Afin d'être plus rigoureux et d'avoir une meilleure reproductibilité, nous aurions pu les réaliser au même moment de la journée.

## **4.2 Forces de notre étude**

---

Malgré les limites mentionnées ci-dessus, cette étude présente plusieurs aspects positifs :

Elle est la première à avoir été effectuée sur la Dynamic Leg Press<sup>®</sup> : nous sommes les premiers à avoir travaillé de manière complexe sur ce nouvel appareil de renforcement musculaire. Nous avons eu la chance de travailler en étroite collaboration avec les développeurs de cet appareil, qui ont pu nous aider pour les programmes et les réglages de la DLP. Un de nos buts était d'évaluer s'il s'avère utile d'utiliser cet appareil de

renforcement plutôt qu'un autre. C'est pour cette raison qu'il y a eu un groupe classique (reproduisant une Leg Press normale) et un groupe complexe (Dynamic Leg Press®). De plus, la comparaison d'un entraînement classique à un entraînement complexe à une grande relevance pour la pratique.

Un autre aspect positif de notre étude réside sans doute dans le fait que nous avons réalisé les tests et entraînements nous-même. De cette manière, il nous a été possible de contrôler le taux de participation ainsi que la qualité de l'entraînement.

### **4.3 Littérature**

---

En ce qui concerne la comparaison d'un entraînement classique à un entraînement complexe, nous n'avons trouvé aucune étude identique à celle réalisée, malgré une exploration exhaustive de la littérature. Quelques études comparant le test de force maximale avec et sans feedback visuel ont été effectuées. Celle de Campenella, Mattacola, & Kimura (2000) conclut que tous les sujets, quel que soit le genre, produisent un plus grand pic de force des ischios-jambiers et des quadriceps avec un feedback visuel.

L'étude de Hagedorn & Holm (2010), compare un entraînement physique traditionnel à un entraînement avec feedback visuel sur ordinateur chez des personnes âgées. Il arrive à la conclusion que le groupe avec feedback visuel augmente remarquablement les performances spécifiques à cet entraînement (jeux sur l'ordinateur). Nous relativisons toutefois l'issue de cette étude, d'une part parce qu'elle traite du risque de chute chez les seniors et d'autre part car il n'y a pas de résultats statistiquement significatifs.

Une étude récente compare les effets de six semaines d'entraînement traditionnel, d'entraînement pliométrique et d'entraînement complexe (MacDonald et al., 2012). Dans cette étude, l'entraînement complexe est défini comme une forme d'entraînement combinant des exercices de résistances et de la pliométrie, et tout ceci dans la même session, ce qui n'est pas semblable à notre étude. Les résultats suggèrent d'utiliser un entraînement complexe, qui varie les modalités dans une même séance, et qui est spécifique au sport pratiqué.



## 4.4 Implication pour la pratique

---

Nous avons pu constater à travers cette étude qu'un entraînement complexe englobant les différents paramètres utiles et propres à l'activité sportive pratiquée semble prometteur dans le domaine de la physiothérapie, ainsi que pour toute préparation physique. Dans notre étude, nous nous sommes intéressés au ski en particulier, mais nous pouvons déduire qu'un entraînement complexe est profitable à tout type d'activité sportive. Pour cela, il est important d'analyser le geste sportif ainsi que les besoins de l'activité dans le but de regrouper ces derniers afin d'établir un entraînement complexe. Cet entraînement peut se réaliser de diverses manières, et la Dynamic Leg Press® en est une.

De plus, un tel entraînement englobant feedbacks visuels, travail excentrique et force-vitesse améliore les capacités de coordination, l'équilibre et la force maximale. Ces facultés sont primordiales en physiothérapie ainsi que lors de toute activité physique. Il est donc très intéressant d'utiliser ce type d'entraînement chez tous les sportifs ainsi que chez des personnes souffrant de troubles de l'équilibre par exemple.

## 4.5 Implication pour la recherche

---

Il s'agit de la première étude effectuée à ce jour sur la Dynamic Leg Press®. Ce nouvel appareil de tonification sur lequel nous avons pu comparer un entraînement classique à un entraînement complexe a permis de dégager différents résultats : un entraînement complexe utilisant des feedbacks visuels a amélioré l'équilibre et la précision du geste. Cependant nous ne pouvons pas tirer de conclusion, car les résultats ne sont pas statistiquement significatifs en raison du taux de participants. Pour avoir des résultats plus significatifs, il faudrait réaliser cette étude à plus grande échelle. Pour ce faire, nous pouvons apporter les conseils suivants :

- La taille de l'échantillon devrait être de minimum 130 participants par groupe.
- Il faudrait avoir plusieurs DLP.
- Le test de la FM sur DLP devrait être réglé avec un stop apparaissant plus tôt.

- Pour le nombre de répétitions lors des tests, il faudrait faire auparavant une pré-étude qui détermine à partir de quelles répétitions le participant arrive à un plateau où il n'y a plus de progression.
- Il serait également intéressant de réaliser cette étude sur une autre patientèle (patients souffrant de diverses pathologies, des patients âgés, souffrant de risque de chutes, etc.).
- Il serait aussi judicieux de comparer divers paramètres individuellement tels que : avec visualisation/sans visualisation, concentrique-excentrique/excentrique seul, etc.

De plus, d'autres études pourraient être menées afin de comparer un entraînement simple à un entraînement complexe dans d'autres domaines.

## 5 Conclusion

---

La réalisation de ce travail nous a permis d'acquérir de nouvelles connaissances dans le domaine du sport et plus précisément sur les différentes méthodes d'entraînement. Nous avons également eu l'opportunité de mener à bien une étude d'intervention et cela nous a permis de réaliser toutes les étapes que celle-ci requiert : recherches sur la thématique, définition du protocole d'entraînement, recherche de participants, planification de l'étude, réalisation des tests, sessions d'entraînement, analyse des résultats et statistiques et enfin rédaction finale. Nous savions que la tâche ne serait pas aisée, mais nous n'avons pas imaginé y consacrer tant de temps. En effet, 34 personnes venant s'entraîner les unes après les autres sur un seul appareil de tonification implique un certain nombre d'heures passées à la clinique, et ceci durant six semaines. Une fois cette partie pratique achevée, toute la partie d'analyse, d'interprétation des données et de rédaction restait à faire.

De plus, pour l'accomplissement de ce travail de bachelor, nous avons appris à utiliser des programmes tels que Zotero, Review Manager 5, R 2.14.0 et Tinn-R 2.3.7.1 pour les statistiques ainsi que les diverses bases de données.

Tout au long de cette étude, nous avons été amenés à lire quantité d'articles scientifiques ou livres et à en juger leur qualité. Ces démarches nous ont permis de

développer notre esprit critique, ce qui nous sera utile lors de la lecture d'articles scientifiques dans le cadre de notre profession.

**Nonobstant le fait que tous les résultats ne soient pas tous statistiquement significatifs, un entraînement complexe, englobant les différents paramètres utiles à l'activité sportive pratiquée, semble prometteur.**

**Cette étude pilote a démontré sa faisabilité et il serait intéressant de la réaliser à plus grande échelle en modifiant certains paramètres tels que le nombre de participants, le nombre de DLP ainsi que quelques modifications dans les tests.**

## 6 Références bibliographiques

---

- Appiotti, A. (2012). Appiotti. Consulté février 7, 2012, de <http://www.appiotti.it/fra/capacite-visuelle.asp>
- BASPO. (2008). Consulté mai 10, 2011, de <http://www.baspo.admin.ch/>
- Bertram, A. M., & Laube, W. (2008). *Sensomotorische Koordination: Gleichgewichtstraining auf dem Kreisel*. Georg Thieme Verlag.
- Brunet-Guedj, E. (2006). *Médecine du sport*. Elsevier Masson.
- Campenella, B., Mattacola, C. G., & Kimura, I. F. (2000). Effect of visual feedback and verbal encouragement on concentric quadriceps and hamstrings peak torque of males and females.
- Casartelli, N., Müller, R., & Maffioletti, N. A. (2010). Validity and Reliability of the Myotest Accelerometric System for the Assessment of Vertical Jump Height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11), 3186-3193.  
doi:10.1519/JSC.0b013e3181d8595c
- Chaibi, R. (2005). *L'impact du travail de la force maximale par la methode de musculation dynamique sur l'amelioration de la puissance (force-vitesse) chez les rugbymen*. ISSEP, Tunis. Consulté de [http://www.memoireonline.com/10/07/658/m\\_impact-travail-force-maximale-musculation-dynamique-force-vitesse-rugbymen1.html](http://www.memoireonline.com/10/07/658/m_impact-travail-force-maximale-musculation-dynamique-force-vitesse-rugbymen1.html)
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological bulletin*, 112(1), 155-159.
- Dynamic Devices. (2011). Consulté juin 22, 2011, de <http://www.dynamicdevices.ch/dynamiclp.html>
- Ebben, W. P. (2002). Complex training: a brief review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 42-46.
- Filipa, A., Byrnes, R., Paterno, M. V., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2010). Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 40(9), 551-558.  
doi:10.2519/jospt.2010.3325

- Gribble, P. A., & Hertel, J. (2003). Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 7(2), 89.
- Gross, M., Lüthy, F., Kroell, J., Müller, E., Hoppeler, H., & Vogt, M. (2010). Effects of Eccentric Cycle Ergometry in Alpine Skiers. *International Journal of Sports Medicine*, 31(08), 572-576. doi:10.1055/s-0030-1254082
- Guilhem, G., Cornu, C., & Guével, A. (2011). Muscle architecture and EMG activity changes during isotonic and isokinetic eccentric exercises. *European Journal of Applied Physiology*. doi:10.1007/s00421-011-1894-3
- Hagedorn, D. K., & Holm, E. (2010). Effects of traditional physical training and visual computer feedback training in frail elderly patients. A randomized intervention study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 46(2), 159-168.
- Hardy, L., Huxel, K., Brucker, J., & Nesser, T. (2008). Prophylactic ankle braces and star excursion balance measures in healthy volunteers. *Journal of Athletic Training*, 43(4), 347-351. doi:10.4085/1062-6050-43.4.347
- Hartman, M. (2010). Vertical Jump and the Eccentric Utilization Ratio. *Training*.
- Heiderscheit, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S., & Thelen, D. G. (2010). Hamstring Strain Injuries: Recommendations for Diagnosis, Rehabilitation and Injury Prevention. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 40(2), 67-81. doi:10.2519/jospt.2010.3047
- Jensen, R. L., & Ebben, W. P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 17(2), 345-349.
- Jidovtseff, B., Crielaard, J.-M., Cauchy, S., & Croisier, J.-L. (2008). Validité et reproductibilité d'un dynamomètre inertiel basé sur l'accélérométrie. Consulté avril 19, 2011, de <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/13250>

- Kannus, P., & Beynon, B. (1993). Peak torque occurrence in the range of motion during isokinetic extension and flexion of the knee. *International Journal of Sports Medicine*, 14(8), 422-426. doi:10.1055/s-2007-1021203
- Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 18(3), 675-684. doi:10.1519/1533-4287(2004)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2
- Lloyd-Smith, R. (1983). Pre-Ski Season Preparation: Conditioning and Equipment. *Canadian Family Physician*, 29, 1909-1916.
- MacDonald, C. J., Lamont, H. S., & Garner, J. C. (2012). A comparison of the effects of 6 weeks of traditional resistance training, plyometric training, and complex training on measures of strength and anthropometrics. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 26(2), 422-431. doi:10.1519/JSC.0b013e318220df79
- Maffiuletti, N. A., Jordan, K., Spring, H., Impellizzeri, F. M., & Bizzini, M. (2009). Physiological profile of Swiss elite alpine skiers – a 10-year longitudinal comparison. 2009, 365-373.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2001). *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Monod, H., Vandewalle, H., & Flandrois, R. (2007). *Physiologie du sport: bases physiologiques des activités physiques et sportives*. Elsevier Masson.
- Müller, E., Lindinger, S., & Stöggl, T. (2009). *Science and skiing IV*. Meyer & Meyer Verlag.
- Myotest. (2011, juin). Consulté juin 11, 2011, de <http://www.myotest.com/>
- Physioswiss. (2010). Consulté juin 11, 2011, de <http://www.physioswiss.ch/index.cfm?nav=0,227&faqgruppeid=0&suchetxt=&detailid=1161,444&scroll=1682&scroll=1682>
- Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star

- excursion balance test. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 4(2), 92-99.
- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., & Paul, J. P. (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14(4), 402-406.
- R Development Core Team. (2010). R: A Language and Environment for Statistical Computing. *Vienna Austria R Foundation for Statistical Computing*, 1(09/18/2009), ISBN 3-900051-07-0.
- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 71-79.
- Rogind, H., Simonsen, H., Era, P., & Bliddal, H. (2003). Comparison of Kistler 9861A force platform and Chattecx Balance System for measurement of postural sway: correlation and test-retest reliability. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(2), 106-114.
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 556-568. doi:10.1136/bjism.2008.051417
- Sabin, M. J., Ebersole, K. T., Martindale, A. R., Price, J. W., & Broglio, S. P. (2010). Balance performance in male and female collegiate basketball athletes: influence of testing surface. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 24(8), 2073-2078. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ddae13
- Sargeant, A. J. (2007). Structural and functional determinants of human muscle power. *Experimental Physiology*, 92(2), 323-331. doi:10.1113/expphysiol.2006.034322
- Suva. (2009). Consulté juin 22, 2011, de <http://www.suva.ch/fr/startseite-suva/praevention-suva/sichere-freizeit-suva/schneesport-praeventionskampagne-suva/unfallstatistik-suva.htm>
- Vanat. (2011). Consulté juin 22, 2011, de <http://www.vanat.ch/6530/6557.html>

Villiger, B., Egger, K., Lerch, R., Probst, H. P., Schneider, W., Spring, H., & Tritschler, T. (1991). *3.Ausdauer*. R-Gym (Thieme Verlag.). Stuttgart.

Weineck, J. (1997). *Manuel d'entraînement* (Vigot.). Paris.

Weineck, J. (2007). *Optimales Training: Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. Spitta Verlag GmbH & Co. KG.

Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, L. W. (2009). *Physiologie du sport et de l'exercice* (4ème éd.). Bruxelles: De Boeck Université.

## 7 Liste des illustrations

---

Figure 1: Fréquence de la pratique sportive au sein de la population Suisse.....	1
Figure 2: Nombre d'accidents de sports d'hiver en Suisse.....	2
Figure 3: Longueur optimale du sarcomère.....	6
Figure 4: Triangle d'or de la performance et de l'effort.....	11
Figure 5: Dynamic Leg Press®.....	11
Figure 6: Les huit directions du SEBT.....	12
Figure 7 : SEBT avec Airex®.....	13
Figure 8 : Précision du suivi de courbe sur DLP.....	13
Figure 9: Plateforme Kistler®.....	14
Figure 10: Test des «leviers de chaise enchaînés».....	15
Figure 11: Flow-chart des participants selon Consort Statement.....	26
Figure 12: Boxplot du SEBT par groupes entre test et re-test.....	28
Figure 13: Directions du SEBT.....	29
Figure 14: Boxplot du SJ en puissance par groupes entre test et re-test.....	30
Figure 15: Boxplot du SJ en hauteur par groupes entre test et re-test.....	31
Figure 16: Boxplot du CMJ en puissance par groupes entre test et re-test.....	32
Figure 17: Boxplot du CMJ en hauteur par groupes entre test et re-test.....	33
Figure 18: Boxplot du rapport CMJ/SJ en puissance par groupes entre test et re-test....	34
Figure 19: Boxplot du rapport CMJ/SJ en hauteur par groupes entre test et re-test.....	35
Figure 20: Boxplot de la force maximale en kilogramme par groupes entre test et re-test.....	36
Figure 21: Boxplot de la précision du suivi de courbe en points par groupes entre le test et le re-test.....	37
Figure 22: Caterpillar Plot de la taille de l'effet des indicateurs mesurés.....	38
Figure 23: Satisfaction globale des participants.....	39



Figure 24: Courbatures.....	40
Figure 25: Fréquence des courbatures.....	40
Figure 26: Localisation des courbatures .....	41
Figure 27: Douleurs en lien avec l'étude .....	41
Figure 28: Types de douleurs .....	42
Figure 29: Changement en lien avec l'étude.....	42
Figure 30: Types de changement .....	43
Figure 31: Utilisation future de la DLP en tant que physiothérapeute.....	43

## **8 Liste des tableaux**

---

Tableau 1: Randomisation des participants avant l'étude .....	20
Tableau 2: Tableau des 33 participants qui ont terminé l'étude .....	27

## 9 Annexes

### 9.1 Flyer pour l'étude

---



#### Etude pour une préparation optimale d'une saison de ski

La Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale recherche 30 personnes en bonne santé pour participer à une étude dans le cadre d'un travail de bachelor de la filière physiothérapie.

Le but de l'étude est de comparer deux modalités d'entraînement sur une nouvelle Leg Press (Dynamic Leg Press<sup>®</sup>).

- Etes-vous en bonne santé et âgé de 18 à 65 ans ?
- Aimerez-vous vous préparer pour la prochaine saison de ski?



Elodie Dominé et Olivier Broglin, deux étudiants de la Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale en Valais, filière physiothérapie, recherchent 30 personnes en bonne santé pour leur travail de bachelor, qui prendraient part à un entraînement deux fois par semaines pendant cinq semaines au Swiss Olympic Medical Center du centre de réhabilitation de Loèche-les-Bains.

Votre investissement : vous devez venir 10 fois au centre de réhabilitation de Loèche-les-Bains (mi-septembre jusqu'à début novembre). Deux séances seront consacrées à différents tests de force et d'équilibre, qui durent environ une heure chacune. Les huit autres séances seront consacrées à un entraînement de force, qui durent environ 30 minutes chacune.

Toutes les données personnelles et les résultats seront bien-sûr rendus anonymes.

Pour de plus amples informations, prenez contact avec Mme Elodie Dominé au numéro de téléphone suivant (079 818 38 53) ou alors par e-mail à [elodie.domine@students.hevs.ch](mailto:elodie.domine@students.hevs.ch).

## 9.2 Formulaire d'accord et de consentement

### FORMULAIRE D'ACCORD ET DE CONSENTEMENT DES PARTICIPANTS ET DES PARTICIPANTES POUR UNE ETUDE EN PHYSIOTHERAPIE

- ☺ Nous vous demandons de lire attentivement le document d'information avant de remplir cet accord
- ☺ Si vous avez encore des questions, vous pouvez à tout moment vous renseigner par téléphone auprès d'Olivier Broglin (079/577.62.33)

#### Titre de l'étude

« Comparaison d'un entraînement de renforcement classique à un entraînement complexe sur Dynamic Leg Press pour une préparation optimale d'une saison de ski »

#### Lieu de l'étude

Loèche-les-Bains

#### Chef de projet

Roger Hilfiker

#### Collaborateurs :

Elodie Dominé, Olivier Broglin

#### Participant / participante :

Nom et Prénom .....

Adresse .....

Numéro de téléphone .....

Participation à l'étude « Comparaison d'un entraînement de renforcement classique à un entraînement complexe sur Dynamic Leg Press pour une préparation optimale d'une saison de ski » :

Oui, j'accepte de participer à cette étude

Non, je ne souhaite pas y participer

#### Résultats de l'étude

Oui, je désire que vous m'envoyiez les résultats lorsque l'étude sera terminée

Non, je ne désire pas que vous m'envoyiez les résultats de l'étude

- J'ai été informé/e par oral et par écrit des buts, du déroulement et des risques de cette étude.
- J'ai pris connaissance et j'ai compris les informations écrites mentionnées ci-dessus concernant cette étude. On a répondu de manière compréhensible à toutes mes questions.
- J'ai eu assez de temps pour prendre ma décision de participation.
- Je suis informé/e et couvert/e en cas de dommage qui surviendrait dans le cadre de cette étude.
- Je participe de manière volontaire et non-contrainte à cette étude. Je peux à tout moment et sans devoir me justifier, me retirer de cette étude.

Lieu et date : .....

Signature du/de la participant-e :

Lieu et date : .....

Signature du chef de projet :

## 9.3 Questionnaire SOMC français



Qualitätssicherung SOV 2000 SWISS OLYMPIC MEDICAL CENTERS

Nom: \_\_\_\_\_ Prénom: \_\_\_\_\_ Date de naissance: \_\_\_\_\_  
 Poids: \_\_\_\_\_ Taille: \_\_\_\_\_ Swiss Olympic Card:  Pas de carte  
 Date et heure du test: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ h Sélection:  Aucune sélection

1. **Phase d'entraînement**  Préparation  Pré-compétition  Compétition  Rééducation  
 2. **Dernière compétition** Date: \_\_\_\_\_ Manifestation: \_\_\_\_\_  
 3. **Meilleure performance** (saison passé; résultat/ rang) \_\_\_\_\_

4. **Entraînement** Nombre d'heures/sem: \_\_\_\_\_ (moyenne annuelle)

	Type d'entraîn.	Durée totale				Intensité		
		<60'	60-120'	>120'	>300'	basse	moyenne	haute
Aujourd'hui:	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hier:	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Avant-hier:	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. **Alimentation** Normale   
 Régime hyperglucidique  Régime amaigrissant   
 Régime dissocié  Régime riche en graisses (début < 4 jours)   
 Dernier repas: Quand ? \_\_\_\_\_ Composition: \_\_\_\_\_  
 Caféine (dem. 12 h)  non  oui quantité/quoi : \_\_\_\_\_  
 Alcool (veille au soir)  non  oui quantité/quoi : \_\_\_\_\_

5. **Maladies** (au cours des 14 derniers jours)  aucune  : \_\_\_\_\_

6. **Accidents et blessures** (depuis le dernier test)  aucune  : \_\_\_\_\_

7. **Douleurs/gêne le jour du test**  aucune  : \_\_\_\_\_

8. **Médicaments pris régul.** \_\_\_\_\_ dernière prise: \_\_\_\_\_

9. **Suppléments** (p. ex. créatine): dernière prise: \_\_\_\_\_

10. **Humeur** Cocher (je me sens d'humeur: 1=massacrante, 10=excellente): 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

11. **Motivation** Cocher (je suis motivé(e) pour le test: 1=pas du tout, 10=maximum) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

12. **Côte dominant**  gauche  droite  ambidextre

Définir (p ex. jambe d'appel): \_\_\_\_\_

13. **Autres interférences possibles** \_\_\_\_\_  
 (sommell, voyage, etc.)

## 9.4 Questionnaire SOMC allemand



Qualitätsentwicklung Swiss Olympic

SWISS OLYMPIC MEDICAL CENTERS

Name: \_\_\_\_\_ Vorname: \_\_\_\_\_ Geb.datum: \_\_\_\_\_  
 Gewicht: \_\_\_\_\_ Grösse: \_\_\_\_\_ SOV-Ausweis-Typ:  kein A.  
 Testdatum/Testzeit: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Uhr Kader:  kein K.

1. **Trainingsphase**  Aufbau  Vorwettkampfphase  Wettkampf   
 Rehabilitation
2. **Letzter Wettkampf** Wann: \_\_\_\_\_ Was: \_\_\_\_\_
3. **Bestleistung** (Weite/ Zeit/ Rang): \_\_\_\_\_
4. **Training** Trainingsumfang: \_\_\_\_\_ h/Woche (Jahresdurchschnitt)
 

	Art	Gesamt-Dauer				Gesamt-Intensität		
		<60'	60-120'	>120'	>300'	locker	mittel	hart/Intervall
heute:	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gestern:	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vorgestern:	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. **Ernährung** Normal   
 Kohlenhydrat-Diät  Diät zur Gewichtsreduktion   
 Trennkost  Fett-Diät (Beginn < 4 Tg)   
 Letzte Mahlzeit vor (Zeit): \_\_\_\_\_ Was : \_\_\_\_\_  
  
 Coffein (letzte 12h)  nein  ja Menge/ Was : \_\_\_\_\_  
 Alkohol (Vorabend)  nein  ja Menge/ Was : \_\_\_\_\_
5. **Krankheit** (letzte 14 Tage):  keine  : \_\_\_\_\_
6. **Verletzungen/Unfälle** (seit letztem Test):  keine  : \_\_\_\_\_
7. **Beschwerden am Testtag**  keine  : \_\_\_\_\_
8. **Regelm. Medikamente** \_\_\_\_\_ letzte Einnahme: \_\_\_\_\_
9. **Supplemente** (Bsp. Kreatin): \_\_\_\_\_ letzte Einnahme: \_\_\_\_\_
10. Nur für Frauen  noch keine Menstruation  
 Menstruation Zyklusdauer  21-35 Tg  36-90 Tg  keine  
 Letzte Menstruation vor : \_\_\_\_\_ Tagen Pille  ja  nein
11. **Befindlichkeit** 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
 Ankreuzen (wie fühle ich mich heute: 1=katastrophal, 10=super)
12. **Test-Motivation** 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
 Ankreuzen (Wie stark bin ich für den Test motiviert: 1=überhaupt nicht, 10=maximal)
13. **dominante Seite** nur falls Krafttest  links  rechts  beidseits  
 definieren (Schussbein, Sprungbein usw.): \_\_\_\_\_
14. **Andere mögliche Einflussfaktoren** \_\_\_\_\_

## 9.5 Questionnaire étude Dynamic Leg Press®

---

Nom, Prénom: \_\_\_\_\_

1. Avez-vous été globalement satisfait de cette étude ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Pas satisfait

Très satisfait

Si oui, quoi en particulier ? \_\_\_\_\_

2. Avez-vous eu des courbatures ? oui  non

a. Si oui, combien de fois ? \_\_\_\_\_

b. Et où ? \_\_\_\_\_

3. Avez-vous eu d'autres douleurs, gênes en lien avec l'étude ? oui  non

a. Si oui quoi, où ?  
\_\_\_\_\_

4. Avez-vous senti un changement quelconque (force, équilibre, ...) depuis le début de l'étude ? oui  non

a. Si oui, quoi ?  
\_\_\_\_\_

5. En tant que futur physiothérapeute, vous voyez-vous utiliser cet appareil avec des sportifs, patients ? oui  non

6. Remarques :

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Merci beaucoup pour votre participation !!!

## 9.6 Résultats Myotest

### 9.6.1 Nombre de répétitions

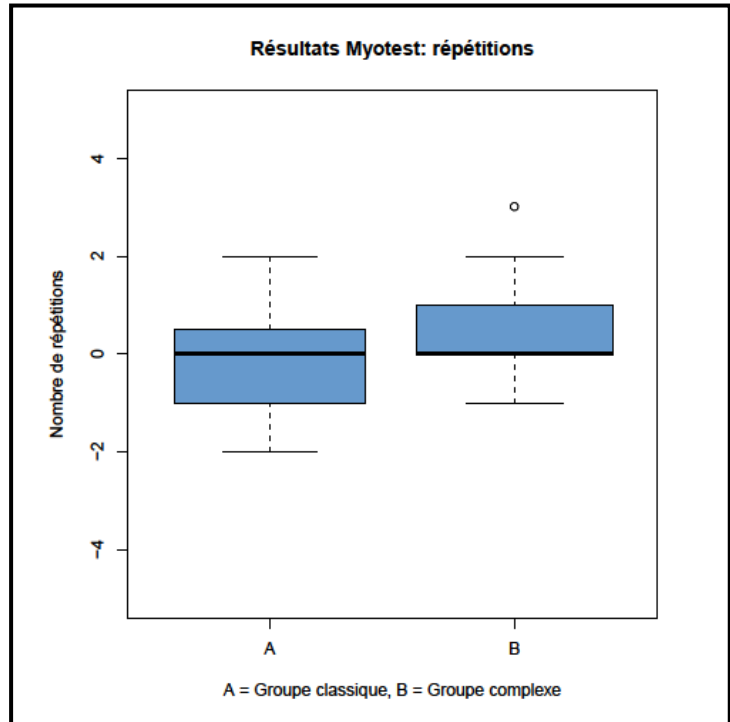
En ce qui concerne les répétitions du test des « levers de chaise enchaînés », le groupe A (groupe classique) s'est péjoré de 0.125 répétitions (95% IC : -0.77 – 0.52) entre le test et le re-test. Le groupe B (groupe complexe) s'est amélioré de 0.588 répétitions (95% IC : -0.09 à 1,27).

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test

nous donne une valeur p de 0.0752, ce qui n'est statistiquement significatif, tout comme pour le groupe B dont la valeur p est de 0.096.

Et pour la différence entre les deux groupes, nous avons constaté que le groupe B s'est amélioré de 0.71 répétitions de plus que le groupe A (95% IC : -1.61 à 0.18). La valeur p est de 0.152 (Wilcoxon rank sum test), ce qui n'est pas statistiquement significatif.

La figure ci-dessus nous montre le boxplot des changements lors du test des « levers de chaise enchaînés » au niveau du nombre de répétitions entre le test et le re-test. Les médianes sont de 3.44 pour le groupe A et de 7.25 pour le groupe B.



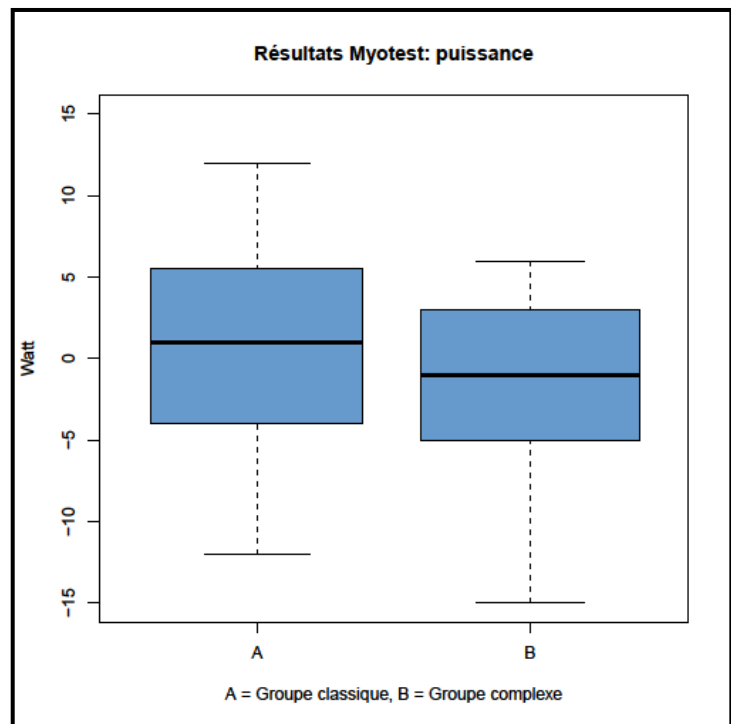
### 9.6.2 Puissance

Pour la puissance lors du test des « leviers de chaise enchaînés », le groupe A (groupe classique) s'est amélioré de 0.75 W (95% IC : -2.68 à 4.18) entre le test et le re-test. Le groupe B (groupe complexe) s'est péjoré de 1.52 W (95% IC : -4.53 à 1.58).

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test nous donne une valeur p de 0.59, ce qui n'est pas statistiquement significatif, tout comme pour le groupe B qui est de 0.45.

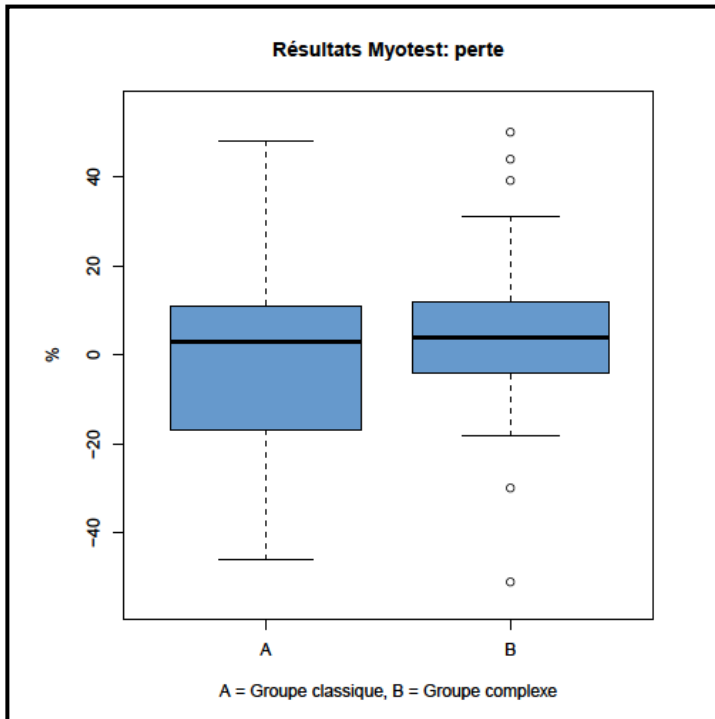
Pour la différence entre les deux groupes, le groupe A s'est amélioré de 2.27 W de plus que le groupe B (95% IC : -2.10 à 6.66). La valeur p est de 0.28 (Wilcoxon rank sum test), ce qui n'est pas statistiquement significatif.

La figure-ci démontre le boxplot des changements au niveau de la puissance en watt lors du test des « leviers de chaise enchaînés » entre le test et le re-test. Les médianes sont de 1.00 pour le groupe A et de -1.00 pour le groupe B.





### 9.6.3 Perte



En ce qui concerne la perte durant le test des « levers de chaise enchaînés », le groupe A (groupe classique) s'est péjoré de 0.875% (95% IC : -15.14 à 13.39) entre le test et le re-test. Le groupe B (groupe complexe) s'est amélioré de 5.41% (95% IC : -8.00 à 18.82).

Pour le groupe A, le Wilcoxon signed rank test nous donne une valeur p de 1,

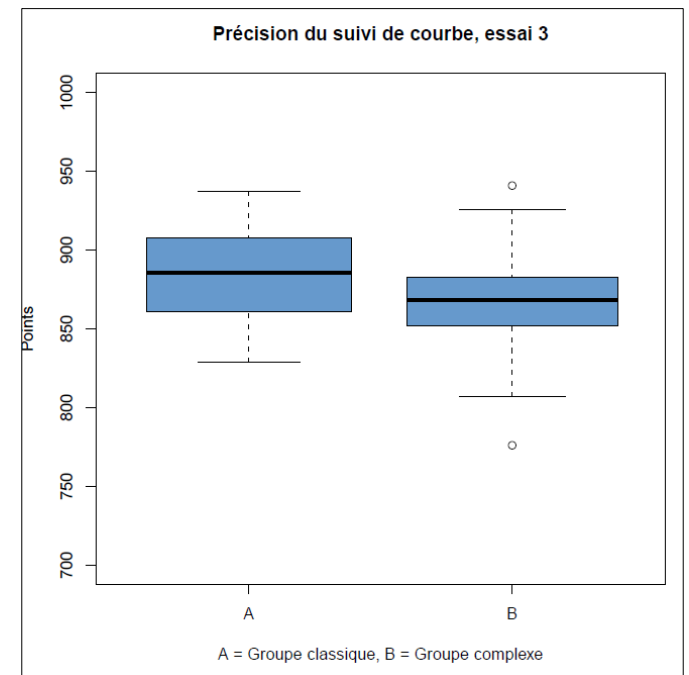
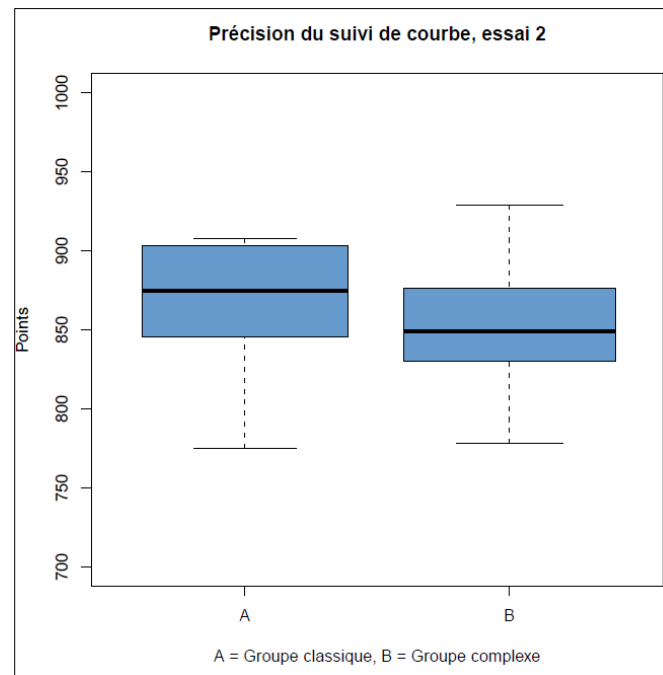
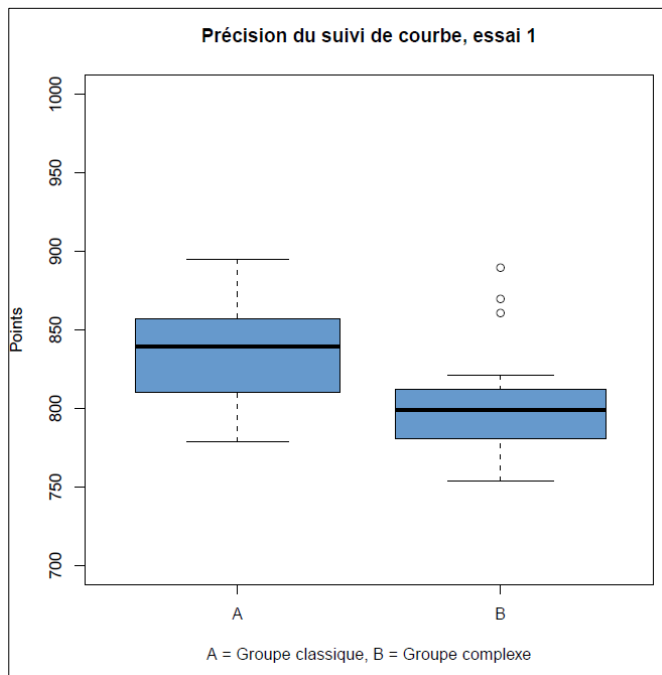
ce qui n'est pas statistiquement significatif, tout comme pour le groupe B dont la valeur p est de 0.381.

Le groupe B s'est amélioré de 6.28% de plus que le groupe A (95% IC : -25.08 à 12.51). La différence entre les deux groupes est statistiquement non significative ( $p=0.528$ ) (Wilcoxon rank sum test).

La figure ci-dessus indique le boxplot des changements au niveau de la perte en pourcentage lors du test des « levers de chaise enchaînés » entre le test et le re-test. Les médianes sont de 3.00 pour le groupe A et de 4.00 pour le groupe B.

## 9.7 Boxplots pour évaluer l'effet d'apprentissage

### 9.7.1 Précision du suivi de courbe



## 9.7.2 Force maximale

