

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG, SUISSE  
FACULTÉ DES SCIENCES  
DÉPARTEMENT DE MÉDECINE

En collaboration avec la  
HAUTE ÉCOLE FÉDÉRALE DE SPORTS DE MACOLIN

IMPACTS D'UNE SEMAINE INTENSIVE DE SKI ALPIN SUR LES PERFORMANCES  
AU SQUAT JUMP ET AU COUNTER MOVEMENT JUMP

Travail final pour l'obtention du Master en  
Sciences du Mouvement et du sport  
Option Enseignement

Conseiller : Dr. Didier STAUDENMANN  
Co-conseiller-ère : Alain ROUVENAZ

François KOLLY  
Villarsiviriaux, Juin 2014



## 1.2 Sommaire

<b>1</b>	<b>TITRE, SOMMAIRE ET RÉSUMÉ.....</b>	<b>1</b>
1.1	TITRE.....	1
1.2	SOMMAIRE.....	2
1.3	RÉSUMÉ.....	3
<b>2</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>4</b>
2.1	INTRODUCTION A LA THEMATIQUE.....	4
2.2	CONTEXTE ET SITUATION INITIALE .....	4
2.3	BUT, QUESTION DE RECHERCHE PRECISE OU HYPOTHESE.....	5
2.4	HYPOTHESES.....	6
<b>3</b>	<b>CADRE THEORIQUE .....</b>	<b>7</b>
3.1	PRATIQUE DU SKI ET SON ANATOMIE .....	7
3.2	SAUTS TESTÉS .....	10
3.2.1	<i>Squat Jump ou saut puissance (selon Myotest) .....</i>	<i>13</i>
3.2.2	<i>Contre-mouvement Jump ou saut détente (selon Myotest).....</i>	<i>14</i>
3.2.3	<i>Distinction CMJ short and long .....</i>	<i>16</i>
3.3	PRINCIPE D'ENTRAÎNEMENT.....	16
3.3.1	<i>Généralités.....</i>	<i>16</i>
3.3.2	<i>Training Impulse.....</i>	<i>22</i>
3.4	APPRENTISSAGE MOTEUR .....	23
<b>4</b>	<b>METHODE .....</b>	<b>26</b>
4.1	PROTOCOLE .....	26
4.2	SUJETS .....	29
4.3	APPAREILS DE MESURE.....	30
4.4	PARAMETRAGE ET METHODE STATISTIQUE .....	31
<b>5</b>	<b>RESULTATS.....</b>	<b>33</b>
5.1	CHARGE INTERNE .....	33
5.2	CHARGE EXTERNE.....	34
5.3	PERFORMANCES AUX DIFFERENTS SAUTS.....	35
5.3.1	<i>Résultats statistiques .....</i>	<i>35</i>
5.3.2	<i>Analyse des variations entre les 3 tests.....</i>	<i>37</i>
5.3.3	<i>Conclusion des résultats.....</i>	<i>43</i>
<b>6</b>	<b>DISCUSSION ET CONCLUSION .....</b>	<b>44</b>
6.1	DISCUSSION .....	44
6.1.1	<i>Différence significative de hauteur.....</i>	<i>44</i>
6.1.2	<i>Aucune variation significative entre les tests.....</i>	<i>46</i>
6.1.3	<i>Analyse des variations de hauteurs .....</i>	<i>47</i>
6.1.4	<i>Différences entre les trois types de sauts.....</i>	<i>48</i>
6.2	POINTS FORTS ET LIMITES DU TRAVAIL .....	50
6.3	COMPARAISONS DES RESULTATS AVEC D'AUTRES PUBLICATIONS.....	51
6.4	PERSPECTIVES DE NOUVELLES QUESTIONS DE RECHERCHES.....	52
6.5	CONCLUSION.....	54
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE, ANNEXES ET REMERCIEMENTS .....</b>	<b>55</b>
7.1	BIBLIOGRAPHIE .....	55
7.2	ANNEXES.....	58
7.3	DECLARATION PERSONNELLE .....	59
7.4	DROITS D'AUTEUR.....	59
7.5	REMERCIEMENTS.....	59

### 1.3 Résumé

Le thème de ce travail porte sur l'influence que représente la charge physique d'une semaine de ski au niveau des variations de performances aux Squat Jump (SJ), Counter Movement Jump (CMJ) et ceci, compte tenu du fait que le skieur soit novice ou chevronné. Cette distinction de niveau a été établie par rapport aux résultats d'un Slalom Géant.

En ce qui concerne la méthode, la population choisie se compose d'étudiants en Sciences du Mouvement et du Sport de l'Université de Fribourg. Le protocole de mesures a été appliqué lors du cours de ski d'une semaine auquel ces derniers ont participé. Les skieurs ont été testés en trois phases, un prétest avant la semaine, puis un second le dernier soir de la semaine de ski et pour finir un posttest 4 jours après. La batterie de tests comprenait 5 SJ, 5 CMJ short (flexion courte) et 5 CMJ long (flexion longue). Les données de hauteur, de force et de vitesse ont été récoltées grâce à l'accéléromètre Myotest Pro. De plus, la charge interne subie durant la semaine de ski a été mesurée à partir de la fréquence cardiaque (Polar Team2) et les kilomètres journaliers ont été calculés au moyen de l'application développée par la Suva, Slope Track.

Les résultats démontrent que les charges interne et externe ont été comparables entre les novices et les chevronnés ( $p=0.463$  et  $p=0.283$ ). Par contre, une augmentation significative a été relevée pour les chevronnés: hauteurs (SJ  $p=0.012$ , CMJ short  $p<0.001$ , CMJ long  $p<0.001$ ) des trois types de sauts et pour la force du CMJ long ( $p<0.001$ ). Statistiquement, la charge apportée par la semaine de ski n'a apporté pour les deux groupes de niveau (novices, chevronnés) aucune variation significative de la hauteur ( $p=0.472$ ), de la force ( $p=0.739$ ) et de la vitesse ( $p=0.615$ ) pour le SJ. Il est de même pour les hauteurs ( $p=0.892$ ,  $p=0.710$ ), les forces ( $p=0.085$ ,  $p=0.090$ ) et les vitesses ( $p=0.911$ ,  $p=0.997$ ) des CMJ short et long.

En conclusion, la charge apportée par la semaine de ski n'a statistiquement engendré aucune variation de performance sur les sauts testés et ceci dans aucune des deux populations. Il existe uniquement une différence significative de niveau dans le sens où les chevronnés ont sauté à chaque fois plus haut et ont développé plus de force au CMJ long.

## **2 Introduction**

### **2.1 Introduction à la thématique**

La Suisse jouit d'une situation géographique et climatique favorisant la pratique du ski. C'est pourquoi, la plupart des enfants, dès l'école primaire, ont la chance de vivre des semaines de neige à la montagne. Cette tradition perdure jusqu'à l'âge adulte où nombre de familles passent leurs vacances sur les pistes. Lors de l'organisation d'un camp, la discussion de l'impact d'une semaine de ski revient souvent et les plus jeunes sont concernés. Ce souci est surtout engendré par le risque de blessure dû à la fatigue. En effet, des jours de pauses sont, en général, aménagés pour les plus petits. Mais qu'en est-il des performances ? Malgré un sentiment de fatigue en fin de semaine, est-ce que les jambes des skieurs sont au même niveau de performance qu'au début de la semaine ou est-ce qu'il y a des régressions ou même des progressions ? Cette question est d'autant plus intéressante si le niveau technique est également pris en considération.

Le travail va s'articuler autour de cette interrogation. Cette introduction sera suivie d'une mise en contexte aboutissant sur les hypothèses de départ. Puis, un cadre théorique sera dressé regroupant toutes les notions pouvant aider à traiter ce sujet. La méthode sera exposée afin de comprendre la démarche entreprise. Une analyse statistique sera ensuite menée pour tenter de découvrir s'il y a bien des différences ou des évolutions significatives. Les résultats pourront alors être traités, en lien avec la théorie dans la discussion. Les points forts et les limites ainsi que la comparaison avec d'autres études viendront conclure ce travail.

### **2.2 Contexte et situation initiale**

Une semaine de ski alpin intensive (6 jours, 31.5 heures sur la neige) est une charge inhabituelle pour des sujets qui, pour la moitié, sont des novices. Le travail consiste à démontrer l'impact de cette charge inhabituelle au niveau des performances sur différents types de sauts.

Avant la semaine de ski, les sujets (N:26 divisés en 2 catégories : les novices et les chevronnés) seront astreints à trois protocoles de tests standards effectués avec un accéléromètre "Myotest Pro". La hauteur (cm), la force (N/kg) et la vitesse (cm/s) seront les valeurs obtenues suite à trois types de sauts : squat jump ou saut puissance (SJ),

counter movements jump short/long ou saut détente (CMJ)). La distinction des niveaux techniques a été établie sur la médiane des résultats du Slalom Géant. Durant la semaine, les charges interne (fréquence cardiaque) et externe (kilométrage) seront mesurées. Le protocole de testing sera répété le dernier jour du camp, ainsi que quatre jours après. L'analyse des résultats devrait permettre d'établir la différence de performance selon le niveau technique, ainsi que la progression ou la régression des valeurs observées par rapport au test initial et, pour finir, l'état de la performance après environ 4 jours de récupération.

### **2.3 But, question de recherche précise ou hypothèse**

L'objectif de ce travail est de s'intéresser à une régression/progression possible des composantes de hauteur, force et de vitesse chez le skieur novice et chevronné.

Très tôt, il a fallu se poser quelques questions de recherche visant à créer un cheminement de réflexions pouvant conduire à des hypothèses précises pour l'analyse statistique. Les lignes suivantes regroupent les idées de pistes ressorties de réflexions personnelles et de discussions avec le co-conseiller.

Le premier élément à préciser est la compréhension de ce qu'il se passe exactement dans la pratique du ski en mettant en relief les principales différences entre une personne avec une technique rudimentaire et celle disposant d'un bagage technique élevé. En effet, la pratique du ski change de la locomotion habituelle, où l'être humain freine et accélère. Il s'agit ici de gérer sa vitesse en dévalant la piste et les skieurs le font de manière différente selon leur technique. La première question est de savoir si le bagage technique engendre des différences de performances aux SJ et CMJ short/long. De plus, quelles sont les composantes touchées par un écart significatif de performance ? Le second raisonnement porte sur une régression ou une progression de la performance au fil des trois tests. La fatigue engendrée par une semaine de ski se traduit-elle pour autant par une baisse de performance ? En effet, une progression peut également être envisageable. La question est alors de savoir, selon les niveaux, s'il y aura significativement une régression ou une progression et quelles seront les variables responsables du changement ? Un second aspect est aussi de déterminer qu'est-ce qui peut expliquer une baisse ou une augmentation de performance ?

Pour poursuivre le raisonnement, l'attention est posée sur les types de sauts sélectionnés. Le but a été de faire des liens avec la gestuelle du ski. C'est pourquoi la

décision a été prise de faire un CMJ short (petit contre-mouvement) et un CMJ long (grand contre-mouvement). En effet, la pratique du ski engendre un régime de contractions courtes alors que les flexions de grandes amplitudes sont rares. C'est pourquoi cette différenciation a été apportée aux CMJ. Il sera intéressant d'étudier si les deux types de CMJ suivent les mêmes tendances.

Durant la semaine, les charges interne et externe ont également été calculées. Est-ce que ces dernières varient significativement selon le niveau et pourquoi?

La dernière réflexion concerne le posttest qui a eu lieu 4 jours après le camp. Le but est d'observer la récupération et de constater, le cas échéant, une évolution significative des performances et surtout où et dans quelle catégorie de sujets ?

## **2.4 Hypothèses**

Comme le montre les premières réflexions, les directions de recherche sont nombreuses dans ce travail. L'objectif est à présent de resserrer les idées dans le but de sortir les hypothèses qui mèneront l'analyse statistique :

- La différence de niveau technique engendre-t-elle un écart de performance (hauteur, force, vitesse) avant et après la charge ?
- Pour chaque type de sauts, est-ce qu'il y aura une variation de performance (hauteur, force, vitesse) significative au fil des tests (pré – per – post) et de quel ordre selon les niveaux ?

### 3 Cadre théorique

#### 3.1 Pratique du ski et son anatomie

La pratique du ski fait partie des activités dites "funs". Le but est d'utiliser les forces préexistantes comme l'attraction terrestre et les mouvements de terrain. Comme l'a souligné Alain Rouvenaz dans son support de cours, „Le ski n'exige pas du pratiquant une grande production d'énergie mais simplement une régulation de celle-ci. Au sommet de la piste, le skieur dispose d'une énergie potentielle qu'il devra contrôler durant la descente... Le pratiquant exploite l'énergie environnementale "externe" pour descendre et accélérer. Il produit de l'énergie "interne" pour freiner“ (Rouvenaz 2009, support de cours p. 9).

Les efforts engendrés par cette pratique diffèrent de la locomotion classique puisqu'il s'agit de gérer sa vitesse et par conséquent d'exercer une action de freinage. Les types de contractions musculaires sont également différents puisqu'ils sont axés majoritairement sur l'isométrie et l'excentrique. Dans la revue "Medicine and Science in Sports and Exercises", Berg & Eiken ont publié en 1999 une étude prouvant la prédominance de contractions excentriques dans les disciplines de Super G, Géant et Slalom. Ferguson R. (2009) dit également que le ski alpin est caractérisé de phases répétées de hautes forces isométriques et de contractions excentriques. Ces caractéristiques s'appliquent au ski "loisir".

#### Types de contractions musculaires

**Isométrique** signifie qu'il y a une contraction statique, c'est à dire sans générer de mouvement. Le « muscle produit alors une force mais sa longueur reste la même » (Wilmore & al. 2006, p.44). C'est exactement ce qui se passe sur les skis lorsque le skieur descend en position statique dans la ligne de pente c'est à dire en adoptant une bonne attitude de base ou en étant en position de recherche de vitesse (fig.1) (Müller 2010, p.73).





Fig. 1: Contraction isométrique des quadriceps lors d'une position de recherche de vitesse (Müller 2010, p.75)

Le mode de contraction **excentrique** est également très utilisé. Il y a une force exercée cette fois avec un allongement du muscle agoniste (Wilmore & al. 2006, p44). C'est ce qu'il se passe à ski lorsque le skieur décélère (Fig.2), c'est à dire qu'il augmente la prise de carre ou qu'il s'éloigne de la ligne de pente. La résistance entre la neige et l'engin est alors accrue. C'est ce qui permet le contrôle de la vitesse en dévalant une pente (Müller 2010, p.73).

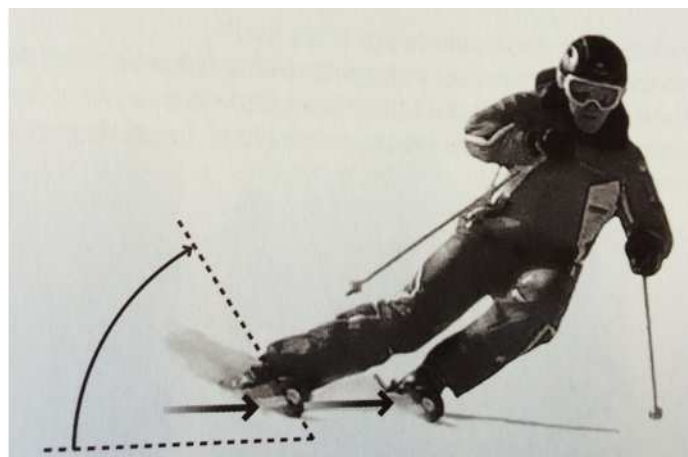


Fig. 2 : Contraction excentrique des quadriceps (Müller 2010, p.77)

Le travail concentrique est moins dominant mais il existe cependant. Il y a alors un raccourcissement du muscle (Wilmore & al. 2006, p44). Il est caractérisé par l'action de pousser lors de l'appel d'un saut par exemple (Fig.3). (Müller 2010, p.78)



Fig. 3 : Contraction concentrique des quadriceps lors de l'appel d'un saut (Müller 2010, p.78)

Voici un résumé des possibilités du travail musculaire dans un virage selon Swiss Snowsports (Müller 2010):

„Des forces externes agissant sur l'engin sont nécessaires lors du déclenchement ; elles permettent au sportif d'engager ou de relâcher une force interne. Lors de la conduite, le sportif réagit aux forces externes par des forces internes isométriques (position constante), concentriques (effet d'accélération) ou excentriques (effet de freinage). “ (p.76)

Il y a pour finir le travail **réactif ou pliométrique**. Il s'agit de la combinaison de l'excentrique et du concentrique. Il est présent par exemple lors d'un amorti (Fig.4) ou d'une réception de saut immédiatement suivi d'un nouvel appel (Müller 2010, p.73).



Fig. 4: Travail pliométrique des quadriceps lors d'un enchainement de bosses (Müller 2010, p.79).

En résumé, la pratique du ski engendre majoritairement un effort de type isométrique et de "freinage". Il se différencie par rapport aux autres sports conventionnels où le régime

de contraction utilisé sera plutôt concentrique. Le sportif doit alors s'habituer à ce mode de contraction. C'est ce qui va, entre autres, caractériser la différence d'aisance entre un skieur novice et un skieur chevronné.

### **Novices/Chevronnés**

En reprenant les concepts de Swiss Snowsport (Müller 2010, p. 60) qui traitent des différences de niveaux techniques, le skieur novice cherche avant tout une sécurité accrue en contrôlant la plupart du temps la résistance par le dérapage. Ce sera alors plus fatigant pour lui car il ne profite pas des périodes de relâchements en adoptant une position de base détendue. Il utilise en permanence plus de force que le skieur chevronné car ses muscles agonistes et antagonistes sont contractés (Dufour 2009, p.58). Au contraire, le skieur expert ou chevronné exerce sa force de manière optimale et utilise le relâchement à bon escient. Les avantages du chevronné par rapport au novice seront complétés dans le chapitre (3.4) sur l'apprentissage moteur.

### **Anatomie**

Au niveau musculaire, le bas du corps est mis à contribution et plus précisément les cuisses avec les articulations des hanches, des genoux et des chevilles. C'est pourquoi il est important de renforcer les quadriceps pour la partie antérieure et les ischio-jambiers pour la partie postérieure (Mougel 2005, p19). Il est également essentiel d'avoir une bonne musculature du tronc pour une meilleure stabilité posturale. Les muscles sollicités sont alors les abdominaux (antérieurs) et les paravertébraux (postérieurs) (Mougel 2005, p. 27).

## **3.2 Sauts testés**

Pour le travail, nous allons nous intéresser aux variations explosives d'individus sur une semaine de ski. Ces variations vont être calculées à l'aide d'un accéléromètre appelé "Myotest Pro". La première remarque concernant le choix du SJ et du CMJ est qu'ils utilisent principalement les mêmes muscles que la pratique du ski (Isear et al. 1997, cité par Dufour 2009, p.111) :

- Ischio-jambier (4-12%)
- Quadriceps : Vaste externe (22-68%) et Vaste interne (21-63%)

Les différences de pourcentage sont dues à la position de départ. Plus le tronc sera droit, plus les extenseurs de la hanche sont mis à contribution alors qu'en inclinant plus le tronc, ce sont les muscles fessiers et ischio-jambiers qui sont sollicités.

Comme expliqué dans l'introduction, le "Myotest" sera utilisé pour calculer 3 sauts. Mais avant de les définir, il est important de ressortir quelques bases théoriques :

Selon Miller (1997, cité par Dufour 2009), „l'explosivité est la capacité de l'athlète à faire varier brusquement sa propre quantité de mouvement ou celle d'un engin sur lequel il agit. Elle figure la capacité du système neuromusculaire à augmenter brusquement le niveau de force, à mobiliser le maximum d'influx nerveux en un minimum de temps. “(p.20)

En terme de graphique (Fig.5), elle est caractérisée par la pente de la courbe "force" sur le temps nécessaire pour que le muscle produise sa force maximale ou alors un pourcentage élevé de cette dernière. Il s'agit alors du taux de développement de la force qui se nomme également "front de montée de force"(Dufour 2009, p.20).



Fig. 5: Courbe Force - Temps démontrant l'explosivité (Dufour 2009, p.20)

Dans la littérature, l'explosivité est parfois décrite comme la force de départ du mouvement (20-30ms). Tidow (1990, cité par Dufour 2009, p.20) a défini que si la force de départ était celle développée à 30ms, la force explosive représentait alors la faculté du système musculaire à continuer la montée du niveau de force à la plus grande vitesse possible.

Avant de parler des variations de hauteur de chaque individu. Il est important de développer les propriétés physiologiques et anatomiques de l'explosivité mais également de la puissance. Le but est de comprendre pourquoi la population testée ne part pas du même point. Au niveau de la puissance, Behm (1995) et Newton (1999, cités par Dufour 2009, p.55) distinguent tout d'abord les déterminants intra et extra cellulaires

- „niveau extracellulaire :
  - Le contrôle balistique
  - L'activation sélective des unités motrices (recrutement des fibres rapides)
  - La synchronisation des unités motrices (UM)
  - La vitesse de conduction nerveuse
  - Le silence musculaire pré-contraction (période réfractaire)
  - La synchronisation et la coordination musculaire (co-contraction, pattern de commande musculaire)
  - La fréquence de décharge (60-120Hz dès le début de la contraction)
  - Le potentiel réflexe
- niveau intracellulaire
  - Le diamètre et le type de fibres
  - La pennation (angle d'accrochage des fibres musculaires)
  - L'énergétique“ (Dufour 2009, p.55)

De nombreuses caractéristiques peuvent alors expliquer une différence de performance entre les sujets et surtout au niveau extracellulaire. Dès lors, il est primordial d'avoir une donnée de base individuelle.

Au début du travail, il avait également été convenu de s'intéresser au saut réactivité ou pliométrique. Komi (2003, cité par Cometti 2012, p.52-53) a étudié les sollicitations du tendon d'achille et du tendon rotulien par rapport à un CMJ ou à un saut réactivité ou à un Drop Jump. Lors d'un CMJ, les tensions observées sont supérieures au niveau du genou tandis qu'elles sont plus importantes au niveau de la cheville lors d'un Drop Jump. La conclusion est alors que le CMJ ainsi que le SJ sollicitent et évaluent principalement la puissance du genou (quadriceps). Tandis qu'un saut réactivité touche à la puissance des mollets. C'est pourquoi, le saut réactivité a été écarté de ce travail qui s'intéresse à la pratique du ski, en conséquence à une plus grande sollicitation des genoux et cuisses.

### 3.2.1 Squat Jump ou saut puissance (selon Myotest)

Le Squat Jump (Dufour 2009, p.110-111) a la particularité d'être un saut avec une action uniquement concentrique. C'est à dire que le sportif va uniquement pousser vers le haut et qu'il n'y aura pas de contre-mouvement. C'est cette spécificité qui rend le saut plus compliqué à réaliser car il est contre nature. Malheureusement, cette caractéristique rend également une exécution parfaite difficile et provoque des erreurs. En effet, l'athlète cherche toujours un léger élan lorsqu'il réalise un SJ (Fig.6).

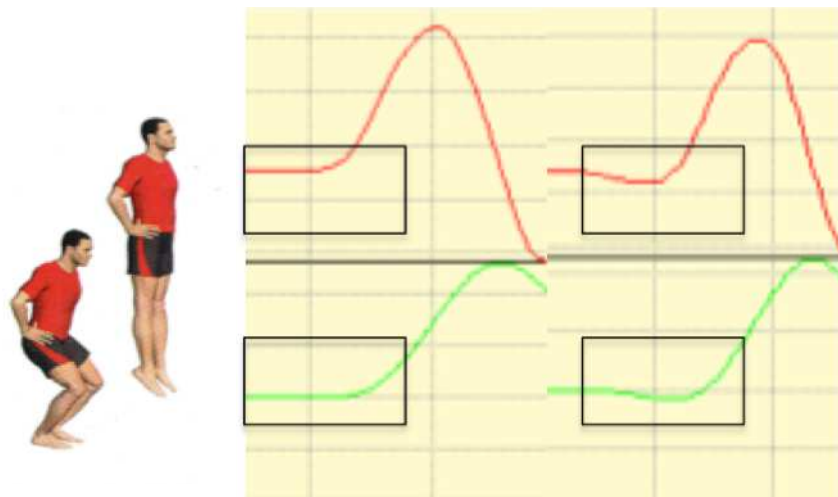


Fig. 6: Démonstration ainsi que courbe de force (rouge) et de vitesse (vert) d'un SJ. Le SJ de gauche est parfait avec une poussée uniquement concentrique. Léger élan rendant le SJ de droite biaisé. On remarque en effet un léger décrochement des deux courbes de vitesse et de force.

C'est de l'aspect purement concentrique que vient la différence de hauteur entre un SJ et un CMJ. Le pattern d'activation musculaire n'est pas du tout habituel parce que l'athlète n'est naturellement pas habitué à cette poussée uniquement concentrique.

Du fait qu'il n'y a pas de contre-mouvement, l'athlète démarre son mouvement d'une position fléchie et immobile. L'angle entre les cuisses et les jambes se situe aux alentours de 90°. Le but est alors de fournir un maximum de force dès le tout début du mouvement et en conséquent d'avoir un front de montée de force le plus élevé possible.

En reprenant les caractéristiques de la puissance et de l'explosivité mentionnées ci-dessus, la qualité du saut dépend alors de la capacité à recruter le plus grand nombre de fibres musculaires et ceci dès le début mais également de bénéficier d'un pourcentage élevé en fibres rapides. Le dernier critère important est de réussir à produire une accélération le plus longtemps possible durant l'impulsion. En d'autres termes, le but est de produire de manière continue de la force alors que la vitesse de contraction augmente. (Dufour 2009, p.110)

La dernière remarque concernant le SJ est que le gain ou la perte de poids influe énormément sur la performance. C'est une des raisons pour laquelle les sportifs testés ont été pesés avant chaque test.

En résumé, le Squat Jump mesure la qualité de détente "non-pliométrique", uniquement concentrique et la capacité à développer le plus de force en un temps très court (explosivité) (Cometti 2012, p.76).

### 3.2.2 Contre-mouvement Jump ou saut détente (selon Myotest)

C'est grâce au pré-étirement ou contre-mouvement dynamique que le CMJ est plus aisé à réaliser pour chacun car plus naturel. Il y a donc une partie excentrique avant la poussée concentrique. Au niveau musculaire, les mêmes groupes que le ski sont touchés comme expliqué en introduction de ce chapitre.



Fig. 7: Voici la courbe de force d'un CMJ avec la présence d'une précharge excentrique (1), suivie d'une poussée concentrique (2), finissant par l'atterrissage et le retour à la position de base (3).

Contrairement au SJ, la contraction concentrique n'est pas à la base du mouvement puisqu'un contre-mouvement excentrique la précède. Il y a un pic de force à la fin de la phase excentrique et au début de la phase concentrique. C'est ce couplage qui est la clé de la performance. Lors d'une poussée concentrique équivalente, c'est le sportif avec un temps de couplage plus succinct qui aura la meilleure hauteur (Dufour 2009, p.112-114).

Selon Cook & McDonagh (1995, cités par Dufour 2009, p.113), un pré-étirement, même faible, modifie les propriétés contractiles du muscle et permet une performance supérieure au SJ. Bosco (1992, cité par Dufour 2009, p. 113) pense qu'il est impossible

d'avoir les mêmes performances au SJ et au CMJ. Selon lui, cela peut venir uniquement d'une mauvaise exécution du SJ. Un petit contre-mouvement lors du SJ modifie la performance par rapport à un SJ parfait (Sheppard et Doyle 2008, cités par Dufour 2009, p. 113). Il faudra faire attention à cela lors des tests.

Innocenti & al. (2006, cités par Dufour 2009, p. 113) ont étudié la qualité du contre-mouvement. Sur les graphiques ci-dessous (Fig.8), nous distinguons une accélération négative suivie d'une accélération positive. Un sportif aura tendance à avoir une phase négative plus courte de 20% par rapport à un sédentaire. Son taux de montée de la poussée concentrique sera également plus élevé. Innocenti & al. ont alors déduit que plus le pré-étirement sera court, meilleure sera la montée de force concentrique.

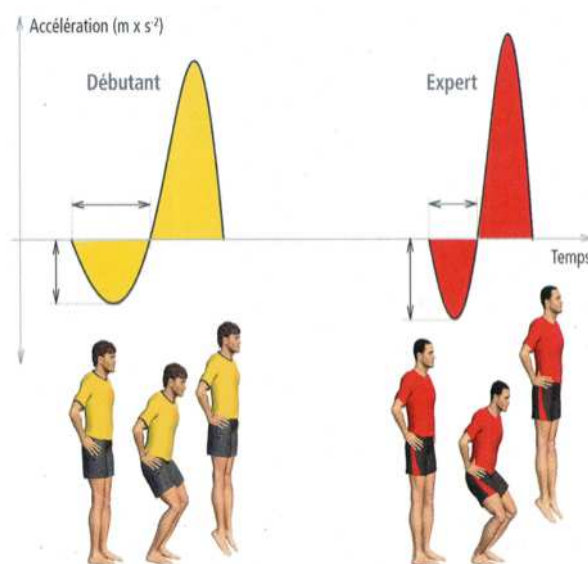


Fig. 8: « Lors d'un CMJ, le contre-mouvement est plus rapide et le front de montée de force plus élevé chez un expert comparativement au débutant » (Dufour 2009, p.113).

Par rapport au SJ, ce saut permet de mesurer la capacité à développer de la force dans un temps plus long. Grâce au pré-étirement, l'athlète a plus de temps pour exprimer sa force. En conséquence, un sportif avec de bonnes qualités musculaires devrait gagner 8-10 cm par rapport au SJ (Cometti 2012, p. 77-78). C'est pourquoi, en plus de l'analyse de la courbe de force, des résultats SJ/CMJ équivalents nous démontrent que l'exécution du SJ est biaisée.

Pour reprendre le résumé de Bosco (1992 cité par Dufour 2009), « le Squat Jump sollicite l'explosivité et la puissance concentriques ainsi que la capacité de recrutement nerveux. Le Contre Mouvement Jump sollicite quant à lui l'explosivité – puissance



concentrique précédée d'une activation excentrique, ainsi que les qualités lentes du cycle étirement-raccourcissement » (p. 143).

Cependant, le CMJ sera utilisé, pour ce travail, plus comme moyen de mesure de la performance que comme un exercice développant l'explosivité.

### **3.2.3 Distinction CMJ short and long**

Nos sportifs sont testés sur deux sortes de CMJ, il y a d'abord le CMJ short (petite flexion) puis le CMJ long (grande flexion). Cette distinction a été faite pour se rapprocher de la pratique du ski. En effet, les skieurs sont majoritairement dans un régime de flexions courtes alors que les grandes flexions sont plus rares. Selon Dufour (2009, p.19), la différence des deux sauts est qu'on varie le chemin d'impulsion donc le temps d'application de la force. En accentuant la flexion, il y aura une augmentation de l'impulsion et en conséquent une meilleure hauteur.

Pour le CMJ short, il sera demandé à l'athlète d'effectuer un contre-mouvement le plus court et le plus dynamique possible. Pour le CMJ long, l'athlète devra effectuer une flexion avec le plus d'amplitude possible. Cette flexion dépendra de la souplesse de chacun mais il faudra toujours garder les pieds à plat sur le sol lors du pré-étirement.

## **3.3 Principe d'entraînement**

### **3.3.1 Généralités**

#### **Charge d'entraînement et récupération**

Verchoschansky (1992, cité par Dufour 2011) définit la charge d'entraînement comme « la mesure quantitative et qualitative du travail d'entraînement faisant la distinction entre charge externe, interne et psychologique, autrement dit entre la quantité de travail fourni, son effet sur l'organisme et la manière dont le sportif réagit psychologiquement »(p.17).

Cité par Dufour (2011), Pavlov avait déjà souligné en 1927 que « travail et repos font partie d'une même unité d'entraînement »(p.53). Cependant, ce principe est souvent oublié par de nombreuses personnes qui pensent : « s'entraîner pour progresser, s'entraîner plus pour progresser plus »(p.53). Or, la récupération est autant à prendre en considération que la charge et doit être individualisée, adaptée aux caractéristiques de l'athlète. Contrairement à l'espace de charge, l'espace d'adaptation – récupération est

plus important comme le montre le graphique ci-dessous (Fig.9). Les individus gèreront alors les espaces en dehors des pistes de ski de la manière dont ils le souhaitent (Dufour 2011, p 53-59).

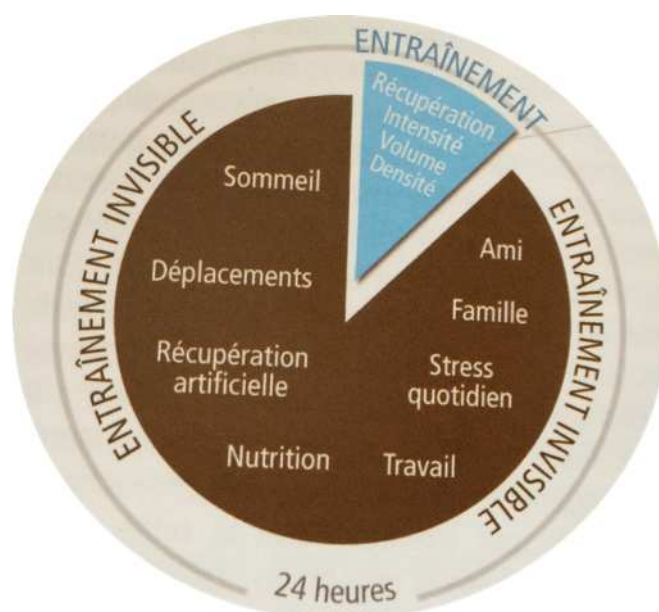


Fig. 9 : « En terme de volume, la marge d'augmentation de la charge d'entraînement à haut niveau est mince. L'espace d'entraînement invisible est plus étendu » (Dufour 2011, p. 55).

## Le Syndrome Général d'Adaptation

La dynamique temporelle de la manifestation appelée dans ce cas, "stress" fut précisée par Selye (1962, cité par Dufour, 2011, p. 22). En effet, une charge d'entraînement est une perturbation donnant naissance à une compensation, en d'autres termes, à une réponse d'adaptation. Ce "stress" peut être de différents types :

- physique involontaire comme une blessure
- physique volontaire comme une charge d'entraînement
- et/ou psychologique.

La réaction temporelle de l'organisme peut être scindée en trois phases : alarme – résistance – fatigue (épuisement).

### I. Phase d'alarme

Cette phase exprime la sortie du mode habituel de fonctionnement et par conséquent le déclenchement du Syndrome Général d'Adaptation. Cette phase est assez compliquée à doser. Reindell & al. (1959, cités par Dufour, 2011) ont repris la loi de Roux pour souligner l'importance du dosage précis des perturbations : „Les excitations d'intensité

moyenne (infraliminaire) ne stimulent que très légèrement la vie organique. Elles n'améliorent pas ou peu la performance sportive. Nous ne pouvons parler d'adaptation. Seules les excitations fortes (supraliminaire) demandent une adaptation de l'organisme. Toutefois, les excitations trop intenses peuvent inhiber l'organisme, l'affaiblir provisoirement ou définitivement "(p.23). En résumé, une charge d'entraînement cherche à destabiliser, à dévier l'organisme de sa norme (biologique et/ou psychologique) de fonctionnement.

Pour Matveyev (1981, cité par Dufour 2011): « l'objectif de l'entraînement est de produire suffisamment de "stresseurs" pour déplacer l'homéostasie d'un athlète et fournir les stimuli qui initient l'adaptation » (p.23). Cet état dépend alors du volume, de l'intensité, de la densité et de la complexité de la charge. Les endroits de crises sont également multiples ; muscles, neurones, système limbique (émotions), cortex, compartiments cardiovasculaires. Il est alors logique que durant cette phase d'alarme, à condition qu'elle soit supraliminaire, le niveau de performance décroît.

## II. Phase de résistance

Pour cette phase, la réaction de l'organisme face à un microbe peut être prise en exemple. Il y a immédiatement une réponse compensatoire au niveau du système immunitaire et de l'activité enzymatique pour contrôler et réduire les effets de cette intrusion. En ayant modifié sa structure, notre organisme se défend face aux assauts futurs (Dufour 2011, p 24-26). Le même phénomène se produit avec des répétitions de charges d'entraînement. Selon Dufour (2011), „l'intelligence organique élargit le paysage de fonctionnement habituel ; d'autres fréquences de fonctionnement deviennent disponibles. L'organisme a appris que ce nouvel état de fonctionnement ne mettait pas son intégrité en danger. Il s'est adapté de telle manière que le niveau de ressources est devenu supérieur après le "bon entraînement" " (p.24). Le terme de surcompensation peut être nommé lors de ce phénomène d'adaptation. Cependant, il est à préciser que ce processus n'intervient pas immédiatement durant la phase de résistance et que la notion de récupération rentre également en jeu. Toujours selon Dufour (2011), « ce processus s'installe dans le temps avec des dynamiques de compensation hétérogènes selon les caractéristiques de la charge d'entraînement. La machinerie protéique (fibres musculaires, neurotransmetteurs), la réplétion des stocks d'énergie s'élaborent dans la durée» (p.24). Les entraîneurs expriment cela en disant : « La séance d'entraînement est

le lieu de la diminution des performances, la cuisine et la chambre à coucher sont les espaces où se construisent les progrès » (Dufour 2011, p.24).

En résumé, le fait de destabiliser un athlète à l'instant (t), le rendra plus fort à l'instant (t+1) à condition que les stressseurs soient bien planifiés. Pourtant, cette progression n'est pas sans limite. Selon Selye (1962, cité par Dufour, 2011) « l'adaptabilité d'un organisme est finie » (p.24). Cela signifie que plus un athlète progresse ou sera expert, plus ses transformations internes seront minimales.

En remettant cette théorie dans le contexte de la semaine de ski, à condition que la charge soit supraliminaire, un gain de hauteur, de force ou de vitesse pourrait être expliqué par :

- Une meilleure synchronisation et un meilleur recrutement des unités motrices
- Une diminution de l'inhibition autogène. C'est à dire que « Les mécanismes inhibiteurs du système neuromusculaire tels les organes de tendineux de Golgi peuvent intervenir pour empêcher la production d'une force musculaire trop importante » (Wilmore J. & al, 2006, p 76).
- Une diminution de la coactivation des muscles agonistes et antagonistes (Wilmore J. & al, 2006, p 76-77).
- Une plus haute fréquence des influx partant du cerveau pour arriver aux muscles
- Une augmentation de la coordination inter et intra musculaire (Bosco 1992, cité par Dufour 2009, p.114)

### III. Phase d'épuisement

Si les stressseurs sont trop intenses ou lors de l'absence de récupération, la tolérance d'adaptation est alors dépassée et aboutit sur une perte d'adaptation (Dufour 2011, p.27). En effet, une charge excessive d'entraînement mais également un déséquilibre charge-récupération peuvent annuler les effets bénéfiques de surcompensation. Il pourrait alors avoir une baisse de performance. Cette fatigue ou ce surentraînement peuvent intervenir de la manière suivante (Wilmore J. & al, 2006)

- „la force musculaire est diminuée
- le temps de réaction et la durée d'exécution des mouvements sont augmentés
- la souplesse et la coordination neuromusculaire sont réduites
- le corps se déplace moins facilement
- la concentration et l'état de vigilance sont diminués “ (p.252-254)

Il est important de souligner que le dernier point a moins d'impact sur la performance mais peut conduire à l'accident. C'est exactement ce qui peut se passer chez un skieur novice. Il devra alors être conscient de son état et faire attention en fin de semaine.

En ce qui concerne les autres points, la fatigue peut intervenir sur un ou plusieurs aspects. Un skieur pourrait par exemple avoir une baisse de performance (baisse de hauteur au SJ/CMJ s&l) tout en ayant une augmentation de la force musculaire. Cela pourrait être expliqué par une baisse de coordination neuromusculaire. Tous ces aspects seront traités dans l'analyse du travail.

Pour ce travail, les horaires imposés de la semaine de ski seront une charge différente selon les individus, c'est-à-dire qu'ils seront subis différemment. L'analyse finale des résultats nous renseignera sur la manière dont les groupes novices et chevronnés auront perçu la charge de cette semaine de ski. Viru (1995, cité par Dufour, 2011) a classé les différentes charges :

- „Charge inutile : Inférieure au seuil d'intensité capable d'engendrer un effet
- Charge de récupération : Facilite ou accélère les processus physiologiques ou psychologiques d'adaptation à la charge antérieure.
- Charge de maintien : Charge insuffisante à la stimulation de la synthèse protéique mais suffisante pour éviter les effets de désentraînement.
- Charge d'entraînement : Produit des effets spécifique d'entraînement (surcompensation)
- Charge excessive : surpasse les capacités fonctionnelles d'adaptations et aboutit aux effets de surentraînement“(p.27)

## Processus de surcompensation

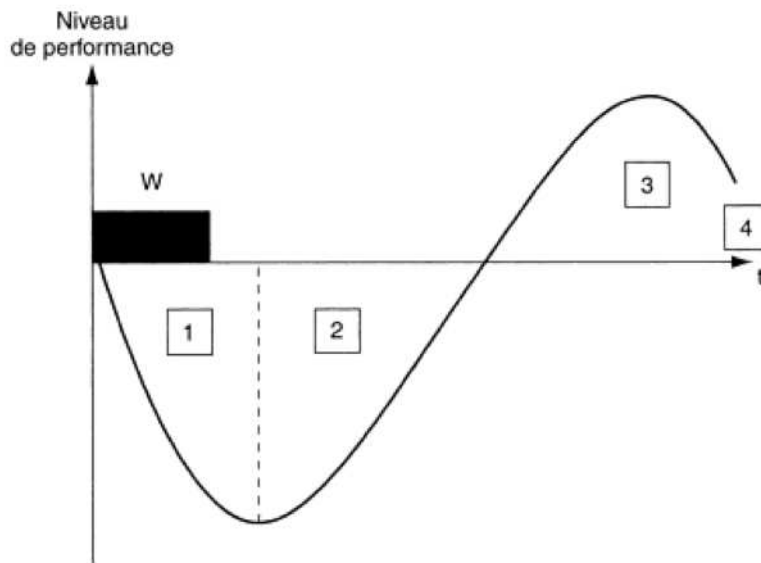


Fig.10 : Illustration du phénomène de surcompensation avec 4 différentes phases d'adaptation (Grappe 2009, p. 93)

Après une charge d'entraînement optimale, la capacité de travail (Fig.10) de l'organisme évolue selon 4 étapes caractéristiques (Grappe 2009, p.93) :

1. „Diminution passagère de la capacité de performance. Durant la séance d'entraînement et dans les premières heures de récupération, la capacité de travail subit une désadaptation relative due à la baisse de certaines réserves fonctionnelles. A cette étape, l'homéostasie est perturbée.
2. Restauration de la capacité de travail. Une réaction d'adaptation compensatrice permet à l'athlète de retrouver globalement son niveau d'aptitude physique de départ. C'est une phase de retour à l'homéostasie de quelques minutes à quelques heures, voire quelques jours.
3. Surcompensation de la capacité de travail. Une réaction d'adaptation constructive dynamique permet d'augmenter de manière significative les réserves fonctionnelles du sportif. Cette étape permet d'améliorer, en plus des réserves énergétiques, les qualités physiques telles que la force, vitesse, puissance...) mais également d'accroître la coordination neuro-musculaire.

4. Retour graduel de la capacité de travail au niveau initial. Ce stade est atteint lorsqu'aucune charge d'entraînement ne vient s'ajouter de manière rationnelle à la précédente.” (Grappe 2009, p.93)

### 3.3.2 Training Impulse

Pour quantifier la charge interne, le modèle de Banister (1975) a été retenu :

„Le Trimp (Training Impulse, en unité arbitraire) a été utilisé comme indice du stimulus d'entraînement pour quantifier la charge d'entraînement de l'athlète en prenant en compte le volume (durée du stimulus) et l'intensité de la charge en fonction de la fréquence cardiaque maximale ( $FC_{max}$ ), de la fréquence cardiaque de repos ( $FC_{repos}$ ) et de la fréquence cardiaque moyenne durant l'exercice ( $FC_{ex}$ ) “(Banister & al., 1975 ; Banister et Calvert, 1980 ; Banister et Hamilton, 1985, Banister & al., 1986 ; Calvert & al., 1976, repris par Grappe 2009, p. 103) .

$$TRIMP = W(t) = \text{durée de l'activité} = k \{FC_{ex} - FC_{repos} / FC_{max} - FC_{repos} \}$$

La fréquence cardiaque au repos a été calculée personnellement par les sujets. En ce qui concerne la fréquence cardiaque maximale, la formule de Tanaka a été sélectionnée. Si on s'intéresse à la fonction cardiovasculaire en général, il est essentiel de savoir qu'elle se dégrade avec l'âge et ceci est d'autant plus important pour la  $FC_{max}$ . Une estimation dit que la diminution serait de 1bpm par an. C'est pourquoi pendant de nombreuses années, on pouvait calculer cette dernière selon la formule suivante :

$$FC_{max} = 220 - \text{âge}$$

Tanaka et ses collaborateurs ont mis récemment en place une équation qui paraît plus pertinente :

$$FC_{max} = [208 - (0,7 \times \text{âge})]$$

Cette équation apparaît plus en adéquation car elle s'applique à un plus grand nombre de sujets. Un second avantage est qu'elle ne semble pas être influencée ni par le genre, ni par le niveau d'entraînement. L'ancienne équation, quant à elle, tendait à surestimer la  $FC_{max}$  chez les enfants et les sujets jeunes tandis qu'elle la sous-estimait chez les sujets âgés. La précision apportée par Tanaka permet d'augmenter la qualité des programmes d'activités physiques (Costill & al, 2009, p.381).

### **Charge d'entraînement = $T \times k \times X$**

« k est un coefficient pondérateur exponentiellement croissant dépendant de la fréquence cardiaque durant l'exercice et de la cinétique d'augmentation des lactates au cours d'un exercice progressivement croissant » (Green & al. 1983, repris par Grappe 2009, p.103).

- Pour les femmes :  $k = 0,86.e^{1,67x}$
- Pour les hommes :  $k = 0,64.e^{1,92x}$

En ce qui concerne l'intensité  $I(t)$  de l'entraînement, la méthode de Banister et Hamilton (1985, cité par Grappe 2009, p.103) est calculée selon la formule suivante :

- $I(t) = W(t)/T$  (ua)
  - $W(t)$  est calculé si  $FC_{ex} > 120$
  - $T$  = temps total de la séance (heure)

### **3.4 Apprentissage moteur**

Une connaissance des mécanismes de l'apprentissage moteur est nécessaire à la compréhension de la problématique. Cette connaissance va aider dans un premier temps à comprendre les différences entre un skieur novice et un skieur chevronné. Elle va également donner des pistes pour la future interprétation des différents sauts. En effet, un skieur novice découvre de nouvelles formes techniques durant une semaine de cours. De plus, sur l'ensemble des sujets, une partie n'avait jamais fait de SJ ou de CMJ. C'est pourquoi il est intéressant de voir ce qui se passe lors de l'apprentissage moteur.

Si la pratique du ski pouvait être résumée par une habileté, un niveau chevronné serait la capacité de parvenir à une forme technique avec le maximum de certitudes tout en ayant un minimum de dépenses d'énergie ou de temps (Guthrie 1952, cité par Schmidt 1993, p. 4-5). Dans le cours d'Alain Rouvenaz, ces aspects ont été développés pour la pratique du ski. Le niveau du skieur sera déterminé par :

- « La fluidité des actions et la précision des trajectoires
- Le contrôle de la direction et du freinage
- Le rapport avantageux entre l'énergie engagée et l'effet produit
- L'exploitation optimale des propriétés de l'engin et du terrain » (Rouvenaz A. 2009, support de cours, p.8)



La performance d'un individu dépend alors de son niveau technique, ici de l'habileté à skier mais elle résulte également d'autres facteurs comme la motivation, le stress ou la fatigue. Pour qu'une amélioration soit considérée comme un apprentissage, il faut qu'elle soit liée à un entraînement. L'ambiguïté de l'apprentissage étant éclaircie, la définition suivante peut être posée :

« L'apprentissage est l'ensemble des processus qui, par le biais de l'entraînement ou de l'expérience, conduisent à des changements relativement permanents dans la capacité de réaliser un mouvement » (Schmidt et Lee, 1999, cité par Marin & Danion, 2005, p.183).

Sur le plan technique de la pratique du ski, les skieurs novices se trouveront plus dans une situation d'apprentissage que les skieurs chevronnés qui connaissent déjà en grande partie les formes examinées. Une autre remarque concerne la quantité d'entraînement, Marin & Danion (2005) disent en s'appuyant sur des exemples, que „plus le nombre d'essais est important et plus les progrès sont significatifs. Cependant, s'il faut bien admettre que les performances continuent à augmenter au fur et à mesure des séances d'entraînements, la plupart des courbes de performances suggèrent que les sujets progressent souvent beaucoup plus dans les premières séances d'entraînement que dans les suivantes“ (p.108).

Pour tirer le lien avec la population de skieurs, les novices ont une plus grande marge de progression technique que celle des chevronnés mais ces derniers partent de plus haut sur la courbe de la performance.

Nous allons à présent nous intéresser à ce qui change concrètement entre un skieur novice ou chevronné. En effet, le skieur chevronné a de meilleures capacités musculo-articulaires, développées grâce à une pratique intensive du ski. C'est-à-dire qu'il a une meilleure perception de son corps à ski et ressent les finesses de certains mouvements. C'est pourquoi son positionnement est meilleur et surtout qu'il est plus à l'aise par exemple dans une neige non préparée (Marin & Danion 2005, p.271). De plus, le skieur chevronné a également une meilleure coordination intra/intermusculaire et donc une meilleure efficacité dans la pratique du ski. Ses muscles antagonistes ne se contractent par exemple pas lorsque les agonistes sont en tension. Marin et Darion (2005, p. 281-282) expliquent que les experts rendent leurs mouvements harmoniques, c'est-à-dire

qu'ils les effectuent « à une fréquence proche de la fréquence naturelle du système » (Marin & Danion 2005, p.282). Ils ont en conséquence un coût énergétique très bas. Cette première partie sur le ski vient consolider les aspects de la différence de niveau entre un skieur novice et chevronné.

Intéressons-nous à présent aux trois sauts testés qui sont pour rappel un SJ et des CMJ short/long. Lors de la première séance, les sujets ont dû annoncer s'ils avaient déjà effectué ce genre de sauts. La réponse fut qu'ils l'avaient tous fait une fois lors d'un cours de Bachelor sauf un sujet qui n'en avait jamais entendu parler. Si on prend l'échauffement en considération, chaque sujet a effectué en tout 15 SJ, 15 CMJs et 15CMJl lors de chaque test. Il serait alors tout à fait envisageable qu'ils aient amélioré leur habileté à ces trois types de sauts. En effet, il a été expliqué que plus un exercice est répété, plus les progrès seront significatifs.

En résumé, en plus de l'aspect des principes d'entraînement, cette partie sur l'apprentissage moteur nous ouvre d'autres pistes. Certaines variations de performances des différents sauts peuvent être expliquées par un processus d'apprentissage mais également par des états de stress, de fatigue ou de motivation.

## 4 Méthode

### 4.1 Protocole

Le but de ce travail est de s'intéresser à une régression/progression possible des composantes de hauteur, vitesse et de force chez le skieur novice et chevronné. Les variations de performances vont dépendre de la charge, apportée par une semaine d'entraînement constituée de 6 jours de ski (19-24.01.2014) à la Lenk (4.5-5.5 heures sur la neige par jour). Cette semaine fait partie du cursus universitaire. C'est pourquoi des examens ont lieu les 2 derniers jours avec différentes formes testées :

- Descente libre avec éléments "freestyle"
- Slalom Géant
- « Entonnoir » : virages coupés (carving) à virages courts (ou inverse)
- Chasse-neige tournant
- Saut ("straight")

#### I. Myotest

Trois types de sauts (SJ, CMJ short/long) ont été mesurés à trois reprises pour ce travail.

- **Prétest** : 16.12.2013
- **Pertest** : 23.01.2014 (dernier soir du camp)
- **Posttest** : 28.01.2014 (après 4 jours)

Une remarque à prendre en considération est que tous les tests ont été effectués pieds nus sur un sol dur. Le protocole de test était toujours identique. Cela commençait par la prise du poids. Il a été relevé que de petits changements de masse peuvent vite avoir de l'influence sur l'accéléromètre et biaiser les résultats. L'étape suivante est une mise en train proposée par Myotest dans son Quick Start Guide de Myotest (2008):

„**Echauffement**: Prenez soin de faire un bon échauffement, de récupérer quelques minutes puis de faire les mouvements du test quelques fois avant la mesure (voir exemple ci-dessous). Il est conseillé de vous tester dans des conditions régulières de fatigue. Le meilleur moment est juste après l'échauffement.

**Exemple** : Effectuez une mise en train de 5-10 minutes par du vélo ou du footing de basse intensité (120 puls/minute maximum). Faites quelques séries de 30" de mouvements de gainage du tronc.

Répétez le geste que vous allez tester selon le mode suivant :

2 x 5 répétitions à basse intensité (avec charge légère si c'est un test avec des haltères)

2 x 5 répétitions à intensité moyenne (avec charge légère si c'est un test avec des haltères)

2 x 3 répétitions à haute intensité (avec charge moyenne si c'est un test avec des haltères)

Respecter une pause d'une minute entre chaque série. A la fin de l'échauffement, respecter 3 minutes de pause, préparer le test, se concentrer... le test peut commencer“ (p.5).

Pour les séries de mouvements, la consigne était de faire 2 x 5 SJ à basse intensité, 2 x 5 CMJs à moyenne intensité et 2 x 5 CMJl à haute intensité mais sans charge additionnelle.

Une fois la mise en train effectuée, le test peut commencer. Les sujets ont été répartis en trois groupes dans le but de gagner du temps. L'ordre a été déterminé par le tableau suivant (Tab. 1) et les sujets y ont été placés par ordre alphabétique. Le prétest et le pertest ont suivi cet ordre. Pour le posttest, l'ordre a été inversé pour éviter tout biais car il a eu lieu seulement 4 jours après le pertest.

Tab. 1: Répartition de l'ordre de passage aux différents tests.

User	Myotest	Saut 1	Saut 2	Saut 3
1	1	SJ	CMJ short	CMJ long
2	1	CMJ long	SJ	CMJ short
3	1	CMJ short	CMJ long	SJ
4	1	SJ	CMJ short	CMJ long
5	1	CMJ long	SJ	CMJ short
6	1	CMJ short	CMJ long	SJ
7	1	SJ	CMJ short	CMJ long
8	1	CMJ long	SJ	CMJ short
9	1	CMJ short	CMJ long	SJ
1	2	SJ	CMJ short	CMJ long
2	2	CMJ long	SJ	CMJ short
3	2	CMJ short	CMJ long	SJ
4	2	SJ	CMJ short	CMJ long
5	2	CMJ long	SJ	CMJ short
6	2	CMJ short	CMJ long	SJ
7	2	SJ	CMJ short	CMJ long
8	2	CMJ long	SJ	CMJ short
1	3	CMJ short	CMJ long	SJ
2	3	SJ	CMJ short	CMJ long
3	3	CMJ long	SJ	CMJ short
4	3	CMJ short	CMJ long	SJ
5	3	SJ	CMJ short	CMJ long
6	3	CMJ long	SJ	CMJ short
7	3	CMJ short	CMJ long	SJ
8	3	SJ	CMJ short	CMJ long
9	3	CMJ long	SJ	CMJ short

Les sauts ont été expliqués et démontrés à l'aide des vidéos officielles du site Myotest et également grâce au guide. Dans le Quick Start (2008, p.13-15), la marche à suivre est

développée (Tab. 2). Pour la différenciation du CMJ short et long, la consigne était de descendre un minimum et d'être le plus "explosif" au CMJ court tandis que pour le CMJ long, le but était de descendre le plus bas possible tout en gardant toujours les pieds à plat. Donc le début du mouvement était plus long et moins dynamique.

Tab. 2: Explication de la marche à suivre des différents sauts testés (Quick Start Myotest, 2008, p. 13-15)

<p><b>SAUT DÉTENTE (CMJ)</b></p> <p><u>Objectifs du test :</u></p> <p>Mesurer la hauteur de saut</p> <p><u>Exécution :</u></p> <p>5 répétitions en cherchant la hauteur maximale.</p> <p><u>Déroulement :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enclencher le Myotest en pressant sur le bouton «ON/OFF» jusqu'à l'apparition du logo.</li> <li>2. Sélectionner le test «Saut CMJ» et vérifier que le poids du corps soit correct, sinon l'adapter.</li> <li>3. Placer le Myotest sur la ceinture et appuyer sur «ENTER».</li> <li>4. Départ debout, mains sur les hanches, regard droit devant, rester immobile.</li> <li>5. Au bip court, faire un mouvement d'élan libre (flexion des genoux) et sauter le plus haut possible, en gardant les mains au contact de la taille. La réception se fait de manière souple et amortie.</li> <li>6. Après réception, revenir en position debout et attendre immobile le prochain bip pour répéter le saut.</li> </ol> <p>Après 5 répétitions, le double bip signale la fin du test.</p>
<p><b>SAUT PUISSANCE (SJ)</b></p> <p><u>Objectifs du test :</u></p> <p>Mesurer l'explosivité statodynamique des jambes (sans contre-mouvement d'élan).</p> <p><u>Exécution :</u></p> <p>5 répétitions en cherchant la hauteur maximale.</p> <p><u>Déroulement :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enclencher le Myotest en pressant sur le bouton «ON/OFF» jusqu'à l'apparition du logo.</li> <li>2. Sélectionner le test «Saut SJ» et vérifier que le poids du corps soit correct, sinon l'adapter.</li> <li>3. Placer le Myotest sur la ceinture et appuyer sur «ENTER».</li> <li>4. Départ debout, mains sur les hanches, regard droit devant, fléchir les genoux à 90° et rester immobile.</li> <li>5. Au bip court, sauter le plus haut possible sans élan, en gardant les mains au contact de la taille. La réception se fait de manière souple et amortie.</li> <li>6. Après réception, revenir en position fléchie à 90° et attendre immobile le prochain bip pour répéter le saut.</li> </ol> <p>Après 5 répétitions, le double bip signale la fin du test.</p>

## II. Charge interne/externe

Les données de charge interne et externe n'ont pas été prises sur l'ensemble de l'échantillon mais sur, dans la mesure du possible, une femme et un homme de chaque

groupe.

La charge interne a été calculée avec "Polar Team<sup>2</sup>". Il s'agissait uniquement de placer un émetteur sur une ceinture cardiaque tous les matins avant le ski et de l'ôter à la fin de l'activité. Les émetteurs enregistrent sans interruption toute la journée. Ce choix a été fait dans un souci de facilité et de fiabilité. En effet, il n'y a pas besoin d'enlever l'émetteur par exemple à midi. Il suffit ensuite juste de récolter les horaires qui nous intéressent grâce au programme "Polar Team<sup>2</sup>". Ce travail a été fait après la semaine d'entraînement.

Pour la charge externe, c'est la même marche à suivre mais avec l'application "Slope Track" de la Suva. Au niveau de la récolte des informations, la mesure des kilomètres a été récupérée chaque soir avant le souper.

## **4.2 Sujets**

La population étudiée compte un total de 26 sujets (18 hommes et 8 femmes), âgés de 19 à 26 ans, en Sciences du Mouvement et du Sport à l'Université de Fribourg.

Durant la semaine, ces sujets ont été répartis en 5 classes de 5-7 participants. Cinq groupes de travail ont été constitués grâce aux résultats du test d'entrée et à quelques autres critères "sociaux". De plus, 2 sujets ayant déjà leur reconnaissance J+S de base ont été placés dans les groupes plus faibles dans le but d'obtenir leur reconnaissance méthodologique.

La répartition finale des deux groupes pour l'analyse statistique a été établie grâce à la médiane des temps du résultat du slalom. Le premier choix avait été de prendre la médiane de la note technique finale mais le temps du slalom était plus représentatif dans le sens où il rajoutait un critère quantitatif et que son caractère "physique" était plus en rapport avec les mesures de force et de vitesse. Enfin, la meilleure des deux manches a été comptabilisée, ce qui pondère le facteur chance ou malchance. En regardant la distribution du tableau ci-dessous (*Tab. 3*), le groupe des novices comporte 13 sujets, dont 5 femmes et le groupe chevronné compte 3 femmes avec au total également 13 skieurs.

Tab. 3: Répartition Novices - Chevronnés d'après la médiane des temps du slalom géant

Novices			Chevronnés		
N°	Sexe	Temps (s)	N°	Sexe	Temps (s)
1.	Feminin	46.38	14.	Feminin	36.77
2.	Feminin	43.35	15.	Feminin	38.75
3.	Feminin	45.27	16.	Feminin	39.17
4.	Feminin	41.64	17.	Masculin	38.13
5.	Feminin	42.91	18.	Masculin	37.73
6.	Masculin	60.68	19.	Masculin	40.44
7.	Masculin	41.43	20.	Masculin	36.05
8.	Masculin	44.76	21.	Masculin	38.9
9.	Masculin	44.76	22.	Masculin	37.36
10.	Masculin	46.4	23.	Masculin	37.12
11.	Masculin	42.18	24.	Masculin	37.62
12.	Masculin	44.19	25.	Masculin	40.14
13.	Masculin	51.37	26.	Masculin	41.42

### 4.3 Appareils de mesure

#### I. Myotest

Toutes les données relatives aux sauts (SJ et CMJ short/long) ont été récoltées à l'aide de l'accéléromètre nommé Myotest Pro. Pour notre recherche, les performances de hauteur (cm), force (N/kg) et vitesse (cm/s) ont été enregistrées avec une résolution au centième. La hauteur a été prise comme mesure de référence comme le conseille le "Quick Start Guide"(2008, p.12). De plus, les sujets ont été paramétrés sous "utilisateurs confirmés".

En ce qui concerne le traitement des données, il aurait été beaucoup trop long d'analyser chaque courbe de saut pour chaque individu. "Myotest" fournit automatiquement les moyennes des trois meilleurs sauts sur les cinq réalisés. C'est pourquoi cette fonctionnalité a été choisie.

#### II. Polar team<sup>2</sup>

Pour la charge interne, elle est calculée grâce à la prise quotidienne de la fréquence cardiaque (nombre de battements par minute) sur une partie de la population. Pour ce faire, le système "Polar Team<sup>2</sup>" a été choisi. L'avantage d'utiliser ce produit est que la FC est enregistrée sur 10 personnes en même temps grâce aux ceintures et surtout qu'il y a un énorme gain de temps au niveau du transfert de données par rapport à des montres "cardiofréquencemètres" standards. De plus, selon le site officiel Polar, le capteur permet une mesure idéale de la FC de la précision d'un ECG et surtout une capacité

d'enregistrement de la FC battement par battement durant 48h. Les données qui nous intéressent seront alors la fréquence cardiaque mais également la durée de l'effort. Pour l'analyse, les heures d'activités ont été découpées sur le programme "Polarteam2" et les moyennes ont été enregistrées. Les moyennes ont servi à fournir les TRIMPS comme défini dans la théorie. En ce qui concerne la résolution, les moyennes étaient automatiquement arrondies à l'unité par le programme.

### III. Slope Track

La charge externe, c'est à dire les kilomètres totaux, a été récoltée grâce à une application Iphone ou Android nommée "Slope Track", développée par la Suva.

Sur le site officiel de la Suva, il est expliqué que cette application a été créée dans un but de prévention des accidents dans le cadre des sports de neige. Pour le présent travail, elle a été détournée de sa vocation première et a servi de "tracker GPS" avec pour objectif d'enregistrer les distances parcourues quotidiennement. Les distances sont données en kilomètres avec une résolution au dixième.

Il y a la possibilité de "tracker" chaque descente ou alors de calculer les kilomètres totaux de la journée (montées en installation et descentes). Pour une question de facilité, il a été décidé de prendre les distances totales puisque l'intérêt est avant tout de savoir la différence de kilomètres entre les groupes "novices" et "chevronnés". Cependant, cette application a eu quelques limites dans le sens qu'elle n'a pas fonctionné de manière optimale à plusieurs reprises. Le "tracker GPS" ne parvenait parfois pas à s'ajuster. Des skieurs d'un même groupe n'ont pas obtenu les mêmes kilométrages alors qu'ils avaient skié toute la journée ensemble sur les mêmes pistes.

## 4.4 Paramétrage et méthode statistique

Une fois l'ensemble des données récoltées, une analyse statistique a été lancée grâce au logiciel RStudio.

### I. Données Myotest

L'ensemble des résultats importé, il a fallu dans un premier temps déterminer si les données étaient paramétriques à l'aide d'un "stat desc". La hauteur a d'abord été testée étant donné qu'il s'agissait de la mesure de référence pour le travail.



Les résultats ont été les suivants : les données de hauteur du SJ, du CMJ short et du CMJ long sont paramétriques. Une "Anova à plus de 2+ critères de classification" (analyse de variance) a ensuite été effectuée. Ce choix est déterminé par le fait que nous sommes en présence de 2 groupes (novices – chevronnés) avec 3 conditions (PRE – PER – POST). Cette "Anova" permet de tester l'hypothèse nulle, c'est à dire qu'il n'y a aucune différence entre les groupes et qu'ils sont alors identiques. "L'Anova" teste également s'il y a des variations significatives entre les trois tests. Il n'y a pas eu pour la suite le besoin de faire un posthoc car l'expertise ne comprenait que deux niveaux.

L'intérêt a ensuite été porté sur les critères de force et de vitesse. Il a fallu d'abord contrôler si les données étaient paramétriques. Au niveau du SJ, c'est la force qui est non paramétrique. Pour le CMJ short/long, ce sont les vitesses qui sont non paramétriques.

Une "Anova" (2+ critères de classification) a été appliquée aux composantes paramétriques de force et de vitesse et ceci pour les trois sauts. En ce qui concerne les données non paramétriques, une "EzAnova" (test non paramétrique) a été appliquée.

## II. Données Polar

Un test de "Wilcox" a été fait parce que les données étaient non paramétriques. Le but était de savoir si les charges internes pouvaient être considérées identiques ou différentes.

## III. Données Slope Track

En ce qui concerne les données constituant la charge externe, un "T test" a été appliqué aux kilométrages étant donné qu'il s'agit de données paramétriques. Le but était également de découvrir si les kilomètres parcourus par les deux groupes pouvaient être considérés comme identiques.

## 5 Résultats

### 5.1 Charge interne

Tab. 2: Tableau récapitulatif des Trimps selon les sujets testés

Trimps										
N°	Niveau	Sexe	Année	FC rep	Fc max	Trimps J1	Trimps J2	Trimps J3	Trimps J4	Trimps J5
2	Novice	F	1991	52.0	191.9	202	209	230	223	238
3	Novice	F	1993	50.0	193.3	195	195	169	139	211
5	Novice	F	1990	48.0	191.2	169	112	102	107	96
10	Novice	M	1990	48.0	191.2	275	221	229	169	161
11	Novice	M	1995	58.0	194.7	200	200	251	207	184
14	Chevronné	F	1993	57.0	193.3	351	295	402	371	276
18	Chevronné	M	1989	51.0	190.5	200	243	275	194	190
23	Chevronné	M	1992	56.0	192.6	175	169	181	214	150
25	Chevronné	M	1992	58.0	192.6	284	251	221	200	209
26	Chevronné	M	1992	54.0	192.6	140	214	135	126	125

En s'intéressant au tableau ci-dessus (Tab. 4), on remarque que les chevronnés ont tendance à avoir des TRIMPS plus élevés que les novices. C'est pourquoi les différentes données ont été analysées. A la vue des résultats des tests, il n'y a aucune différence significative puisque le test révèle le résultat suivant :  $w = 8.5$ ,  $p\text{-value} = 0.463$ . Donc on peut considérer que toute la population a subi la même charge interne durant cette semaine. Cette affirmation semble assez logique car nous sommes devant une population assez homogène. En effet, il s'agit uniquement de sujets en Science du Mouvement et du Sport de l'Université de Fribourg. Ils sont en conséquent tous sportifs et non sédentaires.

## 5.2 Charge externe

Tab. 3: Tableau récapitulatif des kilomètres parcourus par rapport au calendrier de la semaine d'entraînement.

Kilomètres totaux								
Num.	Niveau	Dim.	Lun.	Mar.	Mer.	Jeu.	Ven.	Totaux
3	Nov.	-	50.0	39.6	44.1	49.3	21.5	204.5
10	Nov.	-	55.0	43.0	44.5	53.2	34.2	229.9
2	Nov.	-	55.0	38.0	47.2	57.3	25.0	222.5
5	Nov.	-	57.0	40.8	50.4	47.6	18.3	214.1
11	Nov.	-	49.7	45.0	49.1	74.5	16.2	234.5
26	Chevr.	-	52.2	70.0	48.3	68.9	22.6	262.0
23	Chevr.	-	56.5	26.8	46.7	50.9	28.0	208.9
14	Chevr.	-	50.7	36.6	56.5	64.1	32.6	240.5
18	Chevr.	-	52.0	55.0	51.3	59.3	14.4	232.0
25	Chevr.	-	53.0	42.7	50.3	55.5	21.4	222.9
Matin	Progr.	Ski en Classe	Ski en Classe	Atelier Débutants.	Ski en Classe	Examen SG	Examens	min: 204.5
A-M	Progr.	Ski en Classe	Ski en Classe	Atelier Saut/SG	Atelier Saut/SG	Prép. Examen	Examen Sauts	max: 262.0

En observant le tableau 3, on s'aperçoit qu'il n'y a pas d'énormes différences de kilométrages à part quelques cas. Du point de vue statistique, il n'y a aucune différence significative entre les deux niveaux ( $t = -1.168$ ,  $p\text{-value} = 0.283$ ). Cela signifie que l'on peut considérer que la charge externe est équivalente pour tous.

Ceci peut être expliqué car la population testée participait à une semaine de ski dans le but d'obtenir le module de base J+S. Les sujets ne skiaient alors pas librement. S'ils avaient skié de façon indépendante, il y aurait probablement eu plus d'écarts. Le thème de cette semaine rend notre recherche intéressante puisque la charge externe est la même pour tout le monde. En effet, en se basant sur le calendrier de la semaine, les deux premiers jours sont destinés au travail par classe. Les formes sont alors imposées et il est logique que les groupes se retrouvent souvent sur une même piste pour travailler une forme technique. Les jours n° 3-4 étaient complétés par des ateliers où toute la population était séparée en deux de manière aléatoire. Il y eut une demi-journée "méthodologie débutants" et deux autres "entraînements Slalom Géant et Saut". Les deux derniers jours étaient synonymes "d'examens". De ce fait, le programme était fixe et commun à chacun. En ayant porté notre attention sur la charge externe de la semaine

grâce au "Tracker GPS" mais également au calendrier imposé (Annexes), cela confirme que la charge externe est semblable pour tout le monde.

Cela resserre la recherche car les deux niveaux ont subi une charge interne et externe équivalente. Il reste alors à voir s'ils réagiront de la même manière aux sauts testés.

### **5.3 Performances aux différents sauts**

#### **5.3.1 Résultats statistiques**

Pour reprendre les hypothèses ayant conduit l'analyse, les différents tests statistiques devraient permettre de découvrir si :

- La différence de niveau technique engendre un écart significatif de performance (hauteur, force, vitesse) avant et après la charge?
- Pour chaque type de sauts, est-ce qu'une variation de performance (hauteur, force, vitesse) significative va apparaître au fil des tests (pré – per – post) et de quel ordre selon les niveaux ?

Les résultats pour la hauteur (*Fig.11*) sont les suivants: nous voyons qu'il y a, dans chaque cas, un effet significatif entre les novices et les chevronnés. Les valeurs montrent que les chevronnées ont de meilleures performances de hauteur. Nous pouvons donc déduire que les deux groupes sont statistiquement différents et proviennent de populations différentes. Cela nous permet alors d'affirmer que notre choix de séparer les groupes d'après la médiane des résultats du slalom était judicieux mais également, qu'il y a une différence de résultats entre ces deux niveaux.

Par contre, aucun effet statistiquement significatif n'a été décelé au sujet des variations entre le Prétest – Pertest – Posttest et ceci dans aucun des deux niveaux. La semaine de ski n'engendre alors aucune variation significative sur les performances de hauteur aux SJ, CMJ short/long.

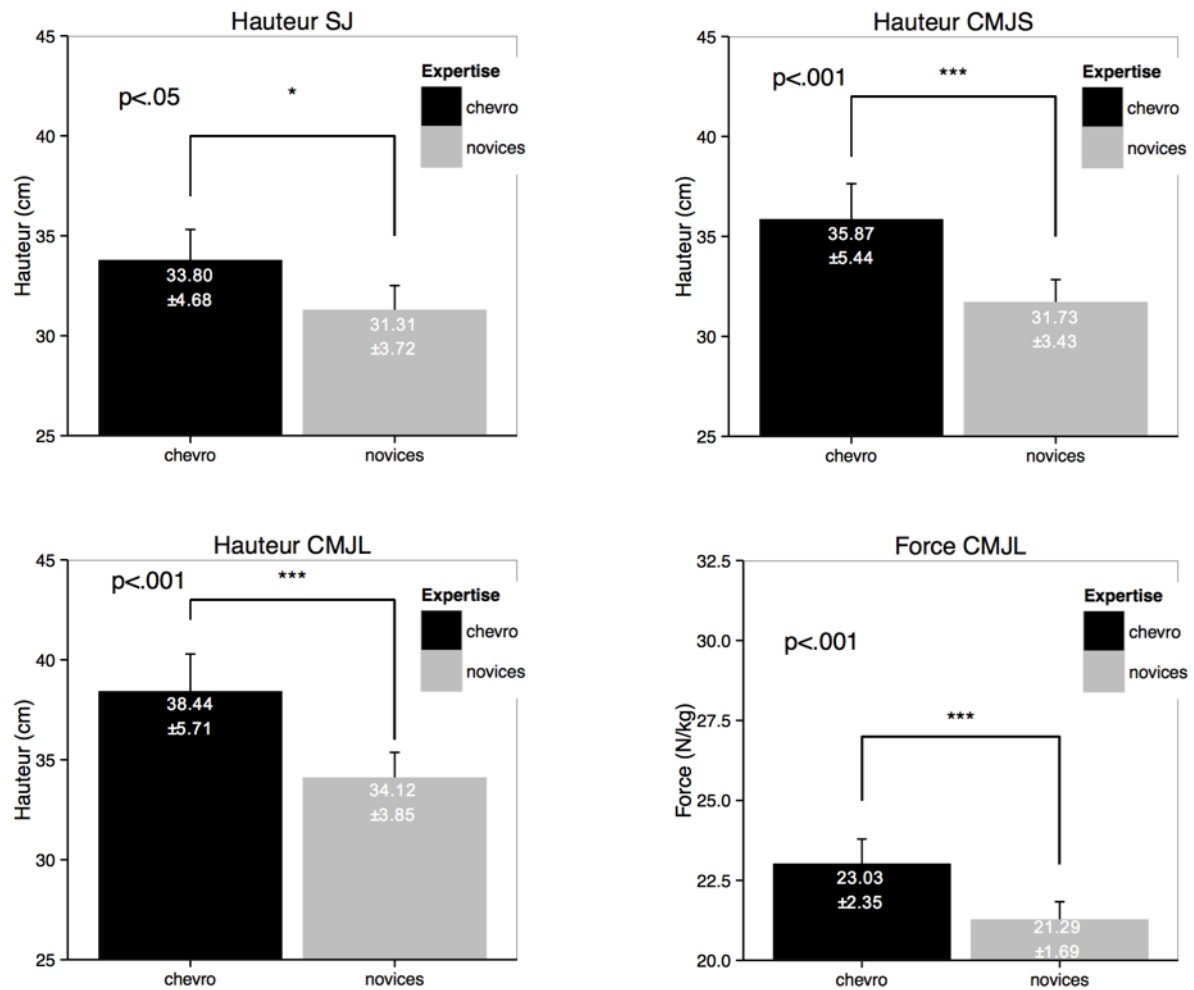


Fig. 11 : Graphiques récapitulant les différences significatives entre les niveaux chevrons et novices par rapport aux 3 sauts sur les critères de hauteur et de force.

Intéressons-nous à présent aux autres composantes. Pour le SJ, il n'y a aucun effet ni pour la force, ni pour la vitesse, c'est à dire que les 2 populations sautent à la même vitesse en développant la même force. Pour le CMJ short, il n'y a également aucun effet significatif pour les composantes de force et de vitesse. Pour le CMJ long, aucun effet significatif pour la vitesse n'est révélé mais il y a un effet significatif pour la force (*fig.11*). Cela signifie que les chevrons développent plus de force pour le CMJ long que les novices. En ce qui concerne les 3 tests, l'analyse a démontré qu'il n'y avait aucune variation significative. La semaine n'a en conclusion engendré aucun effet significatif sur la force et la vitesse.

En résumé, les novices et les chevrons sont significativement différents sur les 3 types de sauts d'après leurs hauteurs. De plus cette différence significative est plus présente pour les CMJ que pour le SJ. En effet, pour le SJ, il y a moins de 5% de chance que les échantillons proviennent de la même population tandis que le pourcentage pour les CMJ

est de moins de 0.1%. En ce qui concerne les composantes force et vitesse, il y a uniquement une différence significative entre les chevronnés et les novices au niveau de la force dans le CMJ long. Ils ont en conclusion une meilleure hauteur sans pour autant développer significativement plus de force et de vitesse à part au CMJ long, où les chevronnés ont une force significativement supérieure. Ces aspects seront développés dans la discussion

Pour répondre à la seconde hypothèse au sujet des conditions, c'est à dire, est-ce qu'il y a une régression ou une progression entre le prétest, pertest et posttest statistiquement significative et dans quelle population ? L'analyse a démontré que les différences n'étaient pas assez significatives pour prouver telle ou telle variation et cela au niveau des trois composantes : hauteur, force, vitesse. Cependant, nous allons quand même analyser les graphiques des moyennes pour voir si certaines tendances ressortent.

### 5.3.2 Analyse des variations entre les 3 tests

Un certain nombre de graphiques va être analysé dans le but de ressortir les variations malgré le fait qu'il n'y a aucune différence statistiquement probante à part celle des niveaux.

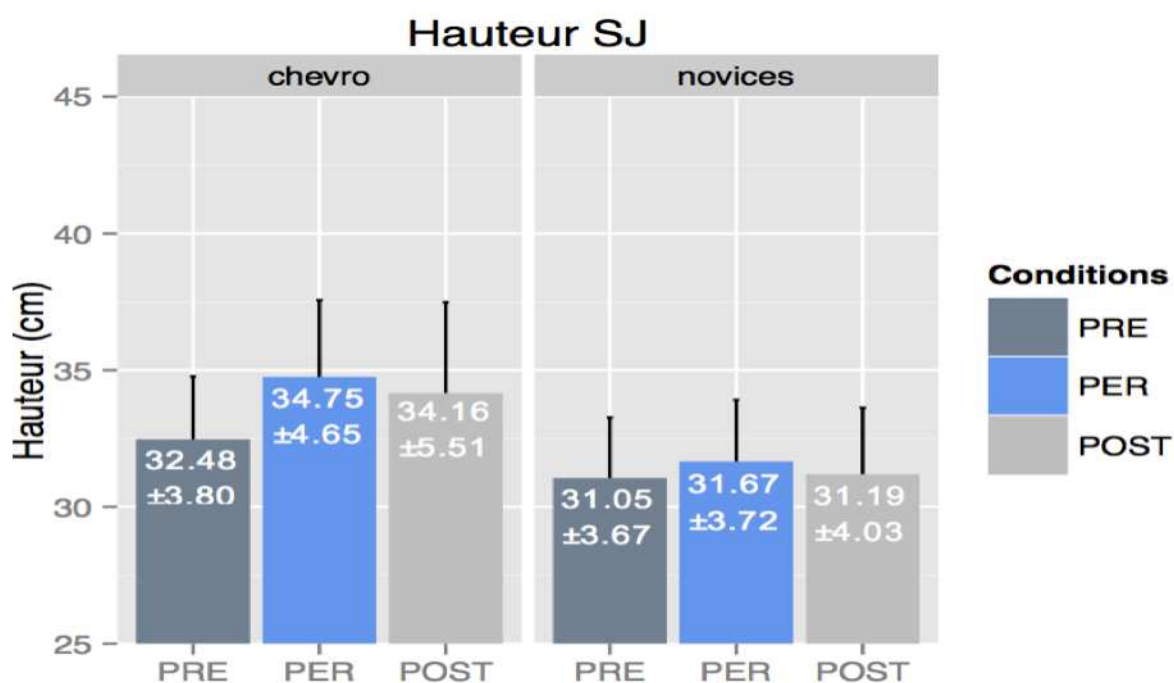


Fig. 12 : Moyennes des hauteurs au SJ selon les 3 tests et les 2 niveaux

Pour le tableau ci-dessus (Fig.12), il est ressorti des tests statistiques qu'il n'y avait que les niveaux qui étaient significativement différents. On le remarque directement sur le graphique avec des hauteurs sensiblement supérieures chez les chevronnés. En ce qui concerne la forme du graphique, on remarque que pour le SJ, novices et chevronnés réagissent de la même manière. Ils ont tous eu tendance à avoir la meilleure hauteur durant la semaine de ski. Au moment du posttest, le groupe des novices est presque revenu à sa mesure de base tandis que les chevronnés ont un gain de 1.68 cm. Cependant, ce ne sont que des tendances et statistiquement, il faut relever que ces différences ne sont pas significatives ( $p = 0.472$ ).

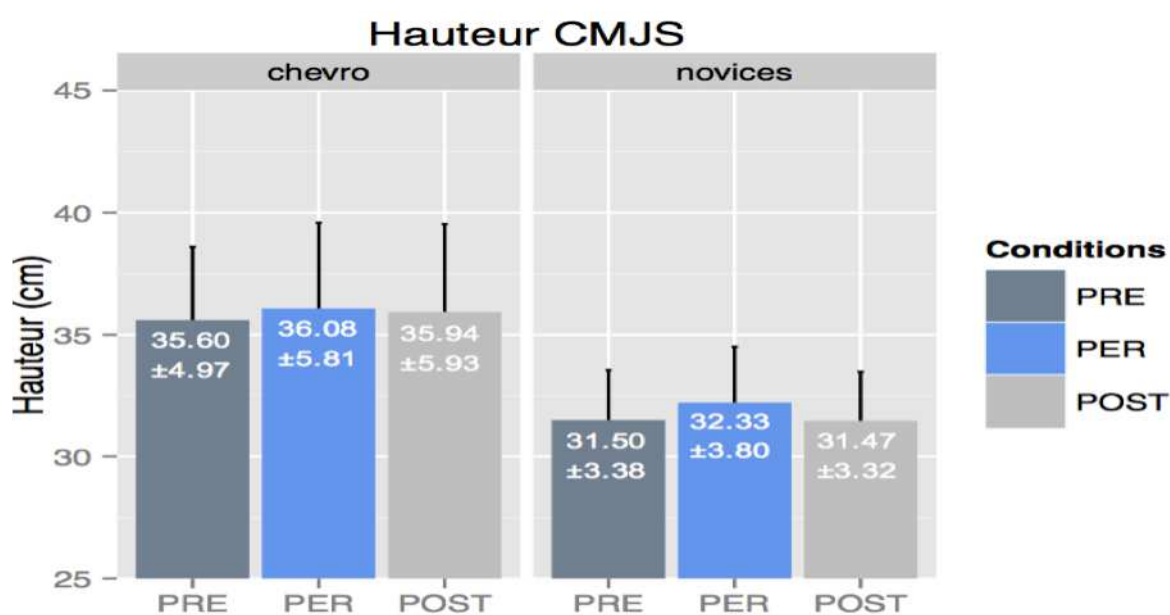


Fig. 13 : Moyennes des hauteurs au CMJ short selon les 3 tests et les 2 niveaux

En s'intéressant à présent à la hauteur des CMJ shorts (Fig. 13), on remarque également la différence significative entre les niveaux comme l'a révélé l'analyse statistique. En s'intéressant aux hauteurs du graphique, la différence est supérieure par rapport au SJ. Comme pour le SJ, le meilleur résultat a eu lieu durant la semaine. En regardant les valeurs, on voit que les différences sont minimales puisqu'il s'agit de variations de moins d'un centimètre. Autre remarque, les novices au posttest ont de moins bons résultats qu'au prétest. Cependant, ces différences ne sont pas statistiquement significatives ( $p = 0.892$ ).

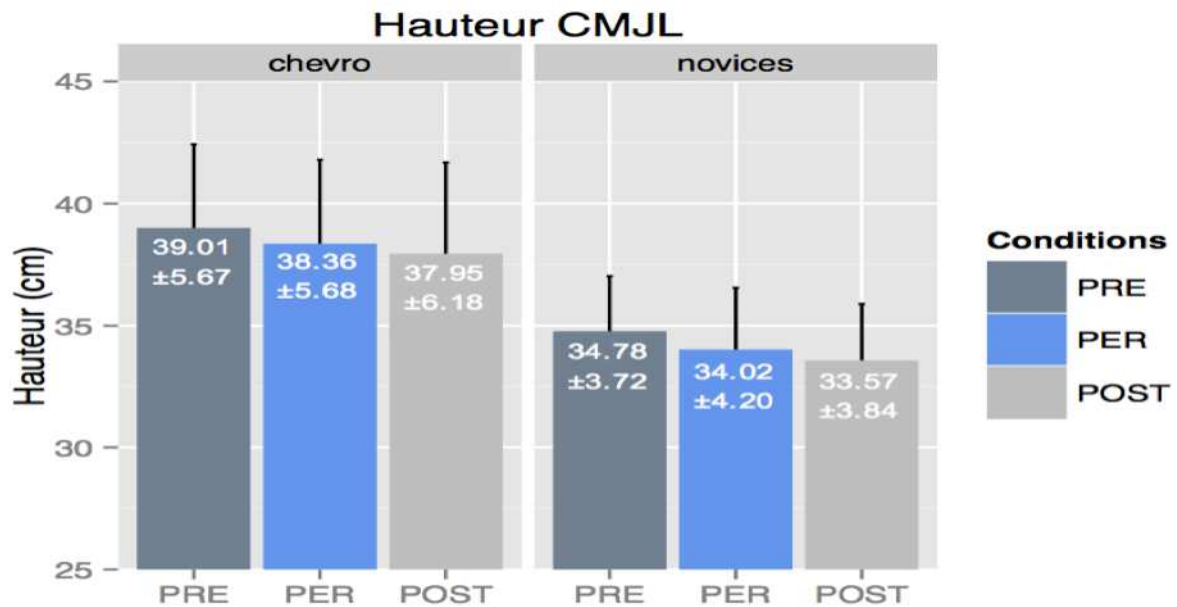


Fig. 14: Moyennes des hauteurs au CMJ short selon les 3 tests et les 2 niveaux

Pour terminer les hauteurs avec le CMJ long (*Fig 14*), les niveaux sont également significativement différents avec de meilleures performances chez les chevronnés. La différence est également plus importante que pour le SJ.

En ce qui concerne la forme des graphiques, il y a une tendance générale à la baisse de hauteur. Ceci est des plus intéressants car c'est uniquement sur ce saut que les hauteurs ont tendance à baisser. Malgré le fait que ce n'est pas significativement démontré ( $p=0.710$ ), nous voyons qu'une semaine de ski semble avoir une influence négative sur la hauteur du CMJ long. De plus, il n'y a également aucun phénomène de surcompensation au posttest et même une baisse de performance.



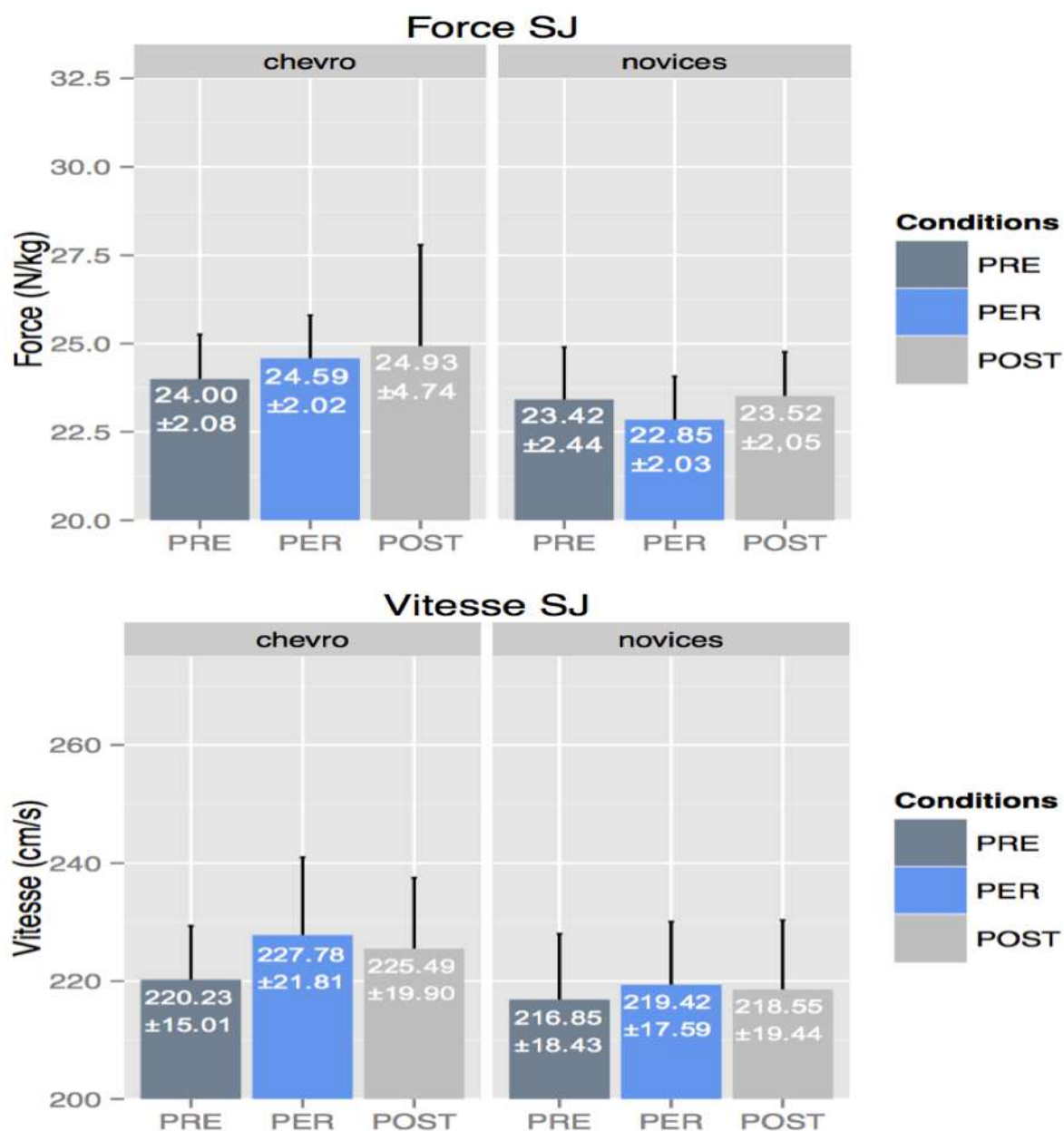


Fig. 15 : Moyennes des forces et vitesses pour le SJ selon l'expertise

En s'intéressant à présent aux caractéristiques de force ( $p= 0.739$ ) et de vitesse ( $p= 0.615$ ) pour le SJ (Fig.15), l'analyse statistique a démontré qu'il n'y avait aucune différence statistique. En observant les moyennes, les chevronnés ont malgré tout tendance à avoir de meilleures performances que les novices. En ce qui concerne les formes des graphiques, on voit immédiatement que la courbe de la vitesse suit celle de la hauteur. Pour la force, les chevronnés ont tendance à en gagner à chaque test, tandis que la force des novices a tendance à régresser au pertest pour aboutir sur un léger phénomène de surcompensation au posttest.

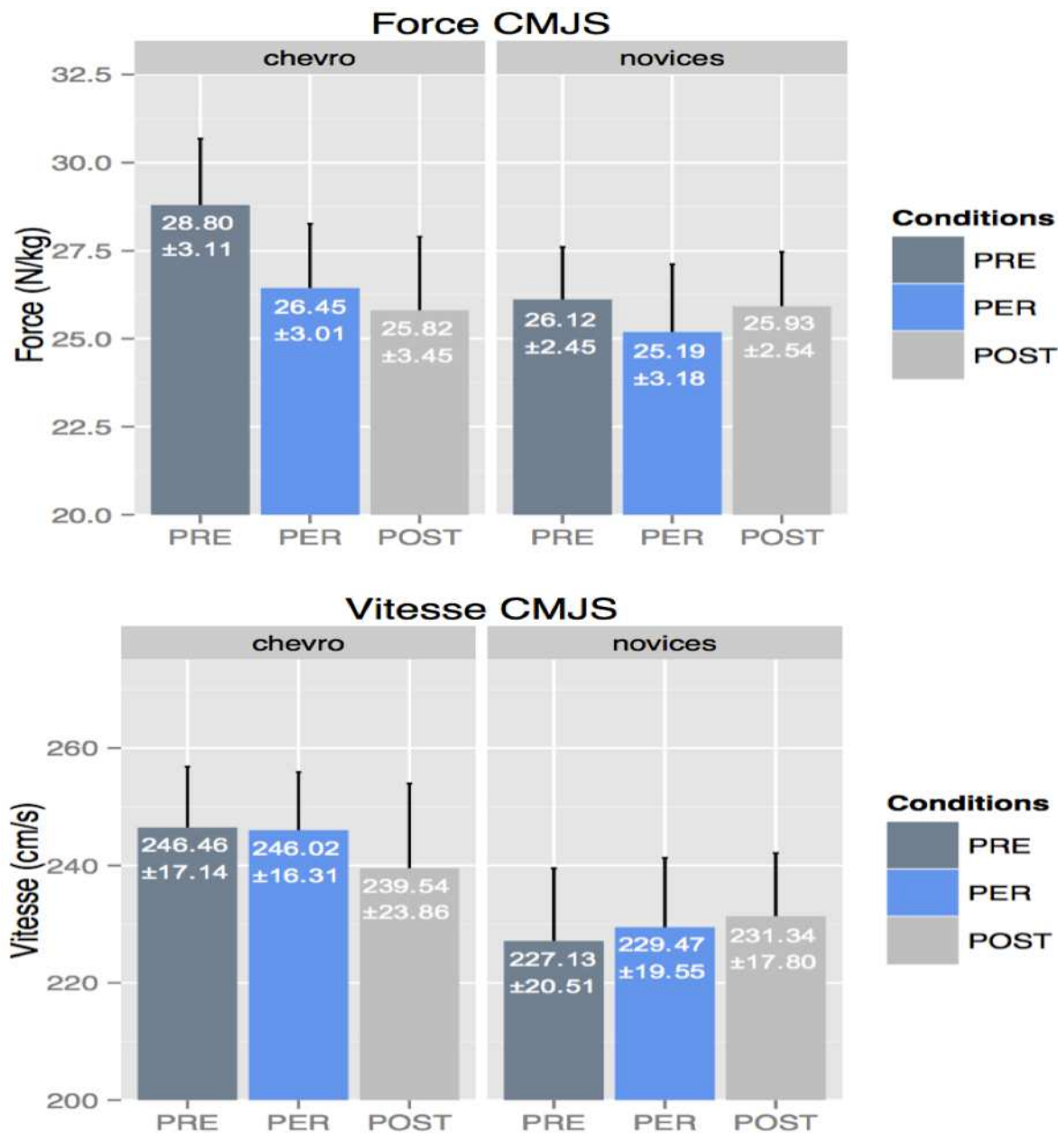


Fig. 16 : Moyennes des forces et vitesses pour le CMJ short selon l'expertise

L'analyse du CMJ short a démontré qu'il n'y avait pas de différence statistique assez forte pour qu'elle soit significative. En s'intéressant aux tendances, on voit (Fig.16) que les chevronnés perdent en force ( $p= 0.085$ ) tandis que pour les novices, la performance est proche de l'état initial au moment du post test. En ce qui concerne la vitesse ( $p= 0.911$ ), les chevronnés ont tendance à en perdre tandis que c'est l'effet contraire chez les novices.

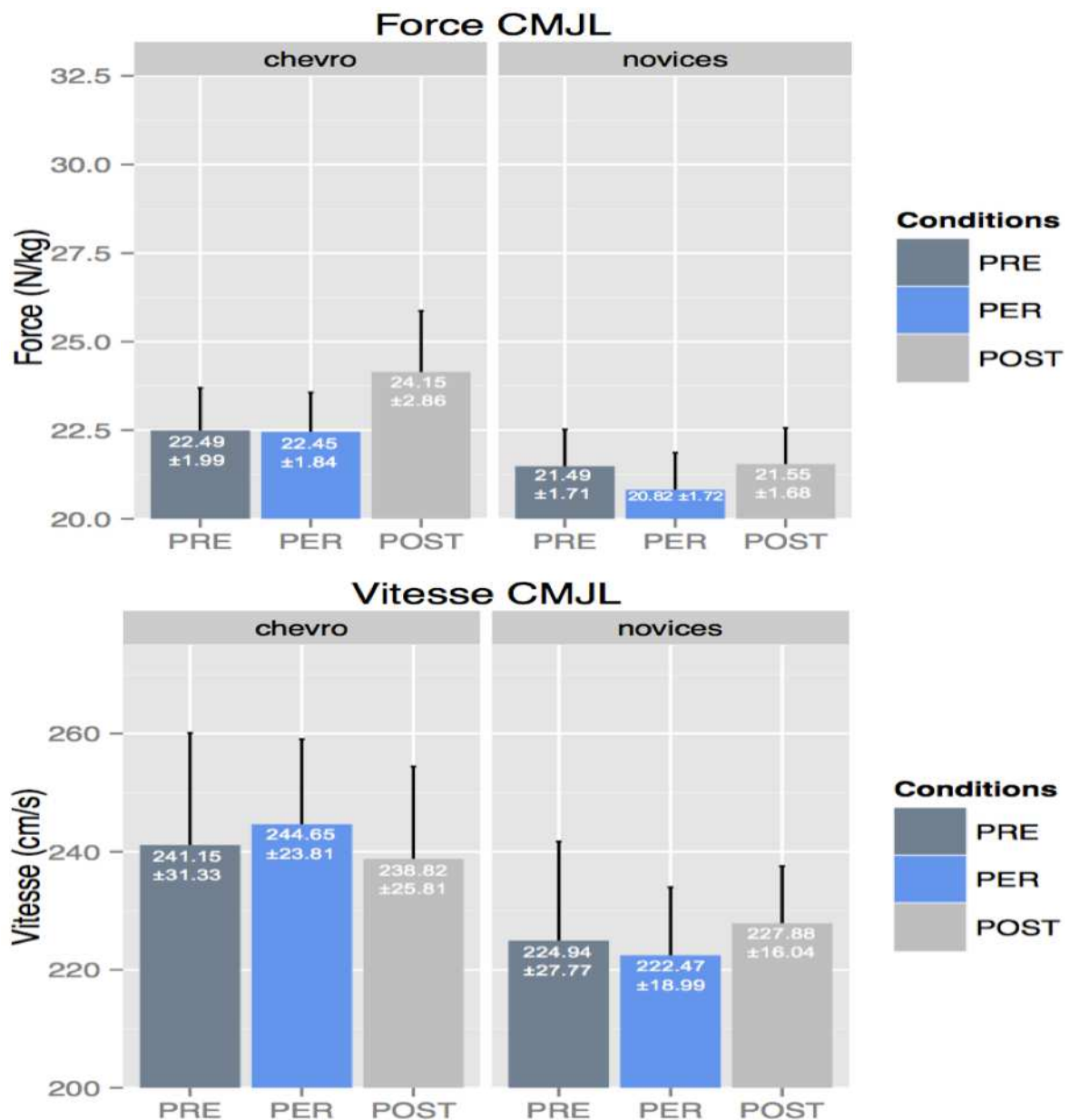


Fig. 17 : Moyennes des forces et vitesses pour le CMJ long selon l'expertise

Pour le dernier cas (*Fig.17*), il y a une différence significative selon les niveaux par rapport à la force. C'est à dire que les chevronnés développent en général plus de force au CMJ long que les novices. En s'intéressant aux moyennes, on remarque que les chevronnés ont tendance à avoir perdu de la force ( $p= 0.090$ ) au pertest et ont un gain important au posttest. Les novices suivent les mêmes tendances mais avec, pour leur part, un gain plus faible. En observant la vitesse ( $p= 0.997$ ), les novices suivent la même tendance que la force tandis que les chevronnés ont un gain au pertest mais une perte au posttest.

### 5.3.3 Conclusion des résultats

A l'aide des graphiques, les différences de performance au niveau des trois types de sauts ont également été comparées et suivent cet ordre :

- Hauteur : CMJl > CMJs > SJ
- Force : CMJs > SJ > CMJl
- Vitesse : CMJs > CMJl > SJ

Nous remarquons que ce n'est pas parce que les meilleures hauteurs sont obtenues par exemple avec le CMJ long que ce dernier atteint les meilleures valeurs de vitesse et de force. Tout ceci sera également sujet à discussion.

Pour terminer l'analyse, d'autres pistes ont été explorées pour tenter d'aller plus loin. L'analyse a été recommencée depuis le début mais en ajoutant une séparation supplémentaire par sexe. En feuilletant les données, il semblait que les femmes novices avaient de grandes variations au niveau de leurs performances. Cependant cette idée a été oubliée car le groupe chevronné féminin comporte trois membres et les skieuses novices ne sont que cinq. De ce fait, l'échantillon est trop petit pour qu'une analyse statistique correcte soit permise. C'est pourquoi, cette idée sera reprise dans les limites du travail et dans les perspectives de nouvelles questions de recherche.

En s'intéressant à la charge interne, une analyse fut menée dans le but de savoir si les TRIMPS influençaient la hauteur ainsi que les autres caractéristiques. A nouveau, aucune corrélation n'a été statistiquement trouvée. Cette analyse sera également retravaillée dans les perspectives de nouvelles questions de recherche.

## **6 Discussion et conclusion**

### **6.1 Discussion**

Dans cette partie, les résultats de l'analyse sont mis en lien avec le cadre théorique. L'analyse statistique a démontré que le groupe des chevronnés avait significativement de meilleures performances de hauteurs en ce qui concerne les trois sauts. Cependant, la semaine de ski n'a apporté aucune variation significative entre les trois moments de tests. Pourtant, les performances de hauteurs ont été les meilleures au pertest pour les SJ/CMJ short tandis que les hauteurs au CMJ long ont eu tendance à régresser au fur et à mesure des tests. Il y a également eu une différence significative de force au CMJ long avec les chevronnés qui ont eu de meilleurs résultats.

Nous nous sommes pour finir intéressés aux différences de performances entre les trois types de sauts. En observant les moyennes, il est ressorti que le saut qui atteignait par exemple la meilleure hauteur n'était pas forcément celui qui développait le plus de force ou de vitesse.

#### **6.1.1 Différence significative de hauteur**

L'analyse a mis en évidence une différence significative de hauteur chez les chevronnés sans pour autant qu'ils développent plus de force (sauf CMJ long) ou de vitesse par rapport au groupe des novices. La première remarque est que la population est composée d'étudiants en Sport, qui sont par conséquent en forme physiquement. Cette différence de performance aurait été d'autant plus facile à expliquer si nous avions eu un groupe novice sédentaire et un groupe chevronné sportif. Cependant, l'échantillon est homogène et la réponse doit être trouvée ailleurs.

Dans la théorie traitant de l'apprentissage moteur, il a été expliqué que le skieur chevronné avait de meilleures capacités musculo-tendineuses pour l'habileté du ski et surtout une meilleure coordination intra/intermusculaire.

Tous les tests ont été effectués en hiver, les skieurs chevronnés ont plus de jours de pratique spécifique à leur actif que les skieurs novices. Leur technique est en conséquence plus efficiente. En rapprochant les sauts mesurés à la pratique du ski, les mouvements sont très proches et les skieurs chevronnés peuvent être avantagés. Le fait qu'ils ont une meilleure hauteur en général sans pour autant avoir une meilleure force

ou vitesse est à chercher du côté de la coordination. En effet, les chevronnés sont habitués à ces types de contractions excentriques, concentriques et pliométriques, apportés par la pratique du ski. Plus précisément, il a été développé dans la théorie que la rapidité du temps de couplage (Dufour 2009) donnait une meilleure hauteur lors d'une poussée concentrique équivalente. Ces changements de direction de poussée sont également très courants dans la pratique du ski.

Une seconde hypothèse est que ce serait les performances d'explosivité et de détente qui seraient un indicateur du niveau technique du sujet. Il a été expliqué que la population n'était pas nombreuse et que la différenciation de niveau avait été faite sur les temps du slalom. En excluant les skieurs ayant la meilleure technique, il serait envisageable de penser que le fait d'avoir de bonnes performances de hauteur dans les différents sauts faciliterait l'apprentissage de la pratique du ski qui fonctionne de la même manière. Cette idée sera reprise dans la suite du travail mais il aurait été intéressant de prendre l'échantillon se trouvant autour de la médiane du slalom et de relever si ce dernier a obtenu de bonnes performances aux sauts testés. Cette idée est renforcée par le fait qu'il ne faut pas avoir une technique irréprochable pour un slalom mais qu'il faut surtout être efficace. Cela peut également expliquer les différents changements de niveaux qu'ont subis certains sujets entre la note technique du test d'entrée, la note finale et la note du slalom.

Une troisième piste, permettant d'interpréter cette différence, est la présence de femmes dans les échantillons testés. En effet, la population totale est peu nombreuse et il y a en tout 8 femmes pour 18 hommes. Or, la répartition de ces femmes est de 5 pour les novices et 3 pour les chevronnés. En observant les moyennes féminines, malgré le fait que l'analyse statistique n'a permis d'en tirer aucune conclusion, nous remarquons que ces dernières font descendre la moyenne générale. Par conséquent, la différence est plus importante chez les novices où les femmes sont plus nombreuses. Cette idée est renforcée par le fait que les femmes sont naturellement moins performantes que les hommes.

La dernière remarque est que les hauteurs des CMJ sont significativement plus "différentes" que celles des SJ selon les niveaux. En effet, tous les sujets n'étaient pas habitués au SJ et étaient automatiquement poussés à un petit contre-mouvement naturel. De ce fait, l'exécution demandait plus de concentration et leurs mouvements se

sont souvent révélés peu optimaux. C'est une des raisons qui explique une différence de hauteur moins significative pour le SJ.

### **6.1.2 Aucune variation significative entre les tests**

Dans l'analyse, quelques tendances de variations ont été soulignées mais, d'un point de vue statistique, la charge apportée par la semaine de ski n'était significativement ni optimale puisqu'elle n'a pas apporté d'améliorations notoires, ni excessive puisqu'il n'y a pas non plus eu de chute de performance. Elle pourrait alors être considérée comme une charge de maintien ou de récupération mais en aucun cas une charge inutile puisqu'il y a eu, malgré tout, quelques variations non significatives.

Un autre aspect à relever est que ni les novices ni les chevronnés n'ont eu de variations assez importantes pour être significatives. Cela vient alors réfuter une des hypothèses, qui stipulaient que la charge serait peut-être trop importante pour des novices qui n'ont que peu d'expériences à ski et donc que leurs performances allaient baisser. Concernant les chevronnés, nous pensions que la charge serait favorable et conduirait vraisemblablement sur une surcompensation après le camp et même durant le camp si le pourcentage "charge – récupération" leur convenait. Cela n'a pas fonctionné dans le sens de l'hypothèse. Une des raisons qui peut venir expliquer le peu de variations est que la population testée se compose uniquement d'étudiants en Sport. Ils sont par conséquent habitués à effectuer des activités physiques quotidiennement durant le semestre. Ils ne sont alors absolument pas sédentaires et disposent d'une excellente forme physique.

Un autre aspect qui peut avoir empêché toutes variations est le type de sauts effectués. En effet, les formes de SJ et CMJ n'étaient que très peu connues des sujets. Au fur et à mesure des répétitions, ces derniers sont devenus plus à l'aise avec ces nouvelles habiletés et des processus d'apprentissage technique se sont mis en place. Cela a peut-être joué un rôle sur l'évolution des performances.

Une autre remarque est que la population n'était que de 26 personnes. Avec un échantillon plus nombreux, certaines variations seraient peut-être devenues significatives.

Un dernier aspect est que malgré la gestuelle proche et l'utilisation des mêmes muscles, la charge apportée par la pratique du ski n'influence pas les performances aux SJ, CMJ short/long. Cela peut être expliqué de plusieurs manières : la première est que la

pratique du ski est malgré tout trop éloignée des mouvements de sauts pour apporter des variations. Une seconde hypothèse concerne la charge apportée par le ski. Il a été expliqué dans la théorie que la charge pouvait être séparée en plusieurs sections : la durée, l'intensité, la densité et la complexité. En prenant les critères les uns après les autres, la durée sur la neige et l'intensité apportée par la pratique du ski sont importantes. En effet, Ferguson (2009) a expliqué que l'effort se situait à 80% de la  $FC_{max}$ . Pourtant, la densité de la charge d'entraînement apportée par la pratique du ski reste faible. En citant Grappe (2009, p.91), la densité de la charge exprime le rapport entre le temps à skier réellement et le temps de récupération sur les installations ou pendant les explications. En effet, Seifert & al. (2009) ont expliqué dans une étude que sur une durée générale de 2 heures de ski, le temps effectif de ski n'était que de 27 minutes. Cela nous indique que la proportion du ski par rapport à la récupération est faible. En résumé, malgré une longue durée et une forte intensité sur les skis, la densité est trop faible pour atteindre le seuil.

### **6.1.3 Analyse des variations de hauteurs**

Le point précédant a expliqué les raisons possibles au fait qu'il n'y a eu aucune variation significative de performances apportées par la semaine de ski. Dans l'analyse des graphiques, nous avons pourtant relevé que l'ensemble de la population avait eu tendance à faire la meilleure performance de hauteur au pertest pour le SJ et CMJ short tandis le CMJ long avait tendance à baisser test après test.

La première remarque est que le skieur est avant tout dans un régime de contractions isométriques ou de contractions de faible amplitude. Il n'effectue que très rarement d'importantes flexions/extensions. De ce fait, les contractions s'apparentant aux SJ et CMJ short sont beaucoup plus présentes dans la pratique du ski que dans celle du CMJ long. De plus, les résultats ont démontré que de nombreux SJ avaient été réalisés avec un contre-mouvement minime.

L'hypothèse est alors que la pratique du ski a apporté de faibles améliorations aux SJ et CMJ short du fait qu'ils ont le même régime de contractions. Le schéma de surcompensation a été expliqué et démontré dans la théorie. Il peut être appliqué à la semaine de ski de manière quotidienne. En effet, les sujets ont amélioré chaque jour leurs performances de sauts grâce à la pratique du ski. En étant sur la neige, ils ont subi une diminution passagère de leur capacité de performance ainsi que pendant les



premières heures de récupération. Durant le temps libre après le ski et en dormant, il y a eu une restauration de leur capacité de travail aboutissant sur une très légère surcompensation. En skiant à nouveau le lendemain, une nouvelle charge d'entraînement vient s'ajouter. A la fin de la semaine le cumul des charges a apporté, comme le montre les tendances, un léger effet de surcompensation. Entre le camp et le posttest, un retour graduel à la performance de base a eu lieu avec parfois encore une légère surcompensation par rapport au prétest.

En ce qui concerne le CMJ long, les contractions de grande amplitude sont restées très rares dans la pratique du ski et par conséquent, aucun entraînement conduisant à une amélioration de la performance n'était présent. De plus, le fait qu'il n'y avait aucun effet bénéfique sur le CMJ long, ce dernier a subi les effets généraux, apportés par la fatigue de la semaine. C'est pourquoi la baisse de hauteur peut en partie être expliquée par une réduction de la coordination neuromusculaire.

Une dernière remarque concerne l'interprétation de la charge apportée par la semaine: il a été expliqué dans l'analyse statistique que la charge interne et la charge externe pouvaient être considérées comme semblables en fonction des niveaux de performance à ski. C'est à dire que les chevronnés n'ont pas significativement plus de TRIMPS et de kilomètres. La question posée était de savoir si les novices allaient récupérer de ces charges de la même manière. En observant les variations de hauteurs, nous pouvons confirmer que c'est bien le cas car novices et chevronnés suivent exactement les mêmes tendances.

#### **6.1.4 Différences entre les trois types de sauts**

**Hauteur :**  $CMJl > CMJs > SJ$

En commençant par le Squat Jump, la théorie explique sa faible performance par rapport au CMJ car ce saut n'est constitué que d'une poussée concentrique sans contre-mouvement. La hauteur sera en conséquence plus faible que pour le CMJ. Bosco (1992, cité par Dufour 2009, p. 113) pense qu'il est impossible d'avoir des performances similaires au SJ et CMJ et que cela peut venir uniquement d'une mauvaise exécution du SJ.

En ce qui concerne la différence entre le CMJ short et long, c'est le chemin d'impulsion qui varie, donc le temps d'application de la force. Dufour (2009, p.19) explique qu'en

accentuant la flexion, il y aura une augmentation de l'impulsion et par conséquent une meilleure hauteur.

**Force : CMJs > SJ > CMJl**

Dans la partie théorique, il est également expliqué le pourquoi de la valeur supérieure de la force d'un CMJ short par rapport à un CMJ long. Innocenti & al (2006, cité par Dufour 2009, p. 113) ont étudié la qualité du contre-mouvement. Ils en ont déduit que plus la contre-mouvement sera court, meilleure sera la montée de force concentrique. Lors du CMJ short, il a été demandé aux sujets d'effectuer un contre-mouvement le plus court et dynamique possible.

La différence entre le CMJ long et le SJ peut être exposée de différentes manières. Tout d'abord le CMJ long obtient les meilleures hauteurs sans pour autant développer la meilleure force ainsi que la meilleure vitesse. Il tire alors son avantage du chemin d'impulsion et est, par conséquent, plus performant. La longueur du chemin d'impulsion rend également plus difficile le maintien d'une longue montée de force et cela explique peut-être le peu de force déployé. En ce qui concerne le SJ, il n'a besoin d'aucun contre-mouvement, mais uniquement d'une poussée concentrique. Or, de nombreux sujets n'ont pas réussi à effectuer ce mouvement sans pré-étirement et cela peut aussi expliquer que le SJ est plus proche du CMJs que du CMJl

**Vitesse: CMJs > CMJl > SJ**

Concernant les vitesses, la répartition est aussi expliquée par le fait que le SJ part à une vitesse zéro alors que les CMJ ont l'avantage d'un contre-mouvement. Le temps de couplage apporté par ce dernier avantage ici les CMJ. La différence entre les CMJ est également à chercher du côté de l'amplitude de l'impulsion.

Une dernière remarque concerne le fait que hauteur, force et vitesse n'évoluent pas de la même manière, quel que soit le type de saut. On remarque qu'il peut y avoir une amélioration de hauteur sans pour autant avoir une amélioration de vitesse et de force. Au contraire, une amélioration de force et de vitesse n'engendre pas forcément une meilleure hauteur. Des aspects comme la coordination inter/intramusculaire, expliqués dans la théorie viennent justifier ce phénomène. De plus, du fait que le contre-mouvement reste libre, à part la distinction short/long, de petites modifications du

chemin de flexion–extension influencent considérablement les résultats de puissance, de force et par conséquent la vitesse. C'est pourquoi la valeur de hauteur doit être utilisée comme référence comme l'explique le Quick Start Myotest (2008, p.14).

## **6.2 Points forts et limites du travail**

Le point fort de ce travail est avant tout que le protocole a scrupuleusement été respecté. Le manque de variations significatives ne peut être remis en cause. Un autre aspect positif est qu'il y a très peu d'études sur le ski à cause de la difficulté de leur mise en place et des conditions extérieures. Or, pour ce travail, les appareils de mesure se sont révélés des plus pratiques. L'utilisation du Myotest pour suivre la performance est très utile et surtout, cet appareil est aisé à transporter. Pour mesurer la charge interne et externe, le matériel a aussi bien fonctionné et n'a pas exigé une grande organisation.

Un autre point positif est d'avoir fait la distinction entre le CMJ short et long. En effet, les tendances ont montré que les résultats de ces deux sauts ne varient absolument pas de la même manière. Cela confirme que la pratique du ski mettra plus le sportif dans un régime de contractions courtes comme le CMJ short.

S'agissant des limites de ce travail, l'analyse a démontré uniquement une différence significative de hauteur entre les deux groupes mais la semaine de ski n'a statistiquement rien apporté au niveau des variations de performances aux SJ, CMJ short/long. Il y a de nombreux facteurs qui peuvent expliquer ce résultat. La première raison pourrait être la taille de l'échantillon à disposition qui n'est pas assez représentative. En effet, il aurait fallu au minimum 30 personnes. Au début de travail, la population était de 40 skieurs. D'autres tendances se seraient peut-être dégagées avec ce plus grand nombre.

Un autre aspect est que la semaine d'entraînement faisait partie d'un cours universitaire, où il y avait très peu de place au ski libre. Cela était intéressant au niveau de la charge commune mais n'a montré aucune variation significative. Un dernier critère était que l'échantillon se composait uniquement d'étudiants en Sport qui ont, tout au long de l'année, une grosse charge hebdomadaire. Cela aurait pu être intéressant d'avoir une partie de l'échantillon ne pratiquant que peu d'activités physiques.

Une autre limite est l'emploi du Myotest et de ses sauts. Les sujets n'avaient pas l'habitude de travailler avec le SJ, CMJ short et long. Le fait que ce soit une nouvelle

gestuelle a peut-être créé des biais. En effet, ces gestes exigent une grande précision particulièrement pour le SJ qui est une poussée uniquement concentrique. En observant les courbes des sauts, on remarque que de nombreux Squat Jumps ne sont pas réalisés de manière optimale car on distingue la présence d'un léger contre-mouvement. Il a été expliqué dans la théorie la difficulté de réaliser ce geste car il n'est pas naturel. Le SJ n'est, en conséquence, pas un mouvement optimal car les résultats sont susceptibles d'être biaisés.

### **6.3 Comparaisons des résultats avec d'autres publications**

Il existe plusieurs publications sur la discipline du ski mais elles ne s'intéressent, pour la plupart, qu'uniquement au ski de compétition et aux différences entre les disciplines. Elles confirment aussi que des recherches sur la pratique du ski sont compliquées à mener à cause des conditions environnementales et du terrain de recherche. En effet, les conditions météorologiques, les quantités de neige et d'autres facteurs sont impossibles à reproduire deux fois de suite. De nombreuses études comme Ferguson (2009) se sont surtout intéressées à l'accumulation de sous-produits métaboliques qui entraînaient une baisse de performance. C'est pourquoi nos recherches se sont élargies sur les effets de la fatigue sur la performance en général.

Une étude de Wojtys & al (1996) s'intéresse aux effets de la fatigue sur le quadriceps et les ischio-jambiers. Cette analyse a retenu notre attention car elle porte sur les mêmes muscles que la pratique du ski. Il a été démontré un ralentissement de la réaction musculaire dû à la fatigue mais également à une augmentation de la laxité du genou sans pour autant changer l'ordre de recrutement des unités motrices. C'est ce qui explique un haut risque de lésion du genou dans les sports très éprouvants physiquement. Cela aurait pu être le cas pour le groupe novice dans notre étude si la charge d'entraînement avait été trop excessive. Cependant, dans le présent travail, la charge apportée par la semaine de ski n'a pas engendré une fatigue significative pouvant recréer les effets détectés par Wojtys & al.

Turnbull & al (2008) ont retracé dans un article toutes les études portant sur la pratique du ski de haut niveau. Une partie présente les caractéristiques de force intéressantes pour notre travail. Bacharach & Duvillard (1995, cité par Turnbull & al. 2008, p 148) ont d'abord prouvé qu'il n'y avait aucun paramètre physiologique pouvant significativement prédire ou créer un bon coureur à ski. Berg & al. (1995) ont expliqué que les skieurs

étaient connus pour avoir beaucoup de force dans les jambes. Neumayr & al. (2003) ont également attesté que le fait d'avoir beaucoup de force était déterminant pour la pratique du ski. Cependant, Andersen & Montgomery (1988) ont démontré qu'il n'y avait aucune corrélation entre la force et le classement mondial. Pour continuer, Berg & Eiken (1999) ont exposé que les skieurs développaient une force importante lors de mouvements lents. Pourtant, lors de mouvements rapides, leur force n'était significativement pas supérieure à une autre population de sportifs. Cette partie vient consolider notre recherche puisque c'est exactement ce qui s'est passé dans nos tests. En effet, il n'a été révélé aucune différence significative de développement de force dans le SJ et le CMJ short entre notre population de novices et de chevronnés. Cependant, une différence de force significative s'est révélée lors du CMJ long qui peut être considéré comme le saut le plus ample des trois à cause de son long contre-mouvement. C'est exactement ce que Berg & Eiken ont décrit.

En résumé, l'analyse de ce travail n'est pas venue affirmer ou infirmer les résultats d'autres études puisque ce sujet n'a pas encore été traité avec précision.

#### **6.4 Perspectives de nouvelles questions de recherches**

Ce travail a apporté de nombreuses pistes pour de nouvelles recherches. La première serait de le refaire en améliorant les aspects expliqués dans les limites pour pouvoir définitivement démontrer si une semaine de ski a de l'influence sur les performances de sauts tels que les SJ, CMJ short et long. Ce protocole pourrait également être mis en place sur une saison entière car l'analyse a démontré qu'il y avait malgré tout certaines tendances de variations de performance.

Il serait également intéressant mais plus compliqué de rajouter le test de l'évolution de la force maximale isométrique. En effet, la théorie et les différentes études se rejoignent pour révéler que les contractions de types isométriques et excentriques sont majoritairement présentes dans la pratique du ski.

La prise en compte d'une plus grande population des deux sexes pourrait également être des plus intéressantes. En effet, les filles, malgré le fait qu'elles n'étaient pas assez nombreuses pour être représentatives, ont montré des tendances à être plus sensibles aux variations de performances.

Une autre idée apportée par le travail serait de mener l'analyse d'une manière totalement différente. Il faudrait examiner une population de skieurs novices à moyens

et analyser leurs performances sur les mêmes types de sauts. Il s'agirait alors de prédire que le groupe avec les meilleures caractéristiques de détente à partir de la médiane des hauteurs, par exemple, serait également celui qui progresserait le plus rapidement à ski. Cela pourrait alors être comparé avec les résultats finaux en cherchant une corrélation.

Dans le travail, la charge interne a été exprimée grâce aux TRIMPS. Or, le groupe des chevronnés avait tendance à avoir des valeurs de TRIMPS plus élevées et des performances significativement plus élevées. Il serait intéressant de retenter cette corrélation avec une population plus nombreuse. Pour cela, la population testée pourrait être plus étendue sur le point de l'homogénéité et surtout avec plus de temps à disposition pour skier librement.

Une dernière idée de recherche serait de prendre une population de jeunes cadres de Swiss Ski en ski alpin et freestyle. Des études ont prouvé que les contractions musculaires étaient principalement isométriques et excentriques sauf en freestyle, où la part de concentrique est importante. Ce serait alors intéressant de mener le même protocole lors d'une semaine d'entraînement et d'analyser quelle population a les meilleures performances aux tests de sauts, de voir comment ces dernières varient et si leurs charges interne/externe sont proportionnelles.

## 6.5 Conclusion

L'objectif de ce travail était l'analyse de l'impact d'une semaine intensive de ski sur les performances au Squat Jump, Counter Movement Jump short and long. La population examinée comprenait deux niveaux, novices – chevronnés. Un deuxième aspect de la recherche était d'étudier une éventuelle différence de performance entre les deux groupes précités.

L'analyse statistique a démontré que la semaine de ski n'engendrait aucune variation de performance sur les sauts testés et ceci dans aucune des deux populations. Par contre, il existe une différence significative de niveau dans le sens où les chevronnés ont sauté à chaque fois plus haut et ont développé plus de force au CMJ long. Des liens avec la partie théorique ont ensuite été tirés pour expliquer ces résultats dans la discussion.

Ce travail de Master s'est révélé captivant bien que les résultats de l'analyse n'aient pas confirmé toutes les hypothèses de base. Il conclut à merveille l'obtention d'un Master en Science du Mouvement et du Sport dans le sens où les tâches de recherche ont été menées dans leur intégralité et sur plusieurs fronts. En effet, les travaux précédents se caractérisaient souvent par leurs aspects plutôt théoriques ou, uniquement par l'utilisation des études scientifiques pour expliquer tel ou tel phénomène. Ici, la procédure a été enrichissante car elle a commencé par la recherche d'hypothèses. Puis tout un cadre théorique a été élaboré pour couvrir l'ensemble du thème. Dans la méthode, un protocole précis a été choisi et a été scrupuleusement respecté. Il a également été profitable de mener une étude sur une population importante qui a nécessité de solutionner de nombreux aspects organisationnels. Ensuite, les résultats de l'analyse statistique ont pu être comparés au cadre théorique. Le chapitre des points forts et des limites n'était pas habituel par rapport aux précédents travaux. En effet, cette recherche se déroulant sur un semestre, la remise en question au sujet du bon/mauvais fonctionnement a été des plus formatrice. De plus, la consultation d'études scientifiques a apporté du sens au travail et de nombreuses perspectives de nouvelles questions de recherche sont apparues.

En conclusion, ce travail est tout à fait approprié comme exercice final pour l'obtention d'un Master. Il résume à merveille les connaissances acquises durant les études universitaires.

## 7 Bibliographie, annexes et remerciements

### 7.1 Bibliographie

#### Littérature

- ALBERT Mark. (1997). *Entraînement musculaire et isocinétisme excentrique, en pratique sportive et rééducation orthopédique*. traduit de l'anglais par Eric Viel. préface de Francis Goubel. Masson. Paris
- CARON Olivier. (2005). *Ski, Carver comme les champions*. Amphora
- CARRIO Christophe. (2008). *Echauffement, gainage et plyométrie pour tous, de l'entretien à la performance : développez votre explosivité !* Amphora. Paris
- CARRIO Christophe. (2001). *Plyométrie et performance sportive*. Amphora. Paris
- COMETTI Gilles. (2012). *Entraînement de la vitesse*. Chiron
- COMETTI Gilles et Dominique. (2012). *La pliométrie, méthode de restitution d'énergie au service de la performance sportive*. Chiron
- COSTILL D.L – WILMORE J.H. (2006). *Physiologie du sport et de l'exercice*. 3<sup>e</sup> édition. de boeck
- COSTILL D.L – WILMORE J.H. (2009). *Physiologie du sport et de l'exercice*. 4<sup>e</sup> édition. de boeck
- DUFOUR Michel. (2009). *Les diamants neuromusculaires, Les qualités physiques, Tome I : explosivité et la puissance musculaire*. Volodalen
- DUFOUR Michel. (2011). *Le puzzle de la performance, Tome IV : Les qualités physiques*. Volodalen
- FELLOWS Chris. (2011). *Total Skiing*, Human Kinetics
- GARDIENT Vali. (2010). *Sports de neige en Suisse, Volume 2 : Ski*. Swiss Snowsports Association
- GRAPPE Fred. (2009). *Cyclisme et optimisation de la performance*. 2<sup>e</sup> édition. édition de Boeck
- LINDNER Klaus. (2013). *SKIFAHREN- Das Buch, Material und Technik*. neuman-medien
- MARIN L. DANION F. (2005). *Neurosciences, Contrôle et apprentissage moteur*. Editions Ellipses
- MOUGEL Jean-Philippe. (2005). *Préparation physique du skieur*. Editions Amphora
- MUELLER Stephan. (2010). *Sports de neige en Suisse, Enseignement des sports de neige*. Swiss Snowsports



REISS D & Dr PREVOST P. (2013). *La bible de la préparation physique*. Amphora  
SCHMIDT R. A. (1993). *Apprentissage moteur et performance*. Vigot  
VIGNAU. (2010). *Ski alpin, Techniques & Apprentissages, Du débutant à l'expert*. 2<sup>e</sup> édition.  
Editions GAP

### **Etudes et Articles**

BERG H & EIKEN. (1999). Muscle control in elite alpine skiing, in *Medecine & Science in Sports & Exercise*. Volume 31 (7), pp 1065-1067  
BRUHN S, KULLMANN N, GOLLHOFER A. (2004) The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance. *In Int J Sports Med*. (1):56-60.  
FERGUSON Richard A. (2009). Limitations to performance during alpine skiing, *Experimental Physiology – Themed Issue Review, 2010 The Physiological Society, School of Sport, Exercise and Health Sciences, Loughborough University, Leicestershire LE11 3TU. UK*  
GEAR W.S. (2011). Effect of Different Levels of Localized Muscle Fatigue on Knee Position Sense, *In Journal of Sports Science & Medicine*  
GRUBER M, GOLLHOFER A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *In Eur J Appl Physiol*. 2004 Jun;92(1-2):98-105. Epub 2004 Mar 13.  
HEBERT-LOSIER K. SUPEI M. HOLMBERG HC. (2014). Biomechanical factors influencing the performance of elite alpine ski, *In Sports Medicine*, Apr. 2014  
HINTERMEISTER RA. O'CONNOR DD, DILLMAN CJ & al. (1995). Muscle activity in slalom and giant slalom skiing, *In Medicine & Science in Sports & Exercise*  
HYDREN JR, KRAEMER WJ, VOLEK JS. (2013). Performance changes during a weeklong high-altitude alpine ski-racing training camp in lowlander young athletes. *In J Strength Cond Res*. 2013Apr;27(4):924-37.doi: 10.1519/JSC.0b013e31827a9c62.  
KIRYU T. MURAYAMA T. USHIYAMA Y. (2011). Influence of muscular fatigue on skiing performance during parallel turns, *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*,  
MUELLER E, GIMPL M, KIRCHNER S. (2011). Salzburg Skiing for the Elderly Study: influence of alpine skiing on aerobic capacity, strength, power, and balance in Scand J *Med Sci Sports*. 2011 Aug;21 Suppl 1:9-22. doi: 10.1111/j.1600-0838.2011.01337.x.

SCHEIBER P. SEIFERT J. MUELLER E. (2012). Relationships between biomechanics and physiology in older, recreational alpine skiers, In *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*

SEIFERT J. KRÖLL J. MUELLER E. (2009). The Relationship of heart rate and lactate to accumulative muscle fatigue during recreational alpine skiing, in *The Journal of Strength & Conditioning Research*

TAUBE W. KULLMANN N. LEUKEL C. (2007). Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes. In *Int J Sports Med.* 2007 Dec;28(12):999-1005

TESCH PA. (1995). Aspects on muscle properties and use in competitive Alpine Skiing, In *Medicine & Science in Sports & Exercise*

TURNBULL J.R. KILDING A.E. KOEGH W.L. (2008). Physiology of alpine skiing, Institute of Sport and Recreation Research New Zealand, Faculty of Health and Environmental Sciences, AUT University, Auckland, New Zealand, 2New Zealand Academy of Sport: Winter Performance Programme

WOJTYS E. BRADFORD B. HUSTON L. (1996). The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees, In *The American Journal of Sports Medicine* Vol. 24, No. 5

### **Support de Conférence**

FLACTION P (2011), *L'intérêt de l'accéléromètre dans l'entraînement*, Conférence donnée à l'Université de Bruxelles, 03.2011

### **Support de Cours**

ROUVENAZ Alain. (2009). *Du débutant au pratiquant chevronné*, ski unifr

### **Sites internet**

[www.myotest.ch](http://www.myotest.ch) (consulté à de nombreuses reprises durant tout le travail)

[www.volodalen.com](http://www.volodalen.com) (consulté à de nombreuses reprises durant tout le travail)

[www.polar.com](http://www.polar.com) (consulté le 18 avril 2014)

[www.suva.ch](http://www.suva.ch) (consulté le 20 avril 2014)

[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/) (consulté à de nombreuses reprises durant tout le travail)

## 7.2 Annexes

Annexe 1 : Calendrier de la semaine de ski

Programme de formation ski à La Lenk du 19 au 24 janvier 2014					
	Di 19 janvier	Lu 20 janvier	Ma 21 janvier	Me 22 janvier	Je 23 janvier
7h30		Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner
8h00		Analyse Vidéo Objectifs journaliers			
9h30	Accueil Télécabine Metsch/Lenk	Ski en classe	Ski en classe Formation technique- méthodologique	Ski en classe	Examens
11h30	Ski en classe Formation technique, (p 38, 40, 61, 67 SSS) (p 37, 27 unifr)	Formation technique (p. 32-35 unifr - 38-78 SSS)	Ateliers "débutants"	Formation technique et méthodologique, selon plan AR	Examen SG
12h00	Repas	Repas	Repas	Repas	Repas
13h30	demo formes d'examen				Remise des locaux
16h30	Ski en classe suite enregistrement vidéo	Ski en classe Formation technique et méthodologique (p 28-31 unifr -38, 40, 61, 67 SSS)	Ateliers Saut/ Slalom G et II	Ateliers Saut/ Slalom G et II	option "kids", "freestyle", "ski en formation"
18h00	Accueil à l'Hôtel d'Hahnenmosspass	Travail vidéo	Travail vidéo (facultatif)	Entraînement personnel avec prise vidéo facultative	Activité récréative
19h00	Repas	Repas	Repas	Repas	Repas
20h30	Organisation de la semaine	Théorie "technique, pédagogie méthodologie"	Théorie "technique, pédagogie méthodologie" (suite)	Organisation du SG Administration	Préparatifs pour le retour à Fribourg
	Analyse Vidéo	Entretien du matériel ou tracage		Entretien du matériel ou tracage	
					Départ de la Lenk

Fig. 18: Calendrier de la semaine de ski

### **7.3 Déclaration Personnelle**

*« Je sous-signé François Kolly certifie avoir réalisé le présent travail de façon autonome, sans aide illicite quelconque. Tout élément emprunté littéralement ou mutatis mutandis à des publications ou à des sources inconnues, a été reconnaissable comme tel. »*

Lieu, date : Villarsiviriaux, le 30 juin 2014

Signature

### **7.4 Droits d'auteur**

*« Je sous-signé François Kolly reconnais que le présent travail est une partie constituante de la formation en Sciences du Mouvement et du Sport à l'Université de Fribourg. Je m'engage donc à céder entièrement les droits d'auteur – y compris les droits de publication et autres droits liés à des fins commerciales ou bénévoles – à l'Université de Fribourg. La cession à tiers des droits d'auteur par l'Université est soumise à l'accord du sous-signé uniquement.*

*Cet accord ne peut faire l'objet d'aucune rétribution financière »*

Date : le 30 juin 2014

Signature

### **7.5 Remerciements**

*« Au terme de ce travail, je tiens à remercier les personnes qui m'ont aidé à le réaliser. Tout d'abord, merci à Alain Rouvenaz pour son suivi et ses conseils. Je remercie également Didier Staudenmann pour son point de vue plus scientifique. Je remercie chaleureusement tous les participants du camp de ski qui m'ont accordé leur temps pour les tests et mes questions. Un grand merci à Yves-Alain Kuhn pour sa précieuse aide concernant la partie statistique. En dernier lieu, merci à Monique Kolly pour avoir lu et corrigé le présent travail. »*