



**Université de Poitiers**  
Faculté des sciences du sport



# **Diplôme d'Université** **Évaluation et préparation physique**

Année universitaire 2019-2020

Dossier

## **INTERÊT DE LA PLIOMETRIE DES MEMBRES INFÉRIEURS DANS LA PRÉPARATION PHYSIQUE DES JEUNES GOLFEURS**

Remis par

**Simon GARRO**

## REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord remercier le **Professeur Laurent Bosquet** ainsi que l'ensemble des intervenants pour l'organisation du Diplôme Universitaire d'Evaluation et Préparation Physique au sein de la faculté des Sciences du Sport de Poitiers et leurs abnégations à nous proposer des solutions dans un contexte sanitaire compliqué.

Je remercie également **Laurent Poncelet**, Head-coach du golf d'Hossegor, qui avait accepté que j'intervienne auprès de ses jeunes joueurs afin de réaliser une étude pratique sur le thème de ce travail. Étude qui n'a pu être réalisée en raison de la crise sanitaire. Merci également pour le partage du questionnaire. Je remercie également **Thomas Brégeon**, coordinateur fédéral de la préparation physique au sein de la Fédération Française de Golf, qui avait également accepté de m'accueillir pour un stage d'observation au Centre de la Performance.

Merci à **Philippe Uranga**, Conseiller Technique Régional de la ligue de Nouvelle-Aquitaine de Golf, à **Jérôme Barrere**, Conseiller Technique Fédéral et à **Philippe Vignon**, Président de l'Association Française des Kinésithérapeutes et Ostéopathes du Golf pour le partage du questionnaire auprès des joueurs.

Je remercie également **Paul-Arnaud Boyse**, confrère masseur-kinésithérapeute, pour ses conseils avisés et j'ai également des remerciements pour **Antoine Duffranc** et **Vincent Lagardère**, également masseurs-kinésithérapeutes, avec qui j'ai fondé l'association Physio Golf Prévention.

Enfin, je remercie ma conjointe **Marine**, pour ses conseils, son écoute et son soutien dans une année 2020 particulièrement chargée de projets personnels et professionnels qui nous amènerons vers un futur radieux.

## SOMMAIRE

<b>1. Introduction et méthode.</b>	<b>1</b>
1.1 Introduction.	1
1.2 Méthode.	2
<b>2. Développement moteur de l'enfant et les recommandations.</b>	<b>2</b>
2.1 Le développement moteur de l'enfant.	2
2.2 Les recommandations.	2
<b>3. La spécialisation et le cas des jeunes golfeurs français.</b>	<b>4</b>
3.1 La spécialisation.	4
3.2 Les risques de la spécialisation des jeunes sportifs.	4
3.3 Étude superficielle de la pratique physique des jeunes golfeurs en France.	5
<b>4. Les qualités requises pour le haut niveau en golf.</b>	<b>6</b>
4.1 Le swing de golf.	6
4.2 Quelle dépense énergétique ?	7
4.3 Les qualités physiques nécessaires au haut niveau.	8
<b>5. La pliométrie.</b>	<b>9</b>
5.1 Définition de la pliométrie.	9
5.2 Effets de l'entraînement en pliométrie.	10
5.3 Méthodes d'entraînement et golf.	11
<b>6. Type de pliométrie pour les golfeurs et mise en pratique.</b>	<b>11</b>
6.1 Le type de pliométrie adapté à la pratique du golf.	11
6.2 Les recommandations pour les jeunes golfeurs.	12
6.3 Mise en pratique.	13
<b>Conclusion</b>	<b>15</b>

## BIBLIOGRAPHIE

## ANNEXES

## **1. Introduction et méthode.**

### 1.1 Introduction.

Le golf est arrivé en France au début du 19<sup>ème</sup> siècle (Liets, 2020). Apparu une première fois aux Jeux Olympiques en 1900 et 1904, il est réintroduit aux Jeux Olympiques de Rio en 2016 (Comité International Olympique, 2018). En France, en 2018, il s'agissait du 7<sup>ème</sup> sport le plus pratiqué en nombre de licenciés (Ministère des Sports, 2018).

Tiger Woods est l'un des premiers golfeurs à avoir introduit la préparation physique dans son sport, faisant rentrer la discipline dans une dimension athlétique (McCord, 2015) et médiatisant le sport dans le monde entier (Farraly, 2003). La préparation physique est ainsi devenue la norme pour tous les golfeurs professionnels (McCord, 2015). De plus, les progrès de la science et encore plus ceux de la technologie d'analyse de swing permettent à ce jour d'élaborer des programmes de préparation particulièrement efficaces (Seijas, 2018).

Cependant, au cours de mes interventions en tant que masseur-kinésithérapeute de la Ligue de Nouvelle-Aquitaine de Golf, j'ai pu observer que la préparation physique en France est peu répandue et que la dimension physique de ce sport est souvent mise de côté dans la formation des jeunes golfeurs. Plusieurs raisons sont possibles : la pratique du golf est chronophage ; absence de préparateur physique au sein des clubs; problème de coûts de l'encadrement ; méconnaissances des entraîneurs et/ou volonté de ne pas réduire le travail technique au bénéfice du travail physique ; croyances selon lesquelles le golf est un sport majoritairement technique et stratégique plutôt que physique. Ainsi, certains joueurs augmentent très précocement le temps de travail technique au détriment de toute autre activité physique ce qui n'est pas sans conséquences sur le développement de l'enfant, sur sa santé et sur ses performances. Les joueurs se retrouvent à la fin de leur croissance avec un déficit de conditions physiques, d'acquisitions d'habiletés motrices notamment par rapport aux anglo-saxons ce qui se traduit par un déficit de performance à un niveau international qu'il est ensuite difficile de rattraper. Après avoir quantifié ce phénomène de spécialisation précoce par une étude superficielle, je me suis ainsi interrogé sur la manière de palier à cette tendance et à ce déficit physique.

Ce travail, en s'appuyant sur les recommandations de stimulations physiques de l'enfant et sur les qualités physiques nécessaires à la pratique du golf, a pour objectif de discuter de l'intérêt de la pliométrie des membres inférieurs dans un rôle de diversification des sollicitations physiques face à la spécialisation, d'aide au développement et d'amélioration de la performance.

## 1.2. Méthode.

J'ai donc porté cette revue de littérature sur les questions de recherche suivantes : « Quelles sont les recommandations pour le développement moteur de l'enfant ? Quelles sont les qualités physiques nécessaires au golf et comment les développer ? ». J'ai ainsi identifié les mots clés suivants : golf, enfants, développement moteur, spécialisation, swing, qualités physiques, pliométrie, renforcement musculaire. La recherche a été réalisée sur les titres, mots clés et résumés des bases PubMed et Em Consulte. Les critères d'inclusion ont été les suivants : études sur les qualités physiques nécessaires au golf et sur leur développement, études sur le développement moteur et les études sur la spécialisation sportive. La population de ces études concerne tous les âges et tous les niveaux sportifs.

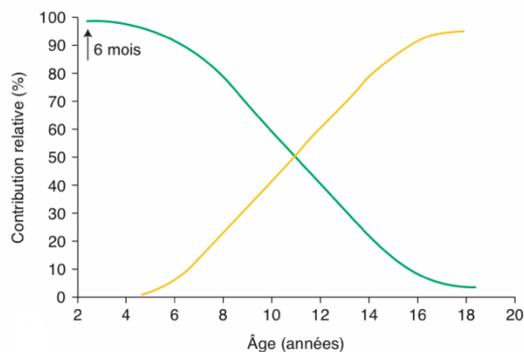
## **2. Développement moteur de l'enfant et les recommandations.**

### 2.1. Le développement moteur de l'enfant.

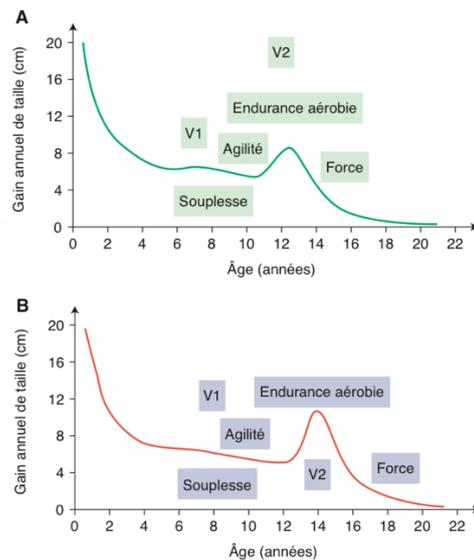
Le développement moteur de l'enfant est un long processus de plusieurs années qui commence dès la naissance. Il consiste à la mise en place de programmes moteurs de base qui vont se perfectionner et qui peuvent être divisés en trois catégories : les habiletés locomotrices, non locomotrices et de réception/projection d'objets (Dugas, 2012). Dans un tableau, Dugas (2012) (Annexe 1) résume bien l'évolution de la motricité de 2 à 9 ans. Ainsi, à partir de 3 ans, l'enfant peut courir, sauter et pivoter. Entre 4 et 6 ans, il peut commencer à lancer avec une rotation du corps autour de l'axe vertical, courir et sauter en longueur. Entre 5 et 9 ans, l'enfant améliore la perception de son corps dans l'espace ce qui lui permet de mieux dissocier le haut du bas du corps, un membre du membre controlatéral et donc de mieux coordonner ses mouvements. Après 9 ans, soit l'âge pré-pubère, l'enfant développe sa condition physique et perfectionne son répertoire moteur (Grélot, 2016) jusqu'à 15-16 ans grâce aux adaptations du système neuro-musculaire (augmentation de la masse musculaire, amélioration de la commande nerveuse et de la coordination intermusculaire, amélioration de l'utilisation de l'énergie élastique) et du système cardio-vasculaire (Duche, 2009).

### 2.2. Les recommandations.

En tenant compte de l'âge des joueurs et de leur stade de développement, des recommandations peuvent être faites quant aux objectifs d'apprentissage de la motricité et donc du type d'activité physique à pratiquer (Grélot, 2016).



**Fig. 1.** Changement de nature de l'activité physique en fonction de l'âge. Courbe verte : développement des habiletés motrices générales ; courbe jaune : développement des aptitudes spécifiques. (Grélot, 2016)



**Fig. 2.** Périodes favorables au cours de la croissance des filles et des garçons pour développer les capacités physiques. V1 et V2 : première et deuxième phases de vitesse. A. Fille. B. Garçon (Grélot, 2016)

Avant le début de la puberté (entre 10 et 12 ans), il est recommandé de cibler des habiletés motrices d'ordre général puis, il est nécessaire qu'elles soient plus spécifiques à la discipline sportive (Figure 1). De manière plus précise, aux âges de 6-8 ans pour les filles et 6-9 ans pour les garçons, les apprentissages devraient concerner la condition motrice générale (agilité, coordination, équilibre, vitesse, souplesse). Dans la mesure où les qualités physiques ne sont pas mises à contribution également dans tous les sports, cette période est idéale pour pratiquer des sports divers et variés. Ensuite, de 8 à 11 ans pour les filles, de 9 à 12 ans pour les garçons, l'apprentissage des habiletés motrices de base devrait s'opérer en devenant un peu plus spécifique et en attaquant le travail de l'endurance aérobie. La période post-pubère correspond à la période propice pour développer la condition physique et perfectionner le répertoire moteur. Le travail de force peut ainsi être entamé globalement après 15-16 ans (Figure 2). Néanmoins, avant la puberté, des gains de force et de puissance peuvent se faire grâce à l'amélioration de la coordination et de l'activation neuromusculaire. Il faut donc diversifier au maximum les sollicitations physiques avant la puberté pour s'orienter ensuite sur un travail plus spécifique.

### **3. La spécialisation et le cas des jeunes golfeurs français.**

#### 3.1. La spécialisation.

Le terme de spécialisation peut-être défini comme un entraînement intense, sur une année, dans un seul sport et avec une exclusion des autres sports (Jayanthi, 2013). Cette définition a été complétée par trois paramètres : un entraînement exclusif sur plus de 8 mois par an, le fait d'avoir choisi un seul et unique sport pratiqué et d'avoir volontairement quitté d'autres sports pour n'en pratiquer qu'un (Jayanthi, 2015).

Des études ont été faites sur la spécialisation des jeunes entre 8 et 18 ans (Carlson, 1988; Gullich, 2016; Smith 2017; Ahlquist, 2020 ; Buckley, 2020 ; Giusti, 2020). Certaines parlent de spécialisation précoce avant l'âge de 18 ans (Smith, 2017) tandis que d'autres amènent les notions de spécialisation pré et post pubertaire avec un âge pivot à 12 ans. (Jayanthi, 2013). Certains sports ont été étudiés comme le baseball, dans lequel les joueurs professionnels se sont spécialisés autour de l'âge de 14 ans (Buckley, 2020) et le tennis, avec des spécialisations des joueurs professionnels autour de 13-15 ans (Carlson, 1988). Cependant ces études sont peu nombreuses et à ce jour il n'en existe pas sur l'âge moyen de spécialisation des golfeurs.

#### 3.2. Les risques de la spécialisation des jeunes sportifs.

La spécialisation des jeunes sportifs étant de plus en plus précoce et de plus en plus généralisée (Farrey, 2008), il est important de réfléchir aux effets néfastes qu'elle peut amener. Jayanthi (2015) a montré que des athlètes spécialisés âgés de 7 à 18 ans ont 2,25 fois plus de risques de présenter des blessures sérieuses de sur-utilisation. Par ailleurs, le manque de diversité dans les activités physiques ne permet pas aux jeunes sportifs d'acquérir les facultés neuro-musculaires nécessaires au bon développement du corps (Gould, 2004 ; Côté, 2009 ). La spécialisation aurait aussi tendance à diminuer les opportunités sociales (Brenner, 2007) et à altérer la joie de vivre (Jayanthi, 2017). Giusti (2020) a d'ailleurs démontré que la spécialisation est souvent associée à un risque beaucoup plus élevé de burnout, de stress, de détresse psychologique et d'abandon total de la pratique sportive.

Au-delà même de la santé et du développement des jeunes sportifs, il n'est clairement pas démontré que plus la spécialisation est précoce, plus la chance de succès et d'atteinte d'un niveau professionnel est importante, bien au contraire. Des études dans différents sports montrent que les sportifs professionnels se spécialisent plus tard que ceux qui n'ont pas réussi à atteindre un niveau professionnel démontrant ainsi que la spécialisation précoce n'est pas

gage de succès (Carlson, 1988; Güllich, 2016). Cependant, il peut sembler intéressant de développer dès le plus jeune âge la technique dans des sports comme le golf, le tennis ou la gymnastique dans lesquels il est important de développer des habiletés motrices complexes qui s'acquièrent avec un long apprentissage (Feeley, 2015 ; Grélot, 2016).

### 3.3. Étude superficielle de la pratique physique des jeunes golfeurs en France.

Devant l'absence de données concernant la pratique physique des jeunes golfeurs en France, nous avons mené une étude via un formulaire Google Forms®, diffusé par les réseaux sociaux (Facebook®, Instagram®) et par mails auprès de Ligues Régionales et Comités Départementaux (Annexe 2). Il a été choisi que cette étude ne concerne que les jeunes licenciés à la Fédération Française de Golf afin de s'assurer d'une pratique régulière et non de « loisirs ». Il sera considéré comme « jeune », tout joueur âgé entre 6 et 18 ans regroupant ainsi les définitions d'enfants et d'adolescents. Cette fourchette correspond aux âges concernés par les Ecoles de Golf en France.

L'étude (ensemble des résultats en Annexe 3) s'est portée sur 168 golfeurs âgés de 6 à 18 ans. Parmi ces joueurs, 74% sont des garçons et 26% sont des filles. 52% de ces joueurs présentent un index négatif (plus l'index est bas, plus le niveau de jeu est élevé) ou compris entre 0 et 10 ce qui correspond à un excellent niveau de jeu .

**Tableau 1 : Pratique physique des jeunes golfeurs en fonction de l'âge et du niveau de jeu.**

	Index			Age			
	< 10	10 < Index < 30	> 30	6 - 9 ans	10 - 12 ans	13 - 15 ans	16 - 18 ans
Préparation physique golf	65%	29%	7%	0%	30%	60%	50%
Ayant déjà été licencié dans un autre sport	88%	79%	73%	91%	68%	81%	88%
Ayant déjà été licencié dans un autre sport en simultanée avec le golf	64%	50%	43%	50%	42%	61%	63%

Seulement 44% de ces 168 joueurs bénéficient d'une préparation physique spécifique au golf et encadrée par un préparateur physique. Cependant, ce pourcentage augmente nettement avec le niveau de jeu (Tableau 1). Néanmoins, il est difficile de déterminer quel est le lien de cause à effet : les meilleurs joueurs sont-ils meilleurs parce qu'ils suivent une préparation physique ou seuls les meilleurs joueurs bénéficient de l'encadrement pour suivre une préparation physique (pôles, clubs plus importants...)? Une étude plus poussée pourrait y répondre.

Par ailleurs, 44% des joueurs ayant participé à cette étude sont très spécialisés. En effet, ils n'ont jamais pratiqué le golf en simultané avec un autre sport en tant que licencié. Il est possible de constater que les joueurs se diversifient après 12 ans alors que c'est l'inverse qui est préconisé. Enfin, comme d'autres études l'ont montré, les joueurs qui atteignent le meilleur niveau de jeux sont ceux qui sont le plus diversifiés sportivement parlant.

Ainsi, cette étude superficielle met en évidence qu'une part non négligeable des jeunes golfeurs français ont des difficultés à pratiquer le golf en simultané avec un autre sport et qu'ils sont ainsi exposés aux risques liés à la spécialisation. Actuellement, la dimension sportive et l'encadrement physique du golfeur semblent être sous-estimés, même au meilleur niveau.

#### 4. Les qualités requises pour le haut niveau en golf.

##### 4.1. Le swing de golf.

Le swing est l'élément clef du golf et peut être décrit selon plusieurs phases dont le nombre varie en fonction des auteurs et de la précision qu'ils veulent donner. Selon Cole (2016), le swing présente quatre phases : l'adresse, le backswing, le downswing et le follow-through (ou finish) (Figure 3)



**Fig. 3.** Séquence de swing de Rickie Fowler (Golfperformancegroup.com, 2020)

L'adresse correspond au positionnement du joueur face à la balle avant qu'il n'enclenche le mouvement. Elle prend en compte différents éléments : la position de la balle dans son environnement, le type de club joué et la stratégie de jeu (Cole, 2016).

Le backswing démarre lorsque le club s'écarte de la balle et correspond à la prise d'élan du club pour générer de la puissance (Cole, 2016). Le mouvement est initié par le bas du corps et entraîne sur un axe vertical le bassin en rotation droite par une rotation interne de hanche droite et amène le poids du corps sur le pied droit (chez un droitier). Il y a ainsi une mise en tension de la musculature antérieure droite du thorax et fessière droite qui correspond à une

contraction excentrique et à un début de Cycle Etirement-Raccourcissement (CER)(Cheatham, 2000 ; Cole, 2016 ; Seijas, 2018).

Le downswing commence lorsque la tête de club initie son retour en direction de la balle et se finit par l'impact du club sur la balle. Il doit être initié par une forte contraction des fessiers droits et des autres extenseurs du membre inférieur droit (chez un droitier) amenant le bassin en rotation gauche et le poids du corps progressivement sur le pied gauche. Les membres inférieurs contribuent ainsi à 30% du travail et la forte contraction concentrique des muscles préalablement étirés vient conclure le CER entamé lors du backswing générant le maximum de puissance (Cole, 2016). Ainsi, pendant que le bassin continue à tourner vers la gauche (et la cible), suivent successivement le thorax, les bras, les poignets et pour finir la tête de club. Lors de l'impact avec la balle, le bassin se retrouve ainsi en rotation gauche de 40-45° tandis que le thorax reste en rotation droite de 20 à 25°.

Enfin, le swing de golf se termine par le follow-through qui suit l'impact avec la balle et qui correspond à une phase de décélération au cours de laquelle le bassin et le tronc vont finir de s'orienter vers la cible, les bras de se placer au-dessus ou à hauteur de la tête du joueur et le poids du corps de se déplacer sur le pied gauche (Cole, 2016).

#### 4.2. Quelle dépense énergétique ?

Une partie de golf officielle consiste à la réalisation d'un parcours de 18 trous à accomplir en un minimum de coups. Il n'y a pas de durée fixe et une partie peut varier en fonction de la longueur et de la morphologie des parcours, du niveau de jeu, de l'utilisation ou non d'une voiturette, du port du sac de golf sur le dos, sur un chariot ou par un caddy (assistant du joueur) et de la vitesse de marche (Parkkari, 2000). Luscombe (2017) a démontré qu'un joueur de golf effectuant un 18 trous marche entre 8,7 et 11.25 kms en moyenne ce qui est loin d'être négligeable. Holland (2019) a quant à lui estimé qu'un sac de golf pèse en moyenne 12,5 kg. L'utilisation d'un caddy pour porter le sac est d'usage réservée aux joueurs professionnels en compétition. Ainsi, en dehors des compétitions professionnelles, une partie de golf peut se résumer en une alternance de marche avec un sac de 12,5kgs à porter ou pousser et de lancers (swings) le tout sur une dizaine de kms. Thompson (2009) a ainsi classifié la pratique du golf en une pratique à basse intensité physique avec une dépense énergétique estimée à 2,9 MET (Metabolic Equivalent of Task) chez les hommes et 2,1 MET chez les femmes après un 18 trous. Cependant, il n'y a pas d'études réalisées sur la dépense énergétique engendrée par un swing de golf en lui-même.

#### 4.3. Les qualités physiques nécessaires au haut niveau.

Pour Broadie (2014), la capacité à déplacer une balle sur la plus grande distance possible est un des facteurs clefs pour réussir dans le golf et cette capacité est directement liée à la vitesse du club de golf au moment de l'impact entre celui-ci et la balle (Hume, 2005 ; Wells, 2019). Fradkin (2004) a lui montré que l'index des joueurs est étroitement corrélé à la vitesse de club. Ainsi, pour être performant au golf, en dehors de la technique du swing et du putting, il faut pouvoir générer la plus grande vitesse de club possible. Nous allons donc énumérer les qualités nécessaires pour générer cette vitesse.

Tout d'abord, un joueur de golf, au sommet de son swing, doit être dans la capacité de dissocier au maximum le bas du haut du corps avec un différentiel important entre la rotation des hanches/bassin et du thorax, appelé « X-Factor stretch » (McLean, 1992 ; Cheetham, 2000), (illustré en Annexe 4), qui est un couple de force permettant d'emmagasiner le maximum d'énergie élastique nécessaire pour la suite du swing (Cole, 2016). Ce couple de forces est majoré chez certains joueurs grâce à la capacité à renvoyer le bassin vers la cible alors que la tête de club continue à s'éloigner de la balle pendant un court instant appelé transition. Il s'agit donc ici d'une qualité de souplesse et de mobilité.

Par ailleurs, le début du downswing doit être initié depuis le sol selon une chaîne cinétique allant des pieds jusqu'à la tête du club (Hume, 2005 ; Nesbit, 2005). Cette habileté à générer une impulsion à partir des membres inférieurs est directement liée à la vitesse de club (Keogh, 2009). Bourgain (2019) a démontré que les impulsions verticales et horizontales jouent un rôle crucial dans la génération du mouvement.

Le downswing doit suivre une séquence cinématique bien définie : tous les segments du corps impliqués doivent accélérer et décélérer juste avant l'impact. Ces derniers doivent atteindre leur pic de vitesse dans l'ordre suivant : bassin, thorax, bras (puis tête de club). Enfin, le pic de vitesse de chaque segment doit dépasser en valeur celui du segment précédent (Cheetham, 2000). Ainsi, par accélérations successives, la tête de club peut atteindre plus de 160km/h lors de l'impact avec la balle. Il s'agit donc d'optimiser au maximum le stretch-shorten cycle créé lors de l'enchaînement backswing/downswing et d'en maximiser les bénéfices (Driggers, 2014 ; Cole 2016).

Des études ont été réalisées afin d'établir quelles aptitudes physiques d'un joueur de golf pouvaient être le plus corrélées à son niveau de jeu et donc à son pic de vitesse de tête de club. Une relation positive entre la vitesse de tête de club et la force développée sur un squat a été

démontrée ( $r=0.805$ )(Parchmann, 2011). De plus, Wells (2018), sur une population de 27 joueurs d'un âge moyen de 19 ans et d'un index inférieur à -5 (excellents joueurs), a remarqué qu'il y avait une corrélation significative entre le pic de vitesse de la tête de club et un contre mouvement jump ( $r=0.788$ ,  $p<.001$ ), un squat jump ( $r=0.692$ ,  $p<.001$ ) et un drop jump ( $r=0.561$ ,  $p<.01$ ). La plus grande corrélation entre toutes les aptitudes physiques et la vitesse de tête de club étant l'impulsion lors d'un contre mouvement jump (illustré en Annexe 5). Callaway (2012), sur une population de 56 joueurs ayant un index soit inférieur à 5 ou supérieur à 18 a complété ces observations en démontrant que des joueurs à index bas possèdent des muscles grands et moyens fessiers capables de développer 8 à 10% de force de plus que des joueurs ayant un index moyen ( $p=0,000$ ). Concernant les membres supérieurs, une relation entre le lancer de médecine-ball assis, le lancer rotationnel et cette même vitesse de club a été établie (Coughlan, 2019).

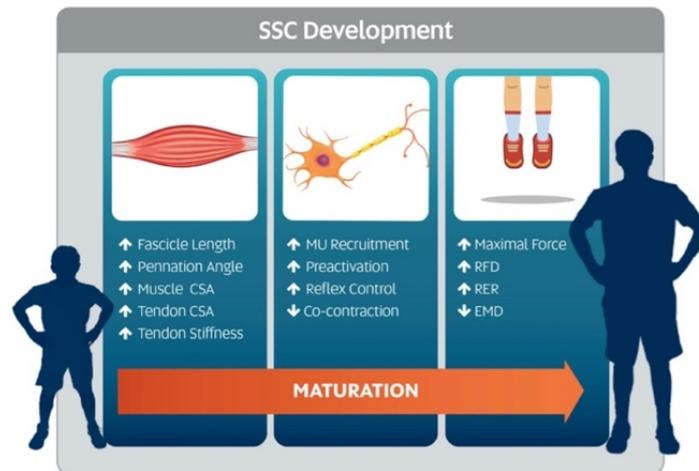
En résumé, pour générer la plus grande vitesse de tête de club possible, le joueur de golf doit avoir la plus grande souplesse possible pour dissocier le bas du haut du corps (pour augmenter le X-Factor Stretch) et ensuite avoir la meilleure motricité possible pour contracter rapidement les muscles étirés lors du backswing en maximisant l'utilisation des forces de réaction du sol (et notamment la composante verticale) et du CER.

## **5. La pliométrie.**

### **5.1. Définition de la pliométrie.**

Un cycle étirement-raccourcissement (CER) ou exercice pliométrique est observé quand une unité musculo-tendineuse est étirée avant de se contracter rapidement avec idéalement un court moment isométrique entre ces deux actions (Blazevitch, 2011). La durée entre ces deux contractions permet d'établir 2 types de CER : les CER dits « rapides » pour une durée inférieure à 250ms et « lents » pour une durée supérieure à 250ms (Schmidtbleicher, 1992).

L'efficacité du CER repose sur une fonction neuro-musculaire performante s'appuyant sur une interaction efficace entre le système nerveux, le système musculaire et l'unité musculo-tendineuse (Nicol, 2006). La figure 4 rappelle ainsi les fonctions physiologiques qui rendent possible le CER et leur évolution au cours de la croissance.



**Fig 4.** Représentation des mécanismes primaires intervenant dans la croissance et entraînant une amélioration du CER (ou SSC en anglais). (Radnor, 2018)

La contraction excentrique a pour effet d'améliorer la performance de la contraction concentrique finale (Flanagan, 2008). Il a ainsi été démontré qu'une hauteur de saut était améliorée entre 18 et 30% chez des adultes avec un contre-mouvement (Bosco, 1982) mais seulement de 1 à 5% chez des enfants (Llyod, 2009). Par ailleurs, des études ont montré qu'un CER rapide comme un drop-jump utilise davantage la composante élastique tandis qu'un CER lent comme un contre mouvement jump utilise plutôt la composante contractile (Wilson, 2008).

## 5.2. Effets de l'entraînement en pliométrie.

Behm (2017), au cours d'une méta-analyse de 107 articles concernant les entraînements en force ou en puissance uniquement chez les jeunes, a montré qu'un entraînement en pliométrie permet d'obtenir de meilleurs résultats sur l'aptitude en sauts qu'un entraînement strict en force. D'autres études montrent que la pliométrie est plus performante pour développer cette capacité qu'une combinaison d'un entraînement en force avec de la pliométrie (Behringer, 2011 ; Harries, 2012). De manière générale, l'entraînement en pliométrie développe la force, la puissance et la vitesse (Samozino, 2014). Cependant, la réponse à l'entraînement en pliométrie varie en fonction de l'âge de l'enfant et son stade pré ou post-pubertère. En effet, une étude sur 80 jeunes a montré que des garçons pré-pic de croissance obtiennent plus de bénéfices d'un entraînement en pliométrie tandis que des post-pic de croissance répondent plus favorablement à un entraînement associant pliométrie et renforcement musculaire traditionnel. (Llyod, 2016). Ces résultats peuvent s'expliquer par une synergie entre les adaptations à l'entraînement et l'évolution du système neuro-musculaire liée à la maturation. Physiologiquement, un

entraînement en pliométrie entraîne une amélioration du recrutement des motoneurones et de la synchronisation musculaire : inhibition du muscle antagoniste, vitesse de contraction améliorée, meilleure pré-activation. Il y a un meilleur « feed-forward » (Driggers, 2014 ; Radnor, 2018).

### 5.3. Méthodes d'entraînement et golf.

Jones (1999) avec un programme d'assouplissement musculaire, Thompson (2004) avec un renforcement musculaire global et Doan (2006) avec un travail de la puissance ont démontré qu'il était possible d'améliorer la performance au drive (coup joué avec le club appelé « driver » généralement au départ d'un trou).

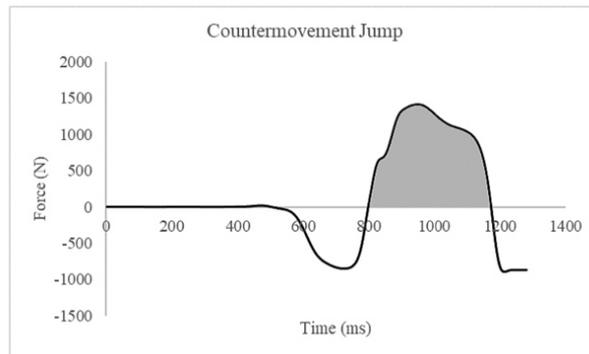
Concernant la pliométrie, une étude réalisée en 2004 par Fletcher et Hartwell a montré une amélioration de la vitesse de tête de club et de la distance de balle après 8 semaines d'un entraînement associant résistance et pliométrie ( $p < 0.05$ ). Alvarez (2012) a observé une augmentation de 6,8% de la vitesse de balle et de 8,5% de la hauteur d'un contre mouvement jump après un entraînement de 18 semaines en force explosive et en force maximale. Doan (2006) chez des collégiens a montré qu'un entraînement en résistance associé ou remplacé par des sauts verticaux augmentait l'utilisation des forces de réaction et donc l'impulsion mais également le pic de vitesse de la tête de club. Une étude de Driggers (2017) sur des collégiens a également confirmé ces données avec un travail de résistance orienté verticalement, qualifié de travail de la puissance. La pliométrie est donc majoritairement étudiée intégrée dans un programme de renforcement plus global. Cependant, comme vu précédemment, il a été montré que la performance en golf est intimement liée à la performance en contre mouvement jump et à l'utilisation des forces de réaction du sol et qu'ainsi, l'entraînement en pliométrie est la meilleure manière d'améliorer ces données. Il est ainsi pertinent de l'intégrer dans une préparation physique.

## 6. Type de pliométrie pour les golfeurs et mise en pratique.

### 6.1. Le type de pliométrie adapté à la pratique du golf.

Les travaux de Wells (2019) ont permis d'établir la courbe Force/Temps (Figure 5) lors d'un contre-mouvement jump. L'espace grisé sous la courbe correspond à la partie de la courbe utilisée pour le calcul de l'impulsion positive. Selon Wells (2019), cette dernière est l'élément

clef à développer pour améliorer la vitesse de tête de club et peut être utilisée comme un marqueur de performance chez les golfeurs. Une amélioration de 46,85N·s de cette impulsion améliorerait la vitesse de tête de club de 1.69m/s.



**Fig. 5** : Courbe force/vitesse d'un contre mouvement jump. (Wells, 2019)

Par ailleurs, la durée d'un downswing a été mesurée de 230 à 284ms (Hellström, 2014). Or, un contre mouvement jump est considéré comme un cycle lent d'étirement raccourcissement dans la mesure où il prend plus de 250 ms à être réalisé (Schmidtbleicher, 1992). Ainsi, tout le travail de pliométrie effectué auprès d'un golfeur devrait respecter ce temps de couplage pour se rapprocher au maximum de la durée d'un downswing en étant ni trop rapide ni trop lent.

## 6.2. Les recommandations pour les jeunes golfeurs.

Une spécialisation précoce des jeunes golfeurs est observée et est notamment associée à un déficit d'acquisition d'habiletés motrices qu'il sera ensuite plus difficile de développer. Dans le même temps, il a été démontré que la capacité à réaliser un contre mouvement jump de manière performante est directement liée à la capacité à frapper fort une balle de golf et au niveau de jeu. Or, cette aptitude à sauter n'est pas du tout développée lors de la pratique seule du golf. Ainsi, amener une préparation physique intégrant de la pliométrie dans l'entraînement des jeunes golfeurs pourrait répondre à la problématique de la spécialisation précoce et du déficit de joueurs Français dans le top 100 mondial (seulement 3 joueurs et une joueuse présents en Mars 2020 (Pgatour.com, 2020 ; Rolexrankings.com, 2020)).

En effet, selon Grélot (2016), avant le pic de croissance, il est important de développer les aptitudes physiques globales pour ensuite développer des aptitudes plus spécifiques au sport choisi. De manière plus précise, Grélot préconise de développer l'agilité, la coordination et l'activation neuromusculaire. La pliométrie peut tout à fait s'inscrire dans cette démarche dans

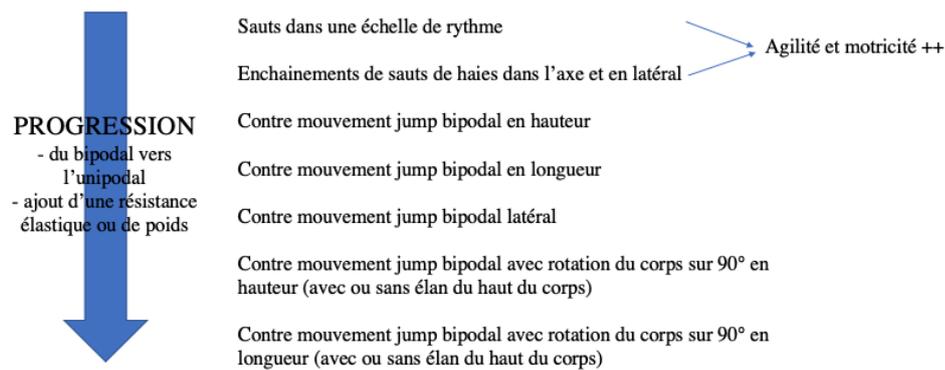
un objectif de développement moteur à court et moyen termes et de performance à long terme (Peitz, 2018). L'idée serait d'amener dans l'entraînement des enfants, les sollicitations motrices présentes dans les sports qu'ils ne pratiquent pas. A partir du début de la puberté, Grélot (2016) recommande de commencer à travailler la vitesse, l'endurance aérobie et la force afin d'améliorer la condition physique spécifique à la pratique. Il peut-être alors intéressant d'incorporer un travail de résistance à orientation verticale d'autant plus qu'il a été démontré qu'un entraînement strict en pliométrie devient moins efficace après le pic de croissance. (Peitz, 2018).

### 6.3. Mise en pratique.

Le temps de contact au sol lors des exercices de pliométrie doit se rapprocher de la durée d'un backswing, c'est à dire entre 230 et 280 ms, afin d'effectuer un CER dit lent. Avant la puberté, l'immaturité du système neuro-musculaire fait que le temps de couplage est suffisamment lent pour se rapprocher de la durée d'un backswing. En revanche, avec la croissance et l'entraînement, il faudra veiller à rester sur des CER lents. Cependant, en pratique, il est difficile de contrôler cette donnée. C'est donc la consigne de l'exercice qui peut donner le tempo : « le plus rapidement possible » pour un enfant de moins de 12 ans, tandis qu'ensuite il pourra être demandé de se concentrer suffisamment sur le bon alignement des segments et sur la bonne réalisation du mouvement pour ralentir l'exécution, l'ajout d'une résistance pouvant également ralentir le geste.

Il a été précédemment vu que les jeunes golfeurs n'ont que très peu accès à une préparation physique spécifique au golf. Face à ces problématiques, il pourrait être intéressant d'incorporer de la pliométrie dans la préparation des jeunes golfeurs soit dans une préparation physique au sens strict, soit dans un échauffement ce qui présenterait l'avantage d'être fait régulièrement et d'être mis en place facilement (peu de matériel nécessaire) par un coach ou un préparateur physique sans réduire de manière trop importante la durée de l'entraînement technique. Fischetti (2018) a en effet montré que l'ajout d'un entraînement en pliométrie pendant 8 semaines à la fin de l'échauffement ou avant l'entraînement traditionnel de jeunes footballeurs augmentait de manière significative la vitesse et la force explosive des membres inférieurs.

Il pourrait ainsi être proposé les exercices suivants (Figure 6) décrits en Annexe 6.



**Fig.6** : Exemple d'exercices pliométriques pouvant être proposés en progression

Chez les jeunes, Lesinski (2016) a démontré que 3 séries par exercices et 3-5 ou 9-12 répétitions étaient le volume de travail le plus efficace sur la force musculaire pour la pliométrie, peu-importe la fréquence dans la semaine. La période de travail allant de 9 à 12 semaines est considérée comme la plus efficace. Ainsi, suivant ce volume de travail, dans une préparation physique pour les moins de 12 ans, ces exercices pourraient être utilisés dans une séance ludique comprenant un ensemble d'ateliers divers dont un ou deux de pliométrie favorisant l'agilité et la motricité. Après 12 ans, il serait possible d'amener une résistance à ces exercices par ajout d'une résistance élastique au saut pour progressivement s'orienter à 15-16 ans vers un renforcement de type vertical avec l'intégration de l'haltérophilie et des exercices de renforcements verticaux étudiés dans les travaux de Driggers (2014) (voir Annexe 7). Il pourrait également être possible d'ajouter un ou deux de ces exercices de pliométrie en fin d'échauffement ce qui permettrait de travailler ces aptitudes de manière régulière avec un potentiel bénéfique à moyen terme sur le développement de l'enfant et sur ses performances mais également sur les performances qui suivent l'échauffement.

## Conclusion

Chez les jeunes golfeurs, avant la puberté, il faut donc privilégier la condition motrice générale (l'agilité, la coordination, l'équilibre, la vitesse, la souplesse) et favoriser la pratique de plusieurs sports en simultané.

Amener de la pliométrie dans leur préparation permettrait ainsi de diversifier les sollicitations physiques et de suivre les recommandations au bénéfice du développement du joueur, de sa santé physique et mentale mais également de sa performance. En effet, il a été démontré que la capacité d'un joueur de golf à générer une haute vitesse de tête de club est intimement liée à son niveau de jeu et à la capacité à effectuer un contre mouvement jump. Or, la pliométrie est la meilleure façon de développer cette capacité chez les jeunes avant leur pic de croissance. Ensuite, après le pic de croissance, il est possible de devenir plus spécifique au golf, de perfectionner le répertoire moteur et développer la condition physique spécifique en continuant le travail effectué et en entamant un travail en résistance. Celui-ci peut consister en un travail de résistance à orientation verticale qui permet de continuer à développer la capacité à effectuer un contre mouvement jump.

Ainsi la pliométrie des membres inférieurs chez les jeunes golfeurs permettrait de contribuer au développement moteur de l'enfant en palliant à la spécialisation précoce et/ou à l'absence de préparation physique spécifique au golf, d'améliorer sa santé physique et mentale, ses performances à court, moyen et longs terme de manière ludique, peu coûteuse et facile à mettre en place que ce soit dans une préparation physique au sens strict ou dans un échauffement.

La pratique du golf étant particulièrement chronophage et nécessitant un travail technique important, il est difficile pour les jeunes joueurs d'accéder à une préparation physique ou de pratiquer un autre sport en simultanée.

Il serait ainsi intéressant d'incorporer de manière systématique de la pliométrie dans les échauffements des joueurs et d'analyser si ce travail réduit, effectué de manière très fréquente, permet d'obtenir un volume de travail suffisant pour obtenir des bénéfices à court, moyen et long termes.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ahlquist, S., Cash, B. M., & Hame, S. L. (2020). Associations of Early Sport Specialization and High Training Volume With Injury Rates in National Collegiate Athletic Association Division I Athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(3), 2325967120906825.
- Álvarez M, Sedano S, Cuadrado G, and Redondo JC. (2012). Effects of an 18-week strength training program on low-handicap golfers' performance. *J Strength Cond Res* 26: 1110-1121.
- Behm, D. G., Young, J. D., & Whitten, J. H. D. (2017). Effectiveness of Traditional Strength vs. Power Training on Muscle Strength, Power and Speed with Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, 8, 423.
- Behringer, M., Vom Heede, A., & Matthews, M. (2011). Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, 23(2), 186-206.
- Blazevich, A. (2011). The Stretch-Shortening Cycle (SSC). *ECU Publications 2011*.
- Bosco, C., Viitasalo, J. T., & Komi, P. V. (1982). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 114(4), 557-565.
- Bourgain, M., Sauret, C., & Rouillon, O. (2017). Contribution of vertical and horizontal components of ground reaction forces on global motor moment during a golf swing: a preliminary study. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 20(sup1), 29-30.
- Brenner, J. S., & American Academy of Pediatrics Council on Sports Medicine and Fitness. (2007). Overuse injuries, overtraining, and burnout in child and adolescent athletes. *Pediatrics*, 119(6), 1242-1245.
- Broadie, M. (2014). *Every Shot Counts: Using the Revolutionary Strokes Gained Approach to Improve Your Golf Performance and Strategy*-. Avery.
- Buckley, P. S., Ciccotti, M. C., & Bishop, M. (2020). Youth Single-Sport Specialization in Professional Baseball Players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(3), 2325967120907875.
- Callaway, S., Glaws, K., & Mitchell, M. (2012). An analysis of peak pelvis rotation speed, gluteus maximus and medius strength in high versus low handicap golfers during the golf swing. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(3), 288-295.
- Carlson, R. (1988). The Socialization of Elite Tennis Players in Sweden: An Analysis of the Players' Backgrounds and Development. *Sociology of Sport Journal*, 5(3), 241-256.

- Cheetham, P. J., Martin, P. E., & Mottram, R. E. (2001). *The Importance of Stretching the « X-Factor » in the Downswing of Golf: The « X-Factor Stretch »*.
- Cole, M. H., & Grimshaw, P. N. (2016). The Biomechanics of the Modern Golf Swing: Implications for Lower Back Injuries. *Sports Medicine*, 46(3), 339-351.
- Comité International Olympique (2018). *Golf – Sport Olympique d’été*. [online] Available at : <https://www.olympic.org/fr/golf>
- Côté, J., Lidor, R., & Hackfort, D. (2009). ISSP position stand: To sample or to specialize? Seven postulates about youth sport activities that lead to continued participation and elite performance. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 7(1), 7-17.
- Coughlan, D. (2019). *The impact of physical preparation on clubhead speed in youth golf* [Phd]. University of Essex.
- Doan, B. K., Newton, R. U., & Kwon, Y.-H. (2006). Effects of physical conditioning on intercollegiate golfer performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 62-72.
- Driggers, A. (2014). The Effects of Vertically-Oriented Resistance Training on Golf Swing Performance Variables. *Electronic Theses and Dissertations*.
- Dugas, Claude, & Point, Mathieu. (2012). *Portrait du développement moteur et de l’activité physique au Québec chez les enfants de 0 à 9 ans*.
- Farrally, M. R., Cochran, A. J., & Crews, D. J. (2003). Golf science research at the beginning of the twenty-first century. *Journal of Sports Sciences*, 21(9), 753-765.
- Farrey, T. (2008). *Game On: The All-American Race to Make Champions of Our Children* (First Edition edition). ESPN.
- Fédération Française de Golf. (2019). *Statistiques licence ffgolf*. [online] Available at : <https://www.ffgolf.org/Federation/La-Federation/Les-chiffres-du-golf/Statistiques-licence>
- Feeley, B. T., Agel, J., & LaPrade, R. F. (2016). When Is It Too Early for Single Sport Specialization? *The American Journal of Sports Medicine*, 44(1), 234-241.
- Fischetti, F., Vilardi, A., & Cataldi, S. (2018). *Effects of Plyometric Training Program on Speed and Explosive Strength of Lower Limbs in Young Athletes*.
- Flanagan, E. P., & Comyns, T. M. (2008). The Use of Contact Time and the Reactive Strength Index to Optimize Fast Stretch-Shortening Cycle Training. *Strength & Conditioning Journal*, 30(5), 32–38.
- Fletcher, I. M., & Hartwell, M. (2004). Effect of an 8-week combined weights and plyometrics training program on golf drive performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 59-62.

- Fradkin, A. J., Sherman, C. A., & Finch, C. F. (2004). How well does club head speed correlate with golf handicaps? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(4), 465-472.
- Giusti, N. E., Carder, S. L., & Vopat, L. (2020). Comparing Burnout in Sport-Specializing Versus Sport-Sampling Adolescent Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(3), 2325967120907579.
- Golfperformancegroup.com. (2020). *Sequence Swing Drill – Swingssequencerickie*. [online] Available at : <https://www.golfperformancegroup.com/sequencing-swing-drill/swingsequencerickie/>
- Gould, D., & Carson, S. (2004). Fun and games? Myths surrounding the role of youth sports in developing Olympic champions. *Youth Studies Australia*, 23(1), 19-26.
- Grélot, L. (2016). Activités physiques et sportives de l'enfant et de l'adolescent : des croyances aux recommandations sanitaires. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, 29(2), 57-68.
- Güllich, A., & Emrich, E. (2016). Evaluation of the support of young athletes in the elite sports system. *European Journal for Sport and Society*.
- Haywood, K., & Getchell, N. (2001). *Learning Activities for Life Span Motor Development, Third Edition* (New edition). Human Kinetics Publishers.
- Hellström, J., Nilsson, J., & Isberg, L. (2014). Drive for dough. PGA Tour Golfers' tee shot functional accuracy, distance and hole score. *Journal of Sports Sciences*, 32(5), 462-469.
- Holland, C. J., & Godwin, M. S. (2019). The metabolic demand of external load carriage in golfers: a comparison of a single versus double-strap golf bag. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(12), 1963-1967.
- Hume, P. A., Keogh, J., & Reid, D. (2005). The role of biomechanics in maximising distance and accuracy of golf shots. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(5), 429-449.
- Jayanthi, N. A., LaBella, C. R., & Fischer, D. (2015). Sports-specialized intensive training and the risk of injury in young athletes: a clinical case-control study. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(4), 794-801.
- Jayanthi, N., & Brenner, J. S. (2017). *Caring for the young athlete: past, present and future*.
- Jayanthi, N., Pinkham, C., & Dugas, L. (2013). Sports specialization in young athletes: evidence-based recommendations. *Sports Health*, 5(3), 251-257.
- Jones, D. (1999). The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation flexibility training on the clubhead speed of recreational golfers. In A. Cochran and M.Farrally (Eds), *Science and Golf III. Proceedings of the World Scientific Congress of Golf*, 1999;pp.46-50.
- Keogh, J. W., Marnewick, M. C., & Maulder, P. S. (2009). Are Anthropometric, Flexibility, Muscular Strength, and Endurance Variables Related To Clubhead Velocity in Low- And

High-Handicap Golfers? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1841–1850.

Lesinski, M., Prieske, O., & Granacher, U. (2016). Effects and dose-response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 781-795.

Liets (2020). *L'histoire du Club – Pau Golf Club 1856*. [online] Available at : <https://www.paugolfclub.com/fr/histoire/l-histoire-du-club>

Lloyd, R. S., Oliver, J. L., & Hughes, M. G. (2009). Reliability and validity of field-based measures of leg stiffness and reactive strength index in youths. *Journal of Sports Sciences*, 27(14), 1565-1573.

Lloyd, R. S., Radnor, J. M., & De Ste Croix, M. B. A. (2016). Changes in Sprint and Jump Performances After Traditional, Plyometric, and Combined Resistance Training in Male Youth Pre- and Post-Peak Height Velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1239-1247.

Luscombe, J., Murray, A. D., & Jenkins, E. (2017). A rapid review to identify physical activity accrued while playing golf. *BMJ Open*, 7(11).

McCord, Gary. (2015). *Golf for Dummies*. Wiley Publishing, Inc.

McLean J. (1992) Widen the gap. *Golf Magazine*, 34(12):49-53.

MyTPI.com. (2015). *X-Factor Essentials: What it is and How to Train it*. [online] Available at : [https://www.mytpi.com/articles/fitness/x-factor\\_essentials\\_what\\_it\\_is\\_and\\_how\\_to\\_train\\_it](https://www.mytpi.com/articles/fitness/x-factor_essentials_what_it_is_and_how_to_train_it)

Nesbit, S. M., & Serrano, M. (2005). Work and Power Analysis of the Golf Swing. *Journal of Sports Science & Medicine*, 4(4), 520-533.

Nicol, C., Avela, J., & Komi, P. V. (2006). The stretch-shortening cycle : a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(11), 977-999.

Parchmann, C. J., & McBride, J. M. (2011). Relationship between functional movement screen and athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3378-3384.

Parkkari, J., Natri, A., & Kannus, P. (2000). A controlled trial of the health benefits of regular walking on a golf course. *The American Journal of Medicine*, 109(2), 102-108.

Peitz, M., Behringer, M., & Granacher, U. (2018). A systematic review on the effects of resistance and plyometric training on physical fitness in youth- What do comparative studies tell us? *PloS One*, 13(10), e0205525.

Pgatour.com. (2020). *Stats*. [online] Available at : <https://www.pgatour.com/stats/stat.186.html>

- Radnor, J. M., Oliver, J. L., & Waugh, C. M. (2018). The Influence of Growth and Maturation on Stretch-Shortening Cycle Function in Youth. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(1), 57-71.
- Rolexrankings.com. (2020). *Rankings*. [online] Available at:  
<https://www.rolexrankings.com/fr/rankings>
- Samozino, P., Edouard, P., & Sangnier, S. (2014). Force-velocity profile: imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(6), 505-510.
- Schmidtbleicher D. (1992). Training for power events. Komi PV. Strength and power in sport. *Encyclopedia of sports medicine*, vol. 3. Oxford: Blackwell;69-79.
- Seijas, Guillermo. (2018). *Anatomie et 100 étirements essentiels pour le golf* (Parramon).
- Smith, A. D., Alleyne, J. M. K., & Pitsiladis, Y. (2017). Early Sports Specialization: An International Perspective. *Current Sports Medicine Reports*, 16(6), 439-442.
- Thompson, C. J., & Osness, W. H. (2004). Effects of an 8-week multimodal exercise program on strength, flexibility, and golf performance in 55- to 79-year-old men. *Journal of Aging and Physical Activity*, 12(2), 144-156.
- Thompson, W. R., Gordon, N. F., Pescatello, L. S., & American College of Sports Medicine. (2009). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Wells, J. E. T., Charalambous, L. H., & Mitchell, A. C. S. (2019). Relationships between Challenge Tour golfers' clubhead velocity and force producing capabilities during a countermovement jump and isometric mid-thigh pull. *Journal of Sports Sciences*, 37(12), 1381-1386.
- Wells, J. E. T., Mitchell, A. C. S., & Charalambous, L. H. (2018). Relationships between highly skilled golfers' clubhead velocity and force producing capabilities during vertical jumps and an isometric mid-thigh pull. *Journal of Sports Sciences*, 36(16), 1847-1851.
- Wilson, J. M., & Flanagan, E. P. (2008). The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1705-1715.

# ANNEXES

## Annexe 1

Âge	Motricité globale	Motricité fine	Actions perceptivo-motrices	Adaptations des conduites motrices
<b>Vers 2 ans</b>	Stade initial dans les comportements de base de la motricité globale. Il court, grimpe sur un meuble et en descend sans aide.	Maturation au niveau de la dextérité du pouce qui permet le contrôle de la manipulation.	Commence à bricoler, utilise des outils.	Il peut laver et essuyer maladroitement ses mains. Il mange avec une cuillère.
<b>Vers 3 ans</b>	Il peut courir, sauter, pivoter, rouler, pousser et conduire un tricycle.	Il tient un crayon entre le pouce et les deux premiers doigts de la main.	Il découpe du papier avec des ciseaux et enfle des perles.	Il se lave et se sèche les mains correctement.
<b>4 ans</b>	Descendre l'escalier, un pied par marche; Tenir en équilibre sur un pied pendant 4 à 8 secondes.	Préférence manuelle nette; Plier une feuille de papier; Peindre.	Attraper un ballon de 25 cm de diamètre, bras fléchis; Indiquer les différences et ressemblances de 2 objets.	Broser ses dents.
<b>4,6 ans</b>	Lancer un ballon de 25 cm de diamètre à 4 à 5 m; Courir et sauter en longueur (95 cm). Lancer avec rotation du corps autour de l'axe vertical; Marche adulte; Escalader; Changer de direction en courant.	Rouler la pâte à modeler entre les mains, faire des formes.	Dessiner un carré; Tenir correctement le crayon et le déplacer avec les mouvements du poignet et non pas du bras; Bonhomme têtard; Encastrer des formes	Comprendre les termes spatiaux comme loin, près de, à côté, dessus, dessous, avant, arrière; Aller seul aux toilettes; Suspendre ses vêtements; Bien utiliser les notions hier et demain.
<b>5 ans</b>	Sautiller sur les deux pieds; Donner un coup de pied en l'air au ballon; Lancer avec avancée de la jambe ipsilatérale; Courir à 3,5m/s et changer rapidement de direction; Rouler à bicyclette.	Découper des formes simples; Faire passer un fil par les perforations d'une feuille; Construire des casse-tête de plus de 10 morceaux.	Reproduire un triangle; Attraper une balle au rebond; Tracer des traits en suivant des modèles; Attraper un ballon coude au corps.	Lacer les souliers avec nœud et boucles; Autonome à la toilette; Utiliser le couteau pour beurrer les tartines; Connaître les couleurs; Se laver et se moucher seul.
<b>5,6 ans</b>	Équilibre sur lesorteils pendant 10 secs; Descendre les escaliers en alternant les pieds; Faire rebondir un ballon au sol; Sauter à la corde; Roulade avant; Sauter à cloche-pied sur 5 m; Se suspendre à une barre par les genoux	Toucher le pouce avec chaque doigt, un à un.	Écrire son prénom; Commencer à se déplacer pour attraper un ballon; Dessiner un bonhomme avec corps et membres.	Nommer et montrer la plupart des parties de son corps; S'orienter par rapport aux différents moments de la journée; Ajuster la température de l'eau en utilisant les robinets.
<b>6 ans</b>	Lancer une balle à 10 m (G) et 6 m (F); Traverser une poutre d'équilibre de 4 cm de large et de 2,5 m de long en 9 sec; Sauter à pieds joints, 90 cm en longueur; Sauter à pieds joints, 20 cm en hauteur.	Précision accrue dans le contrôle des activités de cette catégorie; Découper du carton, du tissu, des formes complexes.	Reproduire un losange; Écrire de façon lisible.	Utiliser des outils (cuisine, bricolage); Distinguer la droite de la gauche sur soi; Boucler sa ceinture de sécurité en voiture.
<b>Entre 7 et 9 ans</b>	Développe des habiletés motrices plus complexes à partir des acquis des comportements moteurs de base	De plus en plus performants dans les jeux de ballons	Début de la phase calligraphique les gestes s'assouplissent les signes tracés correspondent aux modèles, les lettres sont liées.	

(Dugas, 2012)

## Annexe 2

### Exemple de réponses au questionnaire proposé via un formulaire Google Forms®

<b>Pratique sportive jeunes golfeurs</b> Ce questionnaire s'adresse aux joueurs de golf âgés entre 6 et 18 ans, licenciés à la Fédération Française de Golf . Il est réalisé dans le cadre d'un mémoire de fin d'études. Toutes les réponses sont anonymes. Temps nécessaire: 5 minutes. Merci à vous et n'hésitez pas à le partager. <b>*Obligatoire</b>	Quel est votre index? * Négatif
Êtes-vous licencié à la Fédération Française de Golf? *	Depuis combien de temps pratiquez-vous le golf? *
Oui	Entre 5 et 10 ans
Quel est votre sexe? *	<b>Sports pratiqués en simultané avec le golf</b>
Féminin	Suivez-vous une préparation physique orientée golf encadrée par un préparateur physique? *
Quel est votre âge? *	Oui
Entre 16 et 18 ans	Avez-vous déjà été licencié dans un autre sport que le golf? *
	<input checked="" type="radio"/> Oui
	<input type="radio"/> Non

Page 1

Page 2

Avez-vous été ou êtes-vous licencié (ou à l'UNSS) à un autre sport en même temps que le golf? *	<b>Sports pratiqués dans le passé</b>
Oui	Avez-vous été licencié (ou à l'UNSS) dans un autre sport avant de commencer le golf? *
Si Oui, le ou lesquels? Football Tennis Équitation Judo-jujitsu et sports associés Basketball Handball Rugby Athlétisme Gymnastique Natation	Oui
Ligne 1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	Si Oui, le ou lesquels? Football Tennis Équitation Judo-jujitsu et sports associés Basketball Handball Rugby Athlétisme Gymnastique Natation
Pendant combien de temps avez-vous pratiqué le golf avec au moins un autre sport en simultané?	Pendant combien de temps?
2 ans	5 ans

Page 3

Page 4

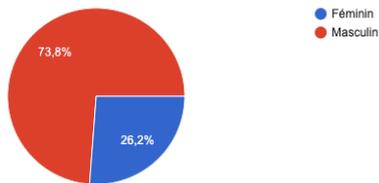
### Annexe 3

#### Résultats du questionnaire Google Form ® auprès de 168 joueurs âgés de 6 à 18 ans.

La question « avez-vous déjà été licencié dans un autre sport que le golf ? » comprend 117 réponses dans la mesure où elle a été ajoutée par la suite au formulaire.

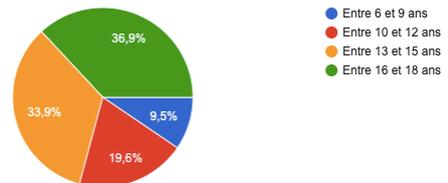
Quel est votre sexe?

168 réponses



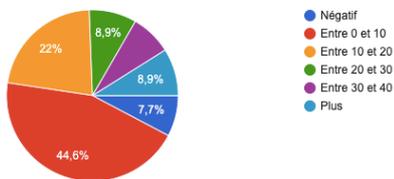
Quel est votre âge?

168 réponses



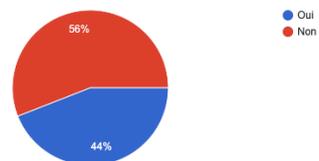
Quel est votre index?

168 réponses



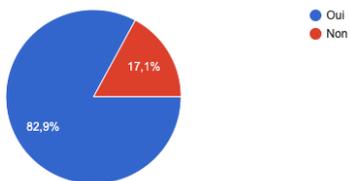
Suivez-vous une préparation physique orientée golf encadrée par un préparateur physique?

168 réponses



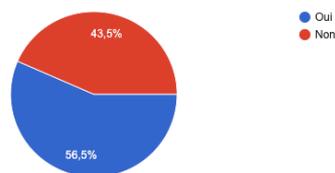
Avez-vous déjà été licencié dans un autre sport que le golf?

117 réponses



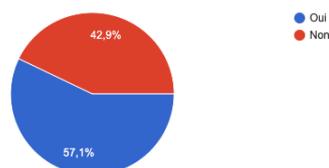
Avez-vous été ou êtes-vous licencié (ou à l'UNSS) à un autre sport en même temps que le golf?

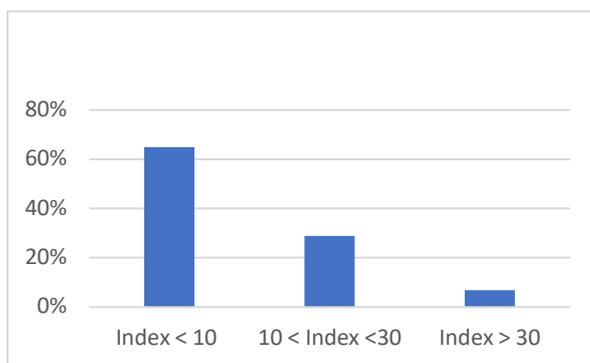
168 réponses



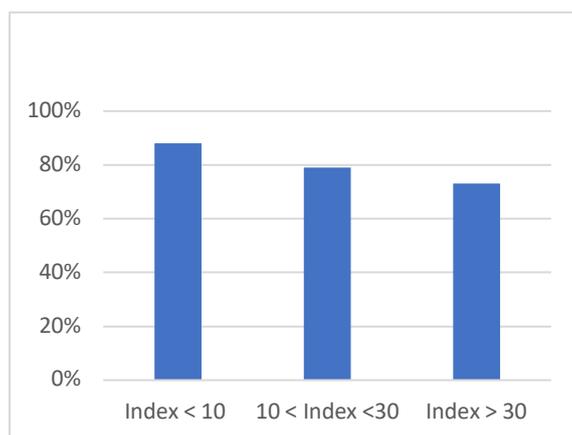
Avez-vous été licencié (ou à l'UNSS) dans un autre sport avant de commencer le golf?

168 réponses

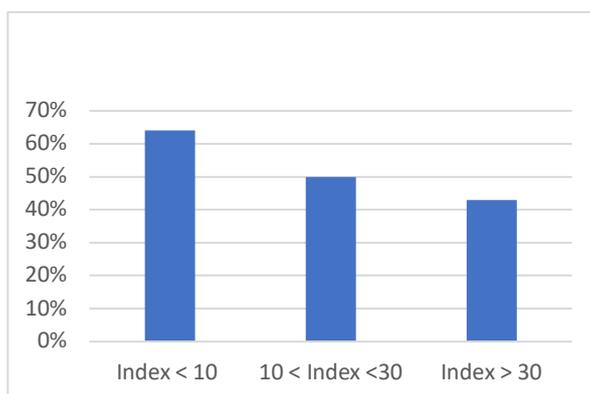




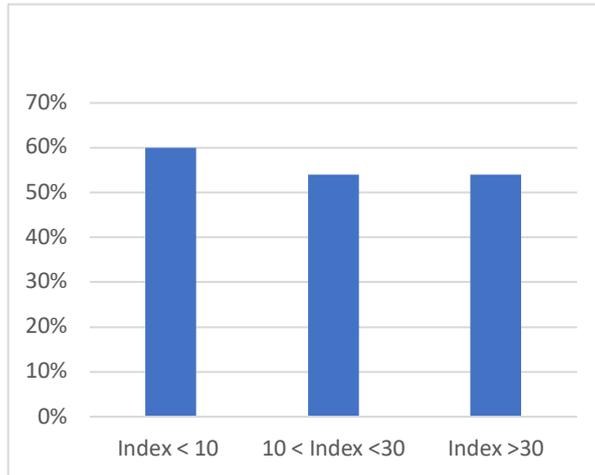
*Évolution du pourcentage de joueurs bénéficiant d'une préparation physique spécifique au golf en fonction du niveau de jeu*



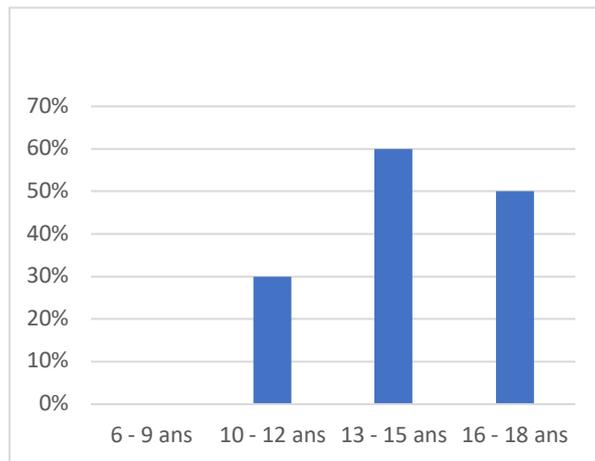
*Évolution du pourcentage de joueurs ayant déjà été licenciés dans un autre sport que le golf en fonction du niveau de jeu*



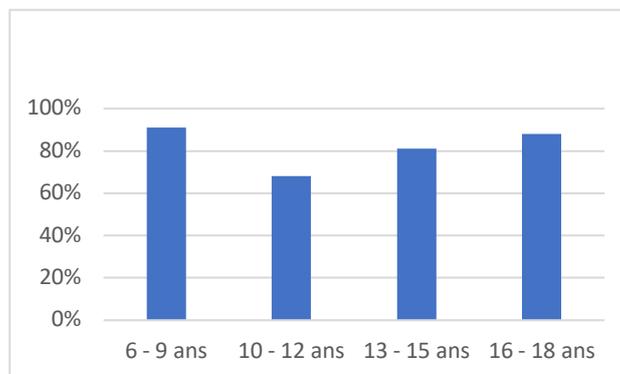
*Évolution du pourcentage de joueurs ayant déjà été licenciés dans un autre sport que le golf de manière simultanée en fonction du niveau de jeu*



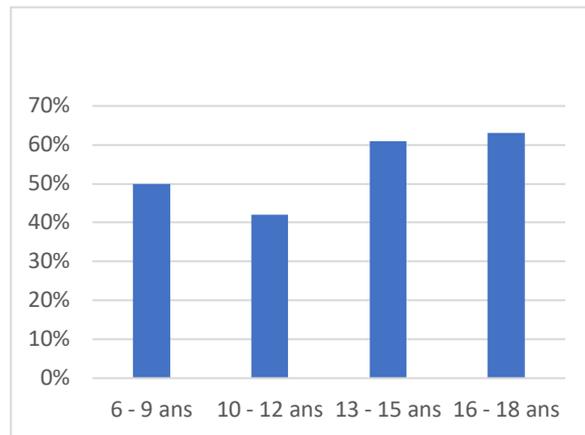
Évolution du pourcentage de joueurs ayant été licenciés dans un autre sport avant de commencer le golf en fonction du niveau de jeu



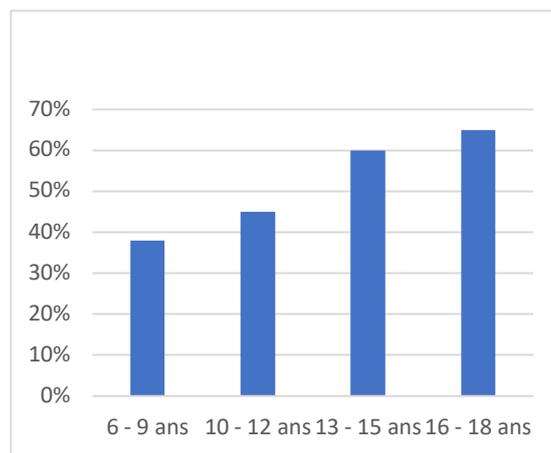
Évolution du pourcentage de joueurs bénéficiant d'une préparation physique spécifique au golf en fonction de l'âge



Évolution du pourcentage de joueurs ayant déjà été licenciés dans un autre sport que le golf en fonction de l'âge



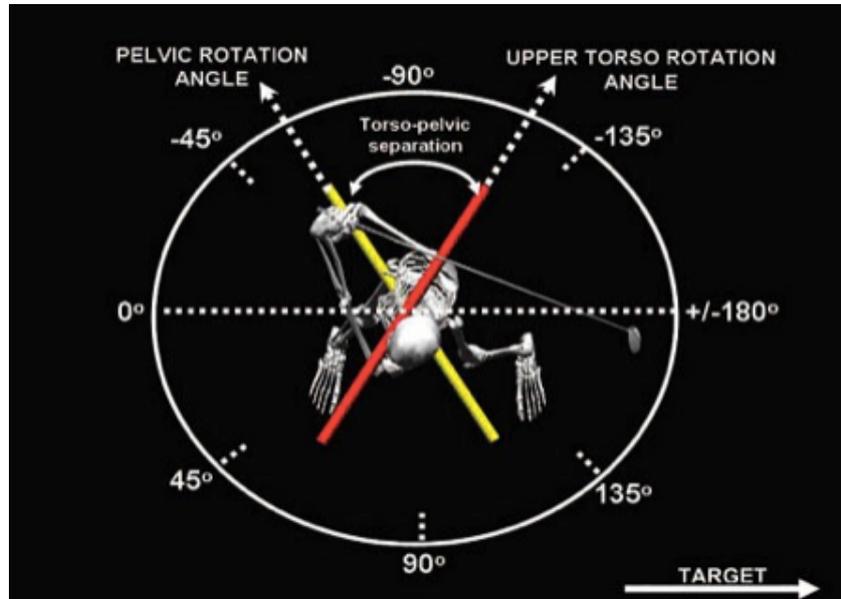
Évolution du pourcentage de joueurs ayant déjà été licenciés dans un autre sport que le golf de manière simultanée en fonction de l'âge



Évolution du pourcentage de joueurs ayant été licenciés dans un autre sport avant de commencer le golf en fonction de l'âge

## Annexe 4

### Illustration du X-Factor Stretch



(MyTPI.com, 2015)

## Annexe 5

### Exemple d'un contre mouvement jump



## Annexe 6

- Sauts bipodaux dans une échelle de rythme (unipodal en progression)

- *Enchaînement de sauts dans l'axe (solicitation des composantes verticale et horizontale)*



- *Enchaînement de sauts latéraux (solicitation des composantes verticale et horizontale)*



- *Enchaînement de sauts antéro-postérieurs avec composante latérale*



- Sauts de haies bipodaux (unipodal en progression)

- *Enchaînement de sauts verticaux dans l'axe (solicitation de la composante verticale)*



- *Enchaînement de sauts latéraux (solicitation de la composante verticale)*



- Contre mouvement jump bipodal (unipodal en progression) en hauteur : unipodal



- Contre mouvement jump bipodal (unipodal en progression ) en longueur (avec ou sans élan des bras)



- Contre mouvement jump bipodal latéral (avec ou sans élan du haut du corps) : ici avec élan des bras



- Contre mouvement jump bipodal avec rotation du corps sur 90° en hauteur (avec ou sans élan du haut du corps ; unipodal en progression) : sans élan des bras



- Contre mouvement jump bipodal avec rotation du corps sur 90° en longueur (avec ou sans élan du haut du corps ; unipodal en progression)



## Annexe 7

Programme de renforcement contre résistance à orientation verticale issu des travaux de Driggers (2014).

### + Exercices

	<b>Semaine 1-4, 8</b>	<b>Semaine 5-7</b>	<b>Semaine 9-10</b>
<b>Journée "poussée"</b>	<i>Overhead squat</i> <i>Back squat</i> <i>Dumbell Bench Press</i> <i>Dumbell Shoulder Press</i>	<i>Overhead squat</i> <i>Back squat</i> <i>Bench Press</i> <i>Push Press</i> <i>Step-ups</i>	<i>Overhead squat</i> <i>Back squat</i> <i>Bench Press</i> <i>Push Press</i> <i>Step-ups</i>
<b>Journée "tirage"</b>	<i>Mid-Tigh Pull</i> <i>Clean Pull depuis genoux</i> <i>Supine Dumbell Pullover</i> <i>1 Bras Dumbell Row</i>	<i>Mid-thigh Pull</i> <i>Clean Pull depuis sous les genoux</i> <i>Supine Dumbell Pullover</i> <i>Bent-over Bar Row</i> <i>Dumbell Reverse Fly</i>	<i>Mid-thigh Pull</i> <i>Clean Pull depuis sous les genoux</i> <i>Supine Dumbell Pullover</i> <i>Bent-over Bar Row</i>

### + Programmes

	<b>Séries X Répétitions</b>	<b>Intensité*</b>	<b>Phase</b>	<b>Adaptations recherchées</b>
<b>Semaine 1-4</b>	3 X 5	65-70%	<i>Force</i>	<i>Développement strict de la force</i>
<b>Semaine 5-7</b>	3 X 8	75-80%	<i>Surmenage</i>	<i>Augmenter la capacité de travail par une exposition à une plus grosse charge de travail</i>
<b>Semaine 8</b>	3 X 5	65%	<i>Affutage</i>	<i>Maximiser la récupération et les adaptations après la phase de surmenage</i>
<b>Semaine 9</b>	3 X 3	85-90%	<i>Force - Puissance</i>	<i>Transférer les adaptations en force vers la puissance</i>
<b>Semaine 10</b>	3 X 2	85-90%	<i>Puissance</i>	<i>Optimisation du développement de la puissance</i>

\*Intensité basée sur le pourcentage du meilleur « séries\*répétitions »