



Année universitaire 2024-2025

☐ Master 1<sup>ère</sup> année ☒ Master 2<sup>ème</sup> année

Master STAPS mention : *Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive*

Parcours : *Préparation du sportif : aspects physiques, nutritionnels et mentaux*

## MEMOIRE

TITRE : Effets d'un entraînement en back squat et squat jump basé sur la vitesse (VBT) sur le profil accélération-vitesse chez des jeunes joueuses de rugby de haut-niveau.

Par : Louis MITCHELL

Sous la direction de : Frédéric DAUSSIN

Soutenu au Département des Sciences du Sport et  
de l'Éducation Physique le : 27/06/2025





« Le département des Sciences du Sport et de l'Education Physique de l'UFR3S n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les mémoires; celles-ci sont propres à leurs auteurs. »

## **Remerciements**

Je souhaite avant tout remercier l'ensemble des personnes ayant contribué à la réalisation de ce protocole.

Dans un premier temps, Frédéric Daussin, mon directeur de mémoire, pour m'avoir conseillé et aiguillé dans mon approche théorique et pratique.

Ensuite, mon tuteur de stage, Sébastien Imbert, pour son aide précieux quant à la mise en place des tests, l'encadrement lors des séances, l'analyse et l'interprétation des résultats.

Également, le représentant de ma structure d'alternance : Olivier Piat, responsable du centre d'entraînement.

Evidemment les joueuses pour leur investissement et leur rigueur pendant la réalisation du protocole et les séances de tests.

## Sommaire

|       |                                                                                              |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | Introduction.....                                                                            | 1  |
| 2.    | Revue de littérature .....                                                                   | 3  |
| 2.1   | Les profils force-vitesse et accélération-vitesse.....                                       | 3  |
| 2.1.1 | Définition .....                                                                             | 3  |
| 2.1.2 | Les profils « <i>in-situ</i> » accélération-vitesse.....                                     | 4  |
| 2.1.3 | Les méthodes de mesure de la relation accélération-vitesse.....                              | 4  |
| 2.1.4 | Les profils optimaux .....                                                                   | 5  |
| 2.2   | Le Velocity-Based-Training (VBT).....                                                        | 7  |
| 2.2.1 | Qu'est-ce que le VBT ?.....                                                                  | 8  |
| 2.2.2 | Intérêt de la mesure de la vitesse .....                                                     | 9  |
| 2.2.3 | Utilisation des retours directs de la vitesse .....                                          | 9  |
| 2.2.4 | Estimation de la 1RM .....                                                                   | 10 |
| 2.2.5 | Les zones de force spécifiques.....                                                          | 11 |
| 2.2.6 | Utilisation des seuils de perte de vitesse .....                                             | 13 |
| 2.2.3 | Les outils de mesure de la VBT .....                                                         | 15 |
| 2.3   | Aspects neuromusculaires du back squat.....                                                  | 16 |
| 2.3.1 | Relation biomécanique entre le squat et la course en sprint .....                            | 16 |
| 2.3.2 | Effets de l'entraînement au back squat sur la capacité d'accélération et de vitesse maximale | 17 |
| 3.    | Sujet d'étude .....                                                                          | 18 |
| 3.1   | Problématique .....                                                                          | 18 |
| 3.2   | Objectifs .....                                                                              | 18 |
| 3.3   | Hypothèses .....                                                                             | 18 |
| 4.    | Expérience professionnelle .....                                                             | 19 |
| 4.1   | Milieu professionnel .....                                                                   | 19 |
| 4.2   | Les sujets.....                                                                              | 19 |
| 4.3   | Le protocole .....                                                                           | 20 |
| 4.3.1 | Méthodologie et organisation de l'étude.....                                                 | 20 |

|       |                                                |    |
|-------|------------------------------------------------|----|
| 4.3.2 | Présentation et réalisation des tests .....    | 21 |
| 4.3.3 | Présentation et réalisation du protocole ..... | 22 |
| 4.4   | Matériels.....                                 | 23 |
| 4.5   | Traitement statistique .....                   | 23 |
| 5.    | Résultats .....                                | 23 |
| 6.    | Discussion .....                               | 25 |
| 6.1   | Effets sur la force maximale.....              | 26 |
| 6.2   | Développement de la vitesse maximale .....     | 26 |
| 6.3   | Amélioration de A0 et V0 .....                 | 26 |
| 6.4   | Limites.....                                   | 27 |
| 6.5   | Perspectives .....                             | 28 |
| 7.    | Conclusion .....                               | 28 |

## **Glossaire**

A0 : accélération maximale théorique

APER : académie pôle espoir

CEL : centre d'entraînement labellisé

F0 : force maximale théorique

Fmax : force maximale

MV : vitesse moyenne

MPV : vitesse moyenne propulsive

Pmax : puissance maximale

PV : pic de vitesse

VBT : Velocity Based Training – entraînement basé sur la vitesse

V0 : vitesse maximale théorique

Vmax : vitesse maximale

# **1. Introduction**

Le rugby à XV (U18) est un sport collectif d'évitement et de contact, mettant en opposition sur le terrain, deux équipes qui luttent pour le gain du ballon pendant 70 minutes. Ces deux équipes, composées de quinze joueurs ou joueuses, ont pour but de marquer plus de points que l'adversaire pour gagner. Pour marquer des points, il est possible d'inscrire un essai en aplatissant le ballon avec les mains sur ou derrière la ligne d'en-but adverse (5 points), mais aussi au pied, en tapant une transformation d'essai entre les poteaux (2 points), un drop ou une pénalité (3 points). Un essai de pénalité (7 points) peut être accordé à l'équipe en possession du ballon, lorsque l'équipe adverse commet une faute, annihilant une opportunité d'essai flagrante. Pour se créer des opportunités de marquer des essais et des points, les joueurs doivent évoluer selon le principe fondamental du rugby qui est d'avancer en continuité. Le jeu est construit autour de quatre règles fondamentales : la marque, le tenu, le hors-jeu mais aussi les droits et devoirs du joueur.

Sur le plan physique, le rugby est caractérisé par des actions intermittentes, exposant les joueurs à des actions de hautes intensités, de courtes durées comprenant des courses à vitesses élevées et des collisions entrecoupées par des actions de longues durées à faibles intensités. Des actions principalement orientées sur des phases d'accélération maximales sur des courtes distances ([Cross et al., 2015](#)). Les joueurs ont donc besoin de développer des hauts niveaux de capacités tels que la vitesse, l'agilité, la force, la puissance et l'endurance ([Johnston et Gabbett., 2011](#)).

Le développement de ces capacités physiques permet de répondre aux exigences de cette pratique qui sont des éléments au centre des intérêts pour les entraîneurs et préparateurs physiques. Le processus de l'entraînement cherche à développer des compétences spécifiques à la pratique en corrélation avec l'exécution des différentes tâches ([Bompa et Buzzichelli., 2019](#)). Dans les sports collectifs, tel que le rugby, il est primordial de considérer le niveau d'exigences physiques qui sont requis pour permettre au sportif d'être performant et d'évoluer au plus haut-niveau. Il est d'autant plus important de permettre aux jeunes joueurs de répondre aux exigences de sa pratique et de son niveau auquel il évolue. Pour cela des méthodes de développement des capacités doivent être intégrées dans les programmes de préparation physique et d'entraînement dès le plus jeune âge.

Pour permettre d'accompagner et d'optimiser le développement des sportifs et des jeunes sportifs, l'émergence de nouveaux moyens de recueil de données ouvre la science du sport à de nouveaux terrains d'études. En effet, des liens ont commencé à se créer entre le milieu sportif et le milieu scientifique à travers la compréhension et l'exploitation de données. Les entraîneurs et préparateurs physiques, peuvent s'aider de système d'acquisition et d'analyse du mouvement, d'application smartphone ou

encore le Global Positioning System (GPS) ([Phomsoupha et al., 2021](#)), pour quantifier et optimiser le développement des athlètes.

Ces nouvelles technologies, vont nous permettre d'avoir une approche plus précise sur l'individualisation de l'entraînement, qui est une composante essentielle à la progression du sportif mais aussi dans un objectif de prévention de blessure et de la réduction des déséquilibres identifiés ([Hagum et al., 2023](#) et [Alonso-Aubin et al., 2021](#)).

Pour introduire le sujet, nous porterons notre attention sur l'utilisation des profils force-vitesse et accélération-vitesse, leur interprétation et leur utilisation dans l'individualisation de l'entraînement dans le sport de haut-niveau. Ensuite nous analyserons la littérature scientifique concernant l'entraînement basé sur la vélocité (VBT), son utilisation dans l'entraînement des capacités physiques et dans la spécialisation de l'entraînement. Puis, nous étudierons l'intérêt de l'utilisation du High Bar Squat pour évaluer les qualités de force maximale (1RM) et les adaptations neuromusculaires que ce mouvement peut créer qui sont transférable au développement de la vitesse et des performances au rugby.

## 2. Revue de littérature

### 2.1 Les profils force-vitesse et accélération-vitesse

#### 2.1.1 Définition

Les profils force-vitesse (F-V), sont basés sur le fondement théorique qui nous permet de comprendre les caractéristiques mécaniques de la performance d'un athlète dans les disciplines qui incluent des sauts et des sprints. Ces profils nous permettent d'évaluer et d'optimiser les contenus d'entraînement des athlètes en utilisant la relation entre la force, la puissance et la vitesse lors de mouvements spécifiques.

En 2016, [Morin et Samozino](#) définissent les profils F-V comme : « L'approche du profilage puissance-force-vitesse est basé sur les relations force-vitesse et puissance-vitesse, qui sont caractérisés par les capacités mécaniques maximales du système neuro-musculaire des membres inférieurs ». Les paramètres principaux interprétés et utilisés dans les profils F-V sont : la force maximale théorique ( $F_0$ ) en newton par kilogramme (N/kg), la vitesse maximale théorique ( $V_0$ ) en mètres par seconde (m/s) et la puissance maximale ( $P_{max}$ ) en watts par kilogramme (W/kg).

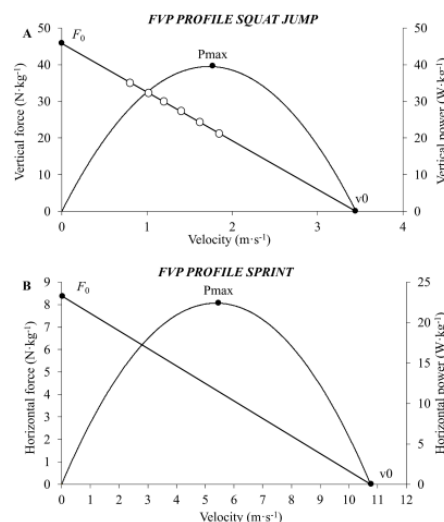


Figure 1. Représentation graphique de profils F-V obtenus lors de saut (haut) et de sprint (bas).([Jiménez-Reyes et al., 2018](#))

Les profils peuvent être évalués et interprétés sur le plan vertical avec des mouvements de poussées balistiques (sauts) et sur le plan horizontal lors d'un sprint. Dans cette étude, nous allons nous intéresser au profilage du profil F-V sur le plan horizontal. Les profils F-V peuvent être utilisés pour déterminer les capacités de sprint d'un athlète. Le profil F-V présente la relation linéaire inversé entre la force appliquée et la vitesse exprimée. Ils donnent les informations sur la force horizontale développée à chaque vitesse en récoltant une courbe de régression linéaire avec en ordonnée la force (N/kg) et en abscisse la vitesse (m/s).

Dans la figure ci-dessus, nous pouvons identifier la manière dont est présentée le profil F-V d'un athlète en fonction du type de mouvement et de l'exercice réalisé. Nous pouvons identifier que les valeurs des différents paramètres sont différentes en fonction du type de sollicitation (squat jump vs sprint). En effet, [Jiménez-Reyes et al. \(2018\)](#), présentent qu'il existe une très faible corrélation entre les paramètres des deux profils F-V chez des sportifs de haut niveau. Ils suggèrent que les deux profils fournissent des informations distinctes concernant les capacités de sauts et de sprints chez les muscles des membres inférieurs.

### 2.1.2 Les profils « *in-situ* » accélération-vitesse

Il sera très important de distinguer les profils F-V et les profils accélération-vitesse *in-situ*(A-S), car c'est avec ces profils que nous avons travaillé dans cette étude pour évaluer et déterminer les profils des joueuses de rugby. Le terme *in-situ* est un mot latin qui signifie, « en place » ou « dans son milieu naturel ». En d'autres termes, lors d'actions ou de mouvements effectués dans la pratique.

L'évaluation des profils A-S, permet de représenter le profil de sprint d'un sportif mais surtout la capacité maximale d'accélération tout au long de son spectre de vitesse. En d'autres termes, il présente les différentes capacités d'accélération d'un sportif à différentes vitesses ([Morin et al., 2021](#)).

Lors de l'évaluation du profil A-S, les paramètres relevés sont l'accélération maximale théorique (A0) en mètres par seconde au carré ( $m/s^2$ ), la vitesse maximale théorique (V0) en mètres par seconde (m/s) et la vitesse maximale (Vmax) courue en kilomètres par heure (km/h).

Dans leur étude de [2021, Morin et al.](#), ont analysé les similitudes des paramètres identifiés dans un profil F-V et A-S. D'ailleurs, ils présentent que la V0 des deux profils ont le même concept mécanique, et que par lois du mouvement de Newton, A0 et F0 sont deux expressions de la même capacité, qui est l'accélération maximale vers l'avant, exprimée en  $m/s^2$  ou la composante antéro-postérieure de force réactive au sol par unité de masse corporelle exprimée en N/kg. La différence majeure qu'ils mettent en avant dans cette étude, est que les profils ne sont pas obtenus exactement de la même manière. En effet, les profils F-V peuvent être seulement obtenus à l'aide d'un sprint linéaire alors que les profils A-S peuvent être relevés grâce à une multitude de sprints linéaires, d'actions de sprint et de changement de direction spécifique à la pratique.

### 2.1.3 Les méthodes de mesure de la relation accélération-vitesse

Dans les sports de contacts et d'évitements tel que le rugby, la capacité d'un joueur et d'une joueuse à parcourir une distance en le moins de temps possible est un facteur de performance clé. Les moyens dont nous disposons pour évaluer les capacités d'accélération et de vitesse d'un athlète est primordiale dans un objectif d'optimiser les performances des sportifs. Le profilage force-vitesse et accélération-vitesse est une méthode simplifiée et efficace pour déterminer les habiletés physiques de nos joueuses.

En effet, l'utilisation de matériels technologiques tels que les cellules photoélectriques, les radars, les plateformes et autres outils de mesures sont à la fois, simples, fiables, reproductibles mais énergivores et souvent consommateurs de temps ([Miguens et al., 2024](#)).

Récemment, un concept d'évaluation des profils A-S fut proposé par [Morin et al. \(2021\)](#), auprès de joueurs de football professionnels. En effet, dans le contexte du sport de haut niveau, le temps est précieux et il paraît difficile pour les professionnels du sport d'accommoder des séances d'évaluation spécifiques. L'utilisation des micro-technologies tel que le Global Positioning System (GPS), pourrait résoudre certaines problématiques rencontrées.

Dans une étude de [2020, Lacome et al.](#), ont analysé la fiabilité de l'utilisation des GPS pour créer un profil F-V chez des athlètes. Pour évaluer la fiabilité de ces technologies, ils ont utilisé trois paramètres récoltés (F0, V0 et Pmax), de deux GPS placés côte à côte sur un athlète lors de sprints linéaires. L'étude n'a démontré aucune différence significative entre les deux GPS pour des mêmes courses réalisées. De plus, des recherches affirment que les GPS seraient une alternative valide et fiable pour évaluer les profils F-V et A-S chez des sportifs de sports collectifs ([Clavel et al., 2022](#)).

Lors d'un sprint, le GPS va calculer la vitesse et l'accélération du sujet qui le porte, en récoltant ses changements de position dans le temps à l'aide de satellites. Ceci permet l'évaluation instantané de la vitesse pendant la phase d'accélération ou de décélération ([Varley et al., 2012](#)). La précision des GPS pour mesurer les données est influencée par la vitesse de récolte des données. En effet, les GPS de 10 et 20 Hertz (Hz) vont fournir des valeurs plus précises et fiables que des GPS de 5 Hz ([Nagahara et al., 2017](#)).

Cependant, il nous semble pertinent de déterminer quelle situation nous permettrait d'obtenir le profil A-S le plus précis possible et le plus proche des capacités réelles des athlètes. [Miguens et al \(2024\)](#), ont comparé les données récoltées pour l'établissement des profils lors de différents entraînements et jeux. Ils découvrent que les valeurs les plus élevées de A0 furent détectées lors de matchs, alors que celles de V0 sont atteintes lors de matchs et les séances d'entraînement de la vitesse. Ce qui est en lien avec les distances moyennes parcourues à haute intensité en match par les joueurs, allant de 10 à 20 mètres. Les valeurs supérieures de V0 pendant les séances de vitesse est due aux distances parcourues plus importantes qu'en match. Ceci suggère que pour obtenir les valeurs réelles de V0 et de la Vmax, paramètres indispensables à l'établissement des profils A-S, il serait plus intéressant d'évaluer les joueurs sur des distances supérieures à 40 mètres ([Miguens et al., 2024](#)).

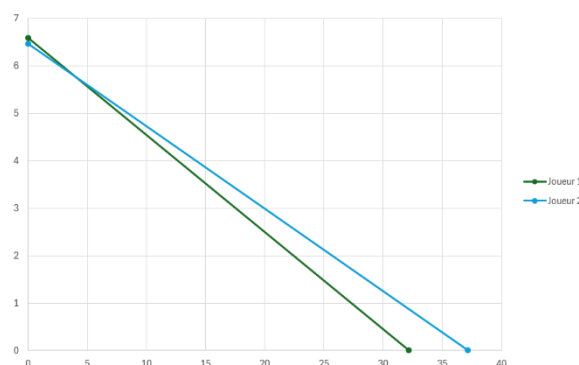
#### 2.1.4 Les profils optimaux

La capacité d'accélération et de vitesse maximale sont des éléments clés de la performance dans de nombreux sports. Les effets de la production de force des membres inférieurs sur l'accélération lors d'un sprint ont été souvent recherchés à travers des exercices comme les squats et les sauts. Les temps au

sprint seraient corrélés à la force et à la puissance maximale produites, avec une décroissance générale lors de l'augmentation de la distance du sprint et du niveau des athlètes. ([Samozino et al., 2021](#)).

Selon les principes basiques de la dynamique de sprint, le déplacement d'un athlète va dépendre de la force appliquée au sol sur le plan horizontal antéro-postérieur lors de la phase d'accélération. La production de force au cours d'un sprint a été bien documentée au cours de la phase d'accélération et de vitesse maximale. Ces études démontrent que la performance au cours de la première phase d'accélération dépend des hauts niveaux de forces propulsives horizontaux appliqués et que la capacité à maintenir une vitesse maximale est associée à la force verticale développée ([Samozino et al., 2021](#)).

Par conséquent, la capacité d'accélération dépend de la force horizontale produite dans le sol à chaque appui. Une approche détaillée et macroscopique de ces capacités est donnée avec la relation F-V et puissance-vitesse lors d'un sprint. En d'autres termes,  $F_0$  ou  $A_0$  et  $V_0$ , sont indépendants et associés à des capacités physiques et techniques en relation avec un haut niveau de force horizontale à vitesse réduite et un niveau moins important à vitesse élevée ou maximale. En réalité, deux sportifs peuvent obtenir deux profils différents mais avec les mêmes niveaux de  $F_0$  ou  $V_0$ . Une des questions principales pour les professionnels du sport est de déterminer quel aspect du profil doit être travaillé et comment programmer un entraînement permettant de répondre aux exigences physiques exprimées lors de la phase d'accélération et de vitesse maximale.

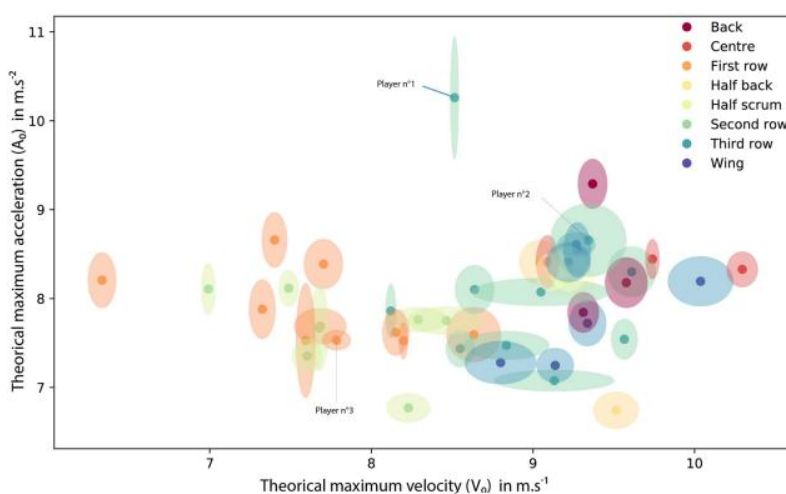


*Figure 2. Comparaison de 2 profils A-S.*

Dans leur étude de [2021, Samozino et al.](#), ont analysé les profils de sportifs provenant de pratiques différentes et mettent en avant la caractérisation du profil comme étant orienté « force » ou « vitesse ». Ceci-dit, ils expliquent bien que l'orientation du profil ne peut se faire qu'en comparaison à d'autres sportifs ou la une valeur moyenne d'un groupe. De plus, ils démontrent que pour l'entraînement d'un athlète en déficit de force, l'augmentation des niveaux de celle-ci à vitesse réduite doit être priorisée et inversement pour le profil en déficit de vitesse pour optimiser les niveaux de  $P_{max}$  développés. Ils rajoutent que l'amélioration des valeurs de  $F_0$  ou  $A_0$  et  $V_0$ , peut se faire à travers l'entraînement de la production des forces horizontales sur l'entièreté du spectre de vitesse. De plus, il a été démontré que la capacité d'accélération dépend principalement de la puissance maximale horizontale développée et du

profil force-vitesse. Le profil individuel optimal va dépendre de la distance parcourue, plus la distance à parcourir est faible, plus le profil optimal sera orienté vers la capacité à développer un haut niveau de force et un haut niveau de vitesse maximale sur les plus grandes distances ([Samozino et al., 2021](#)).

Ceci peut nous orienter sur la spécificité du rugby et le profil optimal que cette pratique requiert pour être performant. Cependant, nous savons que les exigences physiques ne sont pas les mêmes en fonction du poste occupé par les joueuses. [Miguens et al \(2024\)](#), présentent les différences pouvant être significatives entre les profils de joueurs évoluant à des postes différents. Ils identifient que ceux évoluant aux postes de trois-quarts, produisent un plus haut niveau de  $V_0$ , en concordance avec les capacités intrinsèques et les exigences du jeu, précisant que ce sont les joueurs les plus performant sur les distances allant de 20 à 100 mètres, mais aussi répétant un plus grand nombre de sprint et sur une plus grande distance.



*Figure 3. Représentation graphique des profils A-S pour chaque poste.*  
([Miguens et al., 2024](#))

A ce jour, il n'existe pas d'études mettant en évidence le profil optimal chez les jeunes joueuses de rugby. Or, nous savons que le rugby requiert le développement d'une multitude de qualités physiques, tels que la force, la puissance et la vitesse, mais aussi qu'il existe des différences significatives entre les sexes. [Alonso-Aubin et al. \(2021\)](#), présentent l'importance d'individualiser les contenus d'entraînement chez les jeunes joueurs et joueuses de rugby pour adresser les déséquilibres identifiés chez le profil F-V ou A-S. Ils suggèrent qu'un entraînement à charge lourde à vitesse réduite serait efficace chez les sportifs en déficit de force et que des charges légères à vitesse élevée serait pertinent pour les athlètes en déficit de vitesse. L'objectif serait donc de moduler les contenus d'entraînement pour chaque sportif dans le but d'optimiser le profil F-V et A-S.

## 2.2 Le Velocity-Based-Training (VBT)

Les athlètes de tous les niveaux utilisent l'entraînement avec résistance pour développer des qualités tels que la force, la puissance et l'hypertrophie. Les préparateurs physiques veulent prescrire des charges

d'entraînement spécifiques à leur capacité d'effort maximal (e.g., 80% d'une répétition maximale (1RM)), sous forme de schéma de répétitions basé sur l'objectif de l'entraînement. Nous savons aussi que le nombre de répétitions réalisées à un même pourcentage de la 1RM peut être différent d'un athlète à un autre ([Richens et Cleather, 2014](#)). En effet, il a été démontré qu'il y avait des différences significatives du nombre de répétitions réalisées à une même intensité chez des sportifs de pratiques différentes (endurance et force), ce qui est expliqué par les adaptations induites par chaque activité. Ceci suggère que les directives traditionnelles pourraient sous-estimer le nombre de répétition potentiel effectué, plus particulièrement chez les sportifs d'endurance à charge plus faible (e.g 70% et 80% de la 1RM) et chez les sportifs de force (e.g 90% de la 1RM). [Banyard et al. \(2021\)](#), suggèrent que l'adaptation de la charge, pour cibler une vitesse de déplacement de la barre serait un facteur critique pour améliorer la force. Une amélioration de la force qui semble plus impactante chez les sportifs avec des 1RM plus faibles.

### 2.2.1 Qu'est-ce que le VBT ?

Le velocity-based-training (VBT), est une méthode d'entraînement récente qui a pour but de détecter la vitesse d'exécution d'un exercice. Le VBT peut être utilisé d'une façon la plus basique et la plus complexe à travers un continuum de paramètres et d'options avec laquelle elle peut être intégrée ([Weakley et al., 2021](#)).

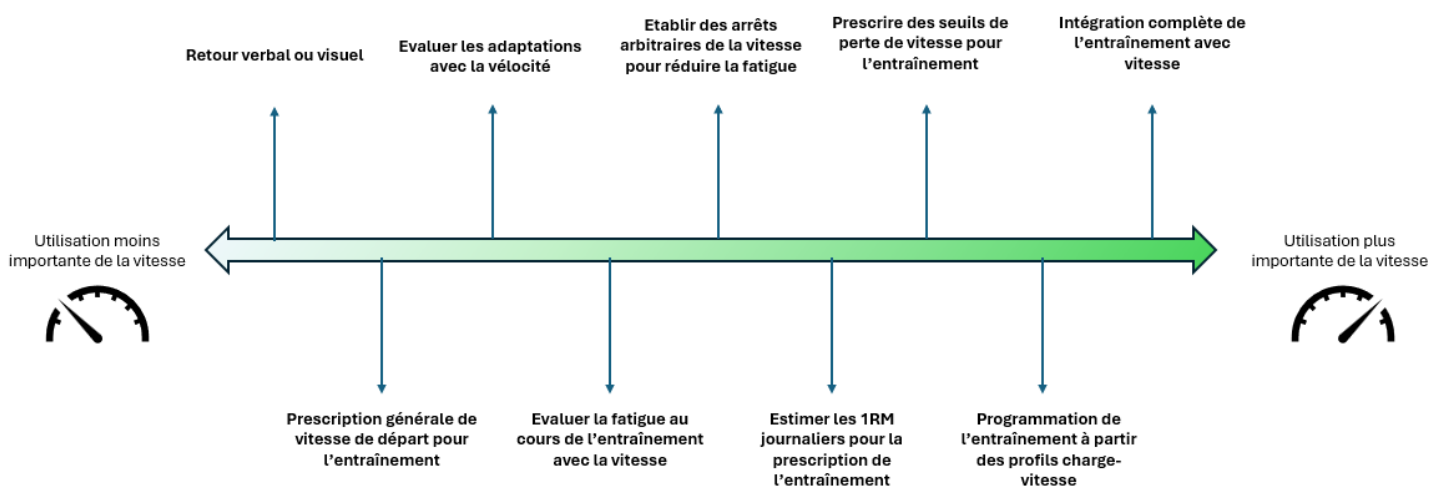


Figure 4. Continuum VBT mettant en avant la variation d'utilisation de celui-ci dans un programme d'entraînement. ([Weakley et al., 2021](#))

D'après la figure 3 (ci-dessus), nous pouvons identifier de nombreux aspects de l'utilisation du VBT dans un programme d'entraînement. En effet, celui-ci peut être utilisé d'une façon assez simpliste ou plus complexe. [Weakley et al., \(2021\)](#) définissent le VBT comme « une méthode qui utilise la vitesse pour informer et améliorer l'entraînement ». Pour être plus précis, dans l'ouvrage de [Nunzio Signore \(2023\)](#), le VBT est décrit comme « une méthode permettant d'évaluer l'intensité d'un mouvement donné

en calculant le déplacement et le temps grâce au suivi des vitesses de la barre ou du corps (appelés vélocité). »

### 2.2.2 Intérêt de la mesure de la vitesse

Il est bien connu que lorsqu'une charge externe augmente, une diminution de la vitesse de celle-ci apparaît. Cette baisse de la vitesse, continue jusqu'à l'atteinte de la charge du 1RM, ce qui correspond au seuil de vitesse du 1RM ([Izquierdo et al., 2006](#)). De plus, il a été démontré qu'il existe une relation linéaire entre la meilleure vitesse exprimée et l'intensité (% 1RM) pour un exercice tel que le back squat ([Pérez-Castilla et al., 2022](#)). Ceci nous permet de lier une vitesse souhaitée à un pourcentage de la 1RM, pour un exercice donné. Ensuite, nous savons que la fatigue induit par l'exercice augmente au cours de l'exécution d'un mouvement. Ce qui engendre une diminution progressive de la force produite, réduisant la vitesse volontaire d'un mouvement ([Sanchez-Medina et al., 2011](#)). Cette induction de la fatigue doit être précisément contrôlé à l'aide de la vitesse pour quantifier objectivement la fatigue neuromusculaire lors de l'entraînement et maintenir la qualité de l'exercice.

En considérant ces éléments, les professionnels peuvent utiliser les valeurs de vitesse pour ajuster précisément les volumes et les charges d'entraînement prescrites pour chaque sportif.

### 2.2.3 Utilisation des retours directs de la vitesse

L'utilisation des retours pendant l'entraînement est un outil puissant pour optimiser de façon aigüe, les performances et les adaptations. Même si les retours peuvent être donnés de différentes manières, les effets des retours visuels et auditifs ont été le plus recherchés dans la littérature. Il a été démontré que les retours peuvent engendrer des meilleures performances chez les hommes, les femmes, les adultes, les adolescents, les sportifs amateurs et professionnels ([Weakley et al., 2021](#)). Des changements de la performances apparus en simultanée avec des améliorations des caractéristiques mentales, avec un accroissement de la motivation et de la compétitivité quand les retours de la vitesse sont fournis ([Weakley et al., 2021](#)). Bien que les retours de la vitesse soient facilement fournis pendant l'entraînement, la fréquence, les méthodes et la personnalité de l'athlète doivent être considérés. Dans le tableau ci-dessous, nous analyserons l'impact de différentes méthodes de retours sur les paramètres de performance.

| <b>VARIABLE de RETOUR</b>          |                                                                                                                                                 |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fréquence</b>                   | Après chaque répétition a été démontré d'engendrer le plus d'effets positifs                                                                    |
| <b>Quantitative vs qualitative</b> | Retours directs sur la vitesse exprimée améliore la performance de façon plus importante que de regarder une vidéo d'une performance précédente |

|                                              |                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Conscience de la performance</b>          | Les athlètes avec la plus faible conscience des capacités démontrent les meilleures améliorations avec les encouragements verbaux                 |
| <b>Motivation et compétitivité</b>           | Avec des retours visuels fournis, il y a des améliorations chez les femmes et les hommes.                                                         |
| <b>Motivation intrinsèque vs extrinsèque</b> | Les athlètes avec motivation intrinsèque préfèrent les retours visuels alors que ceux avec une motivation extrinsèque préfère les retours verbaux |
| <b>Encouragement</b>                         | Les encouragements verbaux peuvent améliorer la vitesse de barre et la puissance.                                                                 |

*Tableau 1. Les variables de retour et leurs effets aigus sur la performance (Weakley et al., 2021)*

Nous identifions que plusieurs paramètres liés à l'entraînement, permettent d'améliorer les performances réalisées. De ce fait, il serait d'autant plus intéressant pour nous d'introduire les retours verbaux sur la vitesse de déplacement de la barre et des encouragements après chaque répétition auprès des athlètes car ceci engendrerait des améliorations plus importantes que les retours visuels et semblent être la variante la plus simple et efficace à mettre en place à l'entraînement. De plus, [Weakley et al \(2020\)](#), démontrent l'importance des retours verbaux et des encouragements pour la conscientisation des capacités de sportifs, ce qui aurait un impact direct sur la vitesse moyenne concentrique de la barre. Ceci met en avant un lien complexe entre la performance physique et la conscience des capacités. De plus, il a été démontré qu'un programme d'entraînement de 4 semaines avec retours, a produit des améliorations significativement plus importantes que le programme sans retour, sur les performances au sprint sur 10 et 20 mètres, mais aussi une augmentation du 3RM au back squat ([Weakley et al., 2019](#)).

#### 2.2.4 Estimation de la 1RM

Une des utilisations intéressantes du VBT est l'estimation de la 1RM grâce à la vitesse enregistrée lors du déplacement de charge sous-maximale et maximale. Les relations charge-vitesse individuelles générales, ont été proposés pour estimer la 1RM lors d'un exercice. Ces estimations sont établies à l'aide de valeurs présentant la vitesse de déplacement de la barre. Les deux variables les plus utilisés dans les études et l'entraînement sont la vitesse moyenne (MV), qui représente la vitesse moyenne de déplacement de la barre pendant la phase concentrique du mouvement et la vitesse pic (PV), la vitesse maximale instantanée atteinte pendant la phase concentrique. Cependant la vitesse moyenne propulsive (MPV), qui correspond à la vitesse moyenne du départ de la phase concentrique jusqu'au moment où l'accélération est moins importante que la gravité, soit moins de  $9,81 \text{ m/s}^2$ , a aussi était proposé comme une alternative pour calculer la vitesse de déplacement de la barre. La différence principale entre MPV et MV, est que ce dernier ne prend pas en compte la phase de freinage du mouvement. [Weakley et al \(2021\)](#), suggèrent que MV et PV fournissent des informations plus pertinentes pour les préparateurs physiques pour l'évaluation des performances et l'entraînement. Cependant MPV, semble être plus

sensible pour détecter les changements de performance que MV, même si les deux valeurs, sont toutes les deux une approximation grossière de la course de la barre ([Sanchez-Medina et al., 2010](#)).

Bien que la relation charge-vitesse facilite une estimation rapide de la 1RM à partir des MV ou MPV enregistrées lors d'une répétition unique, il existe certaines limitations. La relation entre MV et le %1RM peut être influencée par le type d'exercice (squat, développé couché), exécution technique (concentrique vs excentrique-concentrique), le sexe (MV plus élevée chez les hommes à des pourcentages plus faible de la 1RM) et l'outil de mesure ([Weakley et al., 2021](#)). La relation charge-vitesse individuelle est proposé pour combler les limitations présentées précédemment. Le protocole pour déterminer, la relation charge-vitesse individuelle consiste à enregistrer les valeurs de MV pour plusieurs charges sous-maximales, modélisant une régression linéaire pour estimer la 1RM, la charge associée à MV du 1RM (V1RM). Des études ont recherché la V1RM pour différents exercices ([Annexe 1](#)), permettant d'estimer la 1RM pour les athlètes. Cependant, à cause de la faible fiabilité des relations charge-vitesse individuelles, l'utilisation des relations charge vitesse générales sont recommandées pour simplifier la réalisation des tests de 1RM. La V1RM de certains exercices ont été établies pour permettre d'estimer la 1RM d'un athlète en fonction de la vitesse à laquelle il déplace une charge, cependant nous pouvons voir que la V1RM semble assez différentes en fonction de l'exercice réalisé, comme le développé couché (V1RM = 0,17 m/s), le soulevé de terre (0,17 m/s) et le squat (0,3 m/s).

Plusieurs méthodes existent pour déterminer la V1RM, mais la composante technique de la réalisation d'un mouvement doit être considérée. En effet, nous considérons que pour estimer la 1RM d'un mouvement du haut du corps, la méthode 2 points a été confirmée et validée. Néanmoins cette méthode semblerait inadaptée à l'estimation de la 1RM au back squat car les mouvements des membres inférieurs seraient impactés par une complexité technique plus importante ([Weakley et al., 2021](#)).

Dans leur étude de [2022, Pérez-Castilla et al.](#), ont recherché la fiabilité de l'utilisation de la relation charge-vitesse pour estimer la 1RM au back squat. Ils ont démontré une corrélation presque parfaite avec les méthodes traditionnelles d'estimation de la en utilisant la meilleure vitesse obtenue pour une charge donnée, car celle-ci représente la capacité maximale de l'athlète. L'évaluation de la 1RM s'est effectué avec un test incrémental qui consisté à réaliser 3 répétitions à 5 charges différentes relatives à la 1RM, entrecoupées de 3 minutes de récupération, avec 1 à 3 tentatives de 1RM. Ceci démontre la validité et fiabilité de la relation charge-vitesse pour estimer la 1RM au back squat et que la 1RM peut-être déterminé à l'aide de la V1RM pour ce même mouvement de 0,3 m/s.

### 2.2.5 Les zones de force spécifiques

Bien qu'il existe des vitesses standards corrélées aux pourcentages de la 1RM, nous disposons aussi de l'utilisation des plages ou zones de vitesse spécifiques lors de l'entraînement avec VBT. Des zones qui permettent aux professionnels du sport et aux athlètes, d'identifier avec plus de précision les adaptations de force spécifique sur le profil F-V ou A-S. Nous identifions 5 plages de vitesse pour les

mouvements du bas et du haut du corps avec une différence de vitesse de 0,10 à 0,15 m/s pour les membres supérieurs par rapport aux membres inférieurs, en raison de l'amplitude de réalisation des mouvements associés.

|                                      | <b>Force absolue (maximale)</b> | <b>Force accélérative</b> | <b>Force vitesse (puissance vitesse)</b> | <b>Vitesse force (Puissance vitesse)</b> | <b>Force de démarrage (vitesse)</b> |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>% 1RM</b>                         | 80-100% 1RM                     | 60-80% 1 RM               | 40-60% 1RM                               | 20-40% 1RM                               | Poids du corps-20% 1RM              |
| <b>Plage de vitesse bas du corps</b> | < 0,5 m/s                       | 0,5-0,75 m/s              | 0,75-1,0 m/s                             | 1,0-1,3 m/s                              | > 1,3 m/s                           |

*Tableau 2 Zones spécifiques de force selon les différentes vitesses (Nunzio Signore, 2023)*

Il nous semble pertinent d'analyser les zones de force individuellement, d'identifier leur signification par rapport à l'adaptation de l'entraînement qu'elles permettent de réaliser. Les paragraphes ci-après sont issus de l'ouvrage de [Nunzio Signore \(2023\)](#).

#### Zone de force absolue :

Cette zone correspondant au seuil de vitesse inférieur à 0,5 m/s, également connue sous le nom de force maximale, est la plage de vitesse dans laquelle nous pouvons estimer la 1RM. Les vitesses faibles sont dues à la charge importante que l'athlète va déplacer au cours de la réalisation d'un exercice (80-100% 1RM). L'adaptation obtenue est un diamètre augmenté de la section transversale des fibres rapides et une augmentation des unités motrices pouvant être recrutées, ce qui améliore la propriété contractile du muscle. Bien que la force absolue soit la base sur laquelle reposent tous les stimuli plus rapides, ce n'est pas la seule capacité à développer. En effet, il est connu que les jeunes nécessitent un bon développement de la force absolue, celle-ci perdrait son intérêt lors du développement de la puissance et de la vitesse en raison de la vitesse d'exécution des mouvements.

#### Zone de force accélérative :

La zone de force accélérative est aussi connue sous le nom de puissance-force, consiste à déplacer une charge modérément lourde (60-80% 1RM) à une vitesse moyenne (0,5-0,75 m/s). Il est dit que l'athlète va produire les meilleurs efforts lorsque la charge est déplacée entre 0,65 et 0,75 m/s soit entre 60 et 65% de la 1RM. Car c'est une zone de vitesse où les charges sont suffisamment légères pour développer l'accélération de l'équation de la force (force = masse x accélération). La capacité de l'athlète à déplacer la barre plus rapidement permet aux athlètes de créer une force maximale plus importante qu'avec des charges plus importantes, en raison de la composante de vitesse du mouvement.

#### Zone de force-vitesse

Cette zone se situe sur la courbe de la puissance et entraîne le versant force de la puissance. C'est la plage de vitesse (0,75-1,00 m/s) où un sportif plus efficace en termes de force doit s'entraîner lorsqu'il

s'agit de produire le plus haut-taux de développement de la force. Le protocole de cette zone de vitesse sollicite des contractions musculaires quasi maximales à moyennes, avec un focus sur la vitesse de production de cette force (vitesse).

#### Zone vitesse-force

La vitesse-force, est décrite comme la capacité à déplacer un poids léger à une vitesse la plus importante (1,00-1,30 m/s). Ces vitesses de déplacement demandent chez les athlètes, une grosse capacité à générer de la vitesse par rapport à la force développée. Cette zone met principalement l'accent sur l'expression de la vitesse. Il sera important lors de la réalisation des exercices dans cette zone de vitesse, de les effectuer dans une nature de mouvement balistique, pour réduire la composante de décélération que peut engendrer les mouvements réalisés à faible charge, pour que la MPV puisse être la plus réaliste possible.

#### Zone de départ de force (démarrage)

La zone de départ de force ( $> 1,3$  m/s) est décrite comme la capacité à générer de la force à partir d'une position à l'arrêt. Cette zone a pour but d'améliorer la force absolue des athlètes, en réalisant des exercices à dominante de lancers, sprint ou pliométrie rapide.

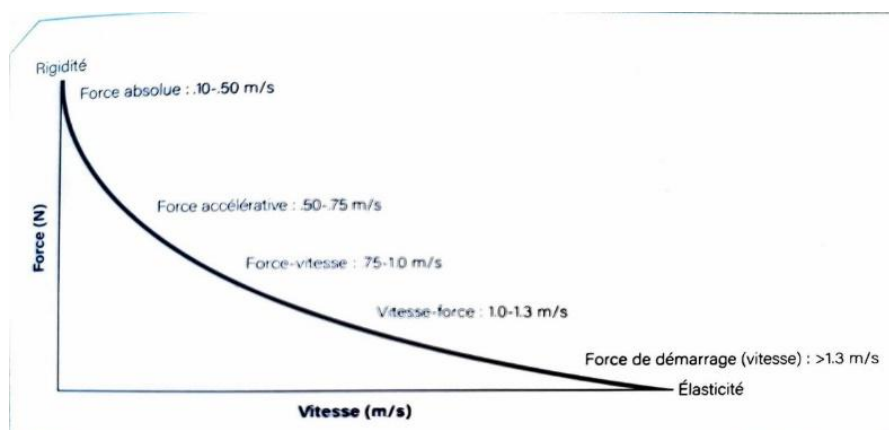


Figure 5. Les zones de vitesse et leur position sur la courbe force-vitesse (Nunzio Signore, 2023).

La figure ci-dessus, nous présente les différentes zones de vitesse et où elle se situe sur la courbe de la relation force-vitesse, ce qui peut nous influencer et orienter dans notre choix d'entraînement auprès de nos athlètes. Pour donner suite à la présentation des différentes zones de vitesse dans lesquelles nous pouvons travailler, il sera très important d'utiliser les plages et les charges adaptées aux objectifs de l'entraînement, dans un but de générer les adaptations requises au développement des qualités physiques des athlètes.

### 2.2.6 Utilisation des seuils de perte de vitesse

Lors de la réalisation d'un exercice donné, celui-ci va induire une fatigue qui va impacter la capacité de l'athlète à reproduire un effort avec la même intensité. La fatigue peut être définie comme « l'incapacité à maintenir une intensité d'exercice donnée et peut varier en fonction de la nature de

l'activité, de l'état d'entraînement de l'athlète et des conditions environnementales présentes » (Brooks et al., 2004).

L'entraînement basé sur la vitesse (VBT), permet de contrôler les modifications des caractéristiques physiques et d'états de forme journaliers. De plus, elle peut standardiser la charge externe appliquée à l'athlète lors de chaque entraînement, grâce à l'incorporation de seuils de perte de vitesse relative ([Weakley et al, 2019](#)). L'intégration des seuils de perte de vitesse pendant l'entraînement, intéresse de plus en plus, notamment grâce à sa faculté à contrôler les intensités exprimées et à influencer les adaptations neuromusculaires. Par exemple, si un seuil de perte de vitesse de 10% est appliqué lors de la réalisation d'une série au back squat avec une vitesse initiale de 0,7 m/s, la série se verrait terminée lorsque la vitesse de la barre atteindrait 0,63 m/s.

[Parejo-Blanco et al \(2017\)](#), ont mis en évidence que les adaptations en force, puissance et hypertrophie peuvent être différents selon le seuil de vitesse appliqué. En effet, un seuil de perte de vitesse de 40% induisait une augmentation de la taille de la section transversale du muscle mais une perte de capacité de vitesse contractile. Contrairement au seuil de perte de vitesse de 20%, qui aurait induit des gains significatifs en force et en puissance.

[Weakley et al \(2019\)](#), ont étudié les impacts d'un entraînement au back squat à des charges permettant de déplacer la barre à MPV de 0,70 m/s lors de la phase concentrique, avec des seuils de vitesse de 10% (0,63 m/s), 20% (0,56 m/s) et 30% (0,49 m/s). Les sujets devaient réaliser une séance composée de 5 séries au back squat, par semaine, avec minimum 72 heures de récupération entre les séances. Ils suggèrent que les seuils de vitesse soient utilisés pour la prescription de l'entraînement. De plus, ils identifient des divergences entre la perception de l'effort, les réponses métaboliques et neuromusculaires, en fonction du seuil de perte de vitesse appliqué. Comparé à 20% de perte de vitesse, un seuil de 30% induirait des plus grandes réponses métaboliques (taux de lactate), des plus grandes pertes de hauteur de saut et une perception accrue de l'effort. De plus, le seuil de 10% induirait des changements minimes de niveau de température corporelle et un effort physique moindre. Ils suggèrent donc l'utilisation d'une perte de vitesse de 10% lors d'une période de gestion de la fatigue induite et les seuils plus importants (30%), lorsque nous souhaitons créer des adaptations physiques. Bien que, la capacité à contrôler les bénéfices d'un entraînement est une perspective intéressante pour le préparateur physique, comprendre les différentes méthodes de seuil avec le VBT est important mais permet aussi de comprendre les adaptations que cela va engendrer.

Deux des méthodes les plus communément utilisées sont d'établir une vitesse cible ou d'utiliser une charge établie du profil charge-vitesse. De plus, des modifications de la charge externe peuvent être fait par l'athlète ou le préparateur physique pour assurer l'utilisation d'une charge adaptée. La programmation de l'entraînement avec VBT, permet d'établir des schémas de répétitions et de séries « flexibles » ou « fixes ». L'entraînement traditionnel fournit des schémas rigides, mais le VBT permet

d'adapter le volume d'entraînement en fonction des capacités des athlètes. Dans le tableau ([Annexe 2](#)), différentes utilisations du VBT pour prescrire l'entraînement sont présentés. La méthode d'entraînement avec VBT la plus communément utilisé pour prescrire l'entraînement est lorsqu'une vitesse cible est établie avec des seuils de perte de vitesse fixés. Pour cette méthode, les séries d'entraînement sont prescrites, les répétitions et la charge flexibles. De plus, la charge peut être adapté de 4 à 5 % du 1RM pour atteindre les vitesses souhaitées ([Weakley et al, 2021](#)).

L'entraînement de la force semble intéressant avec des charges plus élevées (vitesse plus faible) et un seuil de vitesse de 20% qui induit moins de fatigue. De plus, les seuils de vitesse plus faibles (e.g. 10%), minimise la fatigue induite par l'exercice, tout en permettant l'expression de valeurs plus élevées de la puissance.

### 2.2.3 Les outils de mesure de la VBT

L'évolution des outils technologiques à disposition des entraîneurs et préparateurs physiques ne cessent d'évoluer, pour permettre aux athlètes de répondre aux exigences de leur pratique. La capacité à quantifier, suivre et analyser l'entraînement est essentiel pour maximiser les adaptations. La gestion du volume d'entraînement est primordiale car elle va influencer les adaptations morphologiques et neuromusculaires.

Il a été accepté et validé que les transducteurs de position linéaire (TPL) sont plus performants que d'autres technologies tels que les accéléromètres et les lasers optiques ([Kilgallon et al., 2022](#)). Les TPL tels que le Vitruve, sont capables de mesurer le déplacement de la barre sur le plan linéaire. Il se compose d'un câble de mesure qui s'attache à la barre et d'un capteur, tel qu'un codeur rotatif ou potentiomètre. Le capteur convertit la variation de distance du câble, en vitesse et accélération. L'utilisation des TPL sont simples et pratiques car ils ne nécessitent pas de changer de paramètres pour passer d'un exercice à un autre ([Nunzio Signore, 2023](#)).

Le Vitruve (figure 6) se distingue des autres outils de sa catégorie par sa faculté à calculer les 3 variables de VBT : MPV, MV et PV. Dans leur étude de [2022, Kilgallon et al.](#), ont étudié la fiabilité du recueil de MPV, MV et PV avec un Vitruve pour établir le profil charge-vitesse lors du back squat, mais aussi la fiabilité et la validité de ce même outil pour estimer la 1RM, en utilisant la relation linéaire régressive. Ils en concluent que l'utilisation de MPV et MV est hautement fiable de 20% à 90% de la 1RM, pour établir les profils charge-vitesse et que l'utilisation de MPV et MV seraient fiables pour estimer la 1RM mais qu'ils présentaient une faible validité.



Figure 6. TPL de la marque Vitruve.

Pour les TPL, les données peuvent être stockées sur l'application ou directement sur l'appareil. Lors de la réalisation d'un entraînement ou d'un exercice avec TPL, la configuration est très simple et intuitive.

Si l'utilisation se fait via l'application Vitruve, il suffit d'ouvrir l'application et de suivre les étapes ([Annexe 3](#)). L'utilisation de ce logiciel permet de suivre facilement et intuitivement les données de performances des athlètes lors de la réalisation d'un exercice. Elle permet aussi d'établir les seuils de perte de vitesse qui nous permettent de gérer le volume d'entraînement et la fatigue induite par l'exercice. Nous savons qu'il est important d'établir les paramètres permettant d'optimiser l'entraînement des athlètes pour améliorer leurs performances. Cependant, il est d'autant plus primordial de trouver l'exercice qui va nous permettre d'induire les adaptations recherchées, notamment avec une amélioration des capacités d'accélération et de vitesse maximale dans le but d'améliorer le profil accélération-vitesse des athlètes.

## 2.3 Aspects neuromusculaires du back squat et squat jump

Les exercices à la poussée verticale, tel que le back squat et le squat jump, sont souvent reconnus comme étant des éléments essentiels dans les programmes d'entraînement pour développer la force et la puissance des membres inférieurs. Cependant, il paraît pertinent d'identifier les relations biomécaniques et physiques qu'ils existent entre les trois mouvements.

### 2.3.1 Relation biomécanique entre le squat, le squat jump et la course en sprint

La relation physiologique entre le back squat et le sprint est une liaison complexe de production de force, d'activation musculaire et d'efficacité biomécanique. Les exercices de squat nécessitant une production maximale de force, sont étroitement liés à la performance au sprint lors de la phase d'accélération, sur des distances allant de 0 à 30 mètres. En effet, les extenseurs de hanche et de genoux, sont activement engagés lors de la réalisation d'un squat mais aussi pendant les premières phases du sprint ([Möck et al., 2021](#)). De plus la phase propulsive du squat, caractérisée par MV et PV, présente une relation avec les temps au sprint sur 30 mètres, ce qui indique que la capacité à générer la force à une vitesse élevée est bénéfique pour la capacité à sprinter ([Can et al., 2014](#)).

La capacité d'accélération est influencée par la cinématique des appuis, tels que la longueur des foulées et le temps de contact au sol, qui sont directement impactés par la production de force développée lors d'un squat. Cette production de force doit être efficace, elle est aussi caractérisée par la force verticale associée, les temps de contact courts et rapides, ce qui est essentiel pour optimiser la phase d'accélération ([Lockie et al., 2013](#)). La phase de transition d'une course à dominante de genoux à celle d'ischios, pendant un sprint, suggère que l'accent du squat sur les extenseurs de genoux serait bénéfique pour la phase initiale de l'accélération ([Möck et al., 2021](#)).

L'influence du type de squat réalisé exercerait une influence particulière sur la biomécanique du sprint. En effet, les squats traditionnels (back squat) et balistiques (squat jump) contribuent fortement au temps au sprint, avec une corrélation significative aux valeurs de puissance relative exprimée. Ceci souligne l'importance de la force et de la puissance développée lors du sprint ([Requena et al., 2011](#)).

### 2.3.2 Effets de l'entraînement au back squat et squat jump sur la capacité d'accélération et de vitesse maximale

Comme évoqué précédemment, l'efficacité du back squat pour optimiser les performances au sprint repose sur sa faculté à augmenter la force et la puissance, qui sont des composantes essentielles lors de l'accélération et la vitesse maximale. Cependant, l'étendue des effets va dépendre du protocole d'entraînement. En [2022, Shiba et al.](#), ont comparé les effets de l'entraînement au back squat et au soulevé de terre sur les performances au sprint sur 10 mètres. Il a été démontré que le soulevé de terre améliore de façon plus significative les performances sur 10 mètres que le back squat. Or, un entraînement basé sur la vitesse (VBT) au back squat a démontré des améliorations sur les temps au 5 et 10 mètres, ce qui suggère que la nature dynamique de la phase concentrique du mouvement peut optimiser la phase d'accélération, comparé à un entraînement basé sur les pourcentages de la 1RM ([Banyard et al., 2021](#)).

Alors que l'entraînement au back squat peut être efficace pour améliorer la capacité d'accélération, ses effets sur la vitesse maximale sont moins prononcés. Cependant, des protocoles avec VBT au back squat ont démontré des effets favorables à la performance sur 20 mètres, ce qui indique des effets potentiels sur la vitesse maximale ([Banyard et al., 2021](#)).

De plus, l'entraînement au squat jump à charge optimale, induirait des effets significatifs sur les vitesses de sprint entre 5 et 30 mètres, en comparaison à un push press. ([Loturco et al., 2016](#))

Le choix du protocole d'entraînement influence fortement les résultats obtenus. En effet, un entraînement au back squat, à raison de 5 séries de 4 à 10 répétitions pendant 8 semaines, améliore de façon significative la performance au saut, en étroite corrélation avec la performance au sprint (Wirth et al., 2016).

### **3. Sujet d'étude**

#### **3.1 Problématique**

Cette revue de littérature scientifique nous a permis de voir l'évaluation des profils accélération-vitesse, leur interprétation et leur utilisation dans l'individualisation de l'entraînement de la joueuse. Plus le niveau est élevé, plus il est important que le joueur ait développé des capacités physiques adaptées. C'est pour cela qu'il est d'autant plus important de préparer du mieux possible nos sportifs, pour qu'ils soient capable de répondre aux demandes et aux contraintes de la pratique du rugby de haut-niveau.

Avec mon tuteur professionnel Olivier Piat, manager de l'Académie Pôle Espoir et de Centre d'Entraînement de la structure où j'effectue mon alternance, nous avons identifié l'importance d'intégrer un programme d'entraînement individualisé, permettant de réduire les déséquilibres identifiés sur le profil A-S de chaque joueuse.

A notre connaissance, dans la littérature scientifique, il existe très peu d'études qui ont analysé les effets d'un entraînement au back squat et au squat jump basé sur la vitesse (VBT) sur le profil accélération-vitesse chez des jeunes joueuses de rugby. En effet, notre problématique sera d'utiliser la méthode d'entraînement basé sur la vitesse au back squat dans les zones de vitesse de force accélérative et de vitesse force, pour identifier si celle-ci permet d'améliorer les capacités d'accélération et de vitesse maximale et d'optimiser le profil accélération-vitesse.

#### **3.2 Objectifs**

L'objectif de cette étude sera d'apporter des nouvelles données et de compléter les études déjà réalisées sur l'entraînement au back squat et au squat jump basé sur la vitesse sur la capacité d'accélération et de vitesse maximale, chez des jeunes joueuses de rugby. Nous recherchons l'impact de cette méthode d'entraînement sur les capacités de sprint des joueuses. Mais aussi en fonction du profil travaillé, pour enfin identifier son effet sur le développement de la force maximale et de la 1RM au back squat.

#### **3.3 Hypothèses**

Nous émettons l'hypothèse que les deux groupes d'entraînement vont améliorer leur capacité d'accélération quelle que soit la méthode utilisée.

Nous émettons la seconde hypothèse que le groupe travaillant la vitesse-force au back squat aura des meilleurs résultats que le groupe entraînant la force accélérative, sur l'amélioration de la vitesse maximale.

Nous émettons la troisième hypothèse que les deux groupes vont améliorer leur 1RM au back squat.

## 4. Expérience professionnelle

### 4.1 Milieu professionnel

Cette étude va être réalisée dans la structure du Centre d'Entraînement de la Ligue Hauts-de-France de Rugby (CEL) du lycée Beaupré à Haubourdin (59), auprès du groupe féminin de ce centre d'entraînement. Cette structure dans laquelle je travaille maintenant depuis septembre 2023 en tant que préparateur physique et entraîneur de rugby, est reconnue pour son niveau professionnel mais surtout pour la qualité de sa formation. En effet, elle permet aux jeunes joueuses de s'entraîner et de jouer au plus haut niveau national, en l'occurrence le championnat de Cadette Elite (F-18). Le CEL est composé d'un effectif de 30 joueuses qui sont toutes scolarisés dans l'établissement du lycée Beaupré et pour qui la majorité sont internes dans ce même établissement. Ceci leur permet d'avoir un emploi du temps organisé et adapté afin d'étudier et de s'entraîner quotidiennement. La totalité des séances d'entraînement au cours de la semaine ont lieu dans l'enceinte de l'établissement, avec l'utilisation des nombreuses infrastructures à disposition, tels qu'un terrain de rugby synthétique, deux gymnases et une salle de musculation. Les jeunes font parties intégrantes du CEL mais jouent pour le club du Stade Villeneuvois. De plus, le lycée est aussi « Académie Pôle Espoir » (APER), structure de formation de la Fédération Française de Rugby (FFR). L'objectif prioritaire de l'APER est de former à être des futures joueuses en équipe de France (XV ou 7). Cette spécificité permet aussi au CEL et à l'APER de bénéficier d'un accès à du matériel technologique de qualité.

### 4.2 Les sujets

Le protocole réalisé, dans le but de répondre à la problématique va être mis en place auprès des joueuses du CEL. Un total de 24 joueuses en bonne santé physique va être présent au départ du protocole. Elles sont âgées entre 15 et 17 ans, et pratiquent le rugby à haut-niveau, ayant un minimum de 3 heures de préparation physique et 3 heures d'entraînement terrain par semaine.

Les caractéristiques anthropométriques ont été récoltées avant le début du protocole. La masse corporelle (kg) a été mesurée à l'aide d'une balance numérique et la taille (cm) a été mesurée grâce à une toise mobile. Les joueuses ont tous donné leur consentement afin que les données récoltées soit utilisées lors de cette étude. Le tableau 3 (ci-dessous) représentant les caractéristiques des sujets.

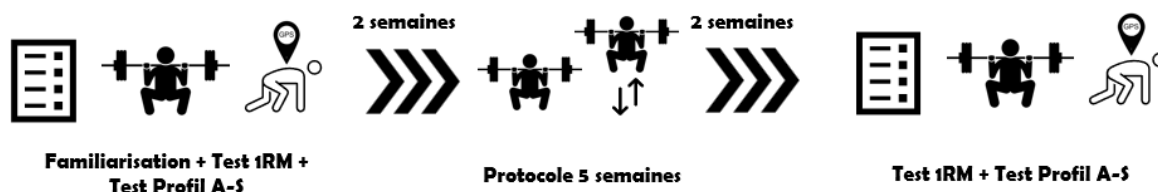
|                     | Âge (ans)  | Taille (cm) | Masse corporelle (kg) |
|---------------------|------------|-------------|-----------------------|
| <b>Groupe Total</b> | 16,2 ± 0,8 | 167,6 ± 7,3 | 71,4 ± 13,8           |

*Tableau 3. Caractéristiques du groupe.*

## 4.3 Le protocole

### 4.3.1 Méthodologie et organisation de l'étude

La méthodologie que nous avons mis en place pour cette étude comprend deux phases différentes.



*Figure 7. Protocole général*

Le protocole d'entraînement a été effectué sur une période de 5 semaines, de janvier à février 2025. La phase de familiarisation s'est déroulée sur la période de décembre, où les joueuses ont découvert l'utilisation du VBT avec un Vitruve lors d'un entraînement au back squat. Les premiers tests ont pris place en fin du mois de décembre, deux semaines où nous avons testé la 1RM au back squat et récolté les données du profil A-S des joueuses. Ensuite, la deuxième phase d'évaluation s'est déroulée deux semaines après la fin du protocole d'entraînement. Pour donner suite à cela, nous avons récolté toutes les données nécessaires à l'analyse de notre étude.

Les sessions tests ont toutes lieux à trois jours après la rencontre précédente (J+3) et deux jours avant la rencontre suivante (J-2), pour permettre une récupération optimale et ne pas engendrer une fatigue musculaire trop importante. Toutes les joueuses ont effectué le test d'estimation de la 1RM au back squat et ont réalisé deux sprints de 50 mètres. Les évaluations ont été effectuées avec un Vitruve (1RM au back squat) et des GPS pour les sprints. Le protocole précis des évaluations est détaillé dans la partie suivante.

Pour le protocole d'entraînement, nous avons réparti les joueuses dans deux groupes en fonction de la moyenne du groupe. Les joueuses au profil orienté « force » ont été regroupées dans le groupe « vitesse », à l'inverse des joueuses au profil à dominante de « vitesse », qui ont été placées dans le groupe « force ». Les joueuses au profil « équilibré », ont été réparties aléatoirement dans l'un des deux groupes pour équilibrer le nombre de joueuses dans chaque groupe de travail.

Les joueuses ont effectué deux entraînements au back squat ou de squat jump par semaine, entre J+2 et J-3 du match, séparés de 24 heures de récupération minimum. Ces séances ont pris place pendant 5 semaines, soit un total de 9 séances.

## 4.3.2 Présentation et réalisation des tests

### 4.3.2.1 1RM au back squat

La réalisation des tests au back squat ont suivi étroitement le protocole de réalisation proposé par [Banyard et al. \(2021\)](#). Les joueuses ont réalisé toutes les répétitions en utilisant une barre de 20-kg et un TPL (Vitruve) attaché à 65 centimètres (cm) à gauche de du centre de la barre pour récolter les données, dont la validité de MPV a été démontré par [Martinez-Cava et al \(2020\)](#). Les sujets ont commencé par un échauffement qui consisté à effectuer 5 minutes de déverrouillage individuel spécifique, 3 minutes d'activation bas du corps et 3 séries de 10 squats avec une intention maximale de vitesse concentrique. Les joueuses pour qui la 1RM précédente était connue, ont ensuite commencé leur estimation de la 1RM, composé de séries à environ 20% de 1RM (3 répétitions), 40% de 1RM (3 répétitions), 60% de 1RM (3 répétitions), 80% de 1RM (1 répétition) et 90% de 1RM (1 répétition). Ceci était suivi de 1 à 3 tentatives pour se rapprocher de 0.3 m/s, qui représente la valeur de V1RM du back squat ([Weakley et al., 2021](#)). Une récupération passive était toujours requise entre les séries de 3 répétitions (3 minutes) et de 1 répétition (5 minutes). Les joueuses avaient pour consignes de garder la barre sur le haut du trapèze et les pieds en contact avec le sol. La même technique de squat devait être réalisée à chaque répétition, dès lors que la flexion de genoux fut acceptable, les sujets étaient encouragés verbalement à réaliser la phase concentrique du mouvement avec intention maximale. Pour chaque série, nous avons relevé la répétition avec la valeur la plus élevée de MPV, ce qui représente la valeur la plus proche de la capacité maximale de la joueuse à la charge soulevée. A la suite de cela, nous avons pu établir la relation charge-vitesse pour chaque joueuse et estimer la 1RM grâce à la charge représentant la V1RM, soit 0,3 m/s. En utilisant l'équation de la courbe de régression, nous avons déterminé la valeur de 1RM théorique.

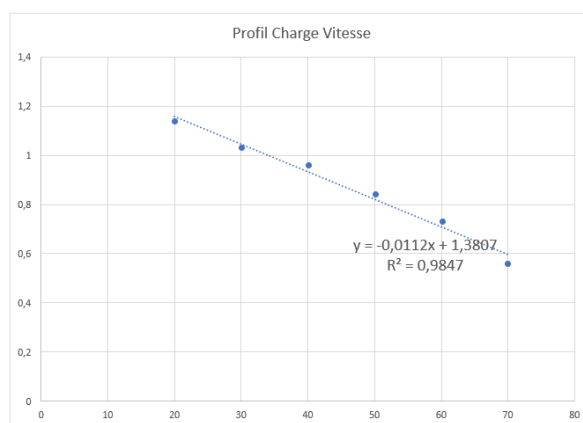


Figure 8. Exemple de relation charge-vitesse au back squat.

La figure 8 représente comme les relations charge-vitesse individuels furent construits en utilisant la meilleure valeur de MPV récoltée à chaque charge, en appliquant ensuite la courbe de tendance.

En estimant chaque 1RM, nous avons construit le tableau des pourcentages de la 1RM pour chaque joueuse ([Annexe 4](#)).

#### 4.3.2.2 Profils accélération-vitesse

Les tests des profils accélération-vitesse ont été réalisés entre J+3 et J-2 des matchs de championnats, en fin de journée sur un terrain synthétique de rugby. Pour évaluer la capacité de vitesse et établir le profil A-S de chaque joueuse, elles étaient équipées de GPS de 18 Hz (GPexe LT-18hz Udine It), ce dernier est porté par une brassière de la marque GPexe.

Par la suite, nous avons récolté les données de V0, A0, Vmax et les temps au sprint sur 10, 20 et 30 mètres ([Annexe 5](#)). Données avec lesquelles nous avons pu établir les profil A-S de chaque sujet et la moyenne du groupe. En établissant la moyenne du groupe, nous avons pu répartir les joueuses dans leur groupe de travail respectif, en comparant la courbe de tendance du profil de la joueuse à celle de la moyenne.

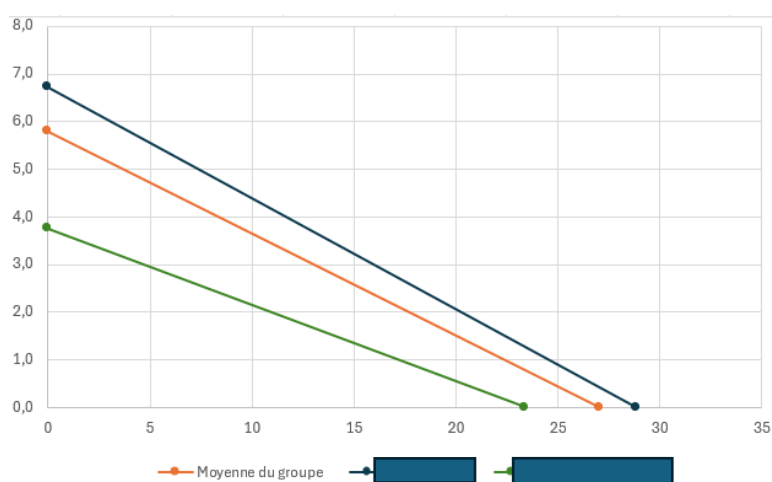


Figure 9. Comparaison de 2 profils A-S individuels à la moyenne du groupe.

#### 4.3.3 Présentation et réalisation du protocole

Pour le protocole d'entraînement (Figure 10), nous avons suivi les recommandations de [Weakley et al., en 2021](#) ([Annexe 2](#)), en prescrivant aux deux groupes 3 séries de n répétitions avec 20% de seuil de perte de vitesse.

Le groupe « force » avait pour but de travailler au back squat dans la zone de vitesse « force-accélération » compris entre 0,5 à 0,75 m/s et des charges allant de 60 à 80% de la 1RM. La vitesse cible était de 0,7 m/s à 60% 1RM avec une perte de vitesse de 20% soit 0,56 m/s. Un seuil de perte de vitesse intra-série de 20% fut établie aussi pour les séries à vitesse supérieure de 0,6 m/s, dans un objectif de contrôler le volume d'entraînement.

Le groupe « vitesse » a eu comme objectif de réaliser les entraînements au squat jump dans la zone de « vitesse-force », exprimant des vitesses comprises entre 1 et 1,3 m/s à des charges faibles de 30 à 50% de la 1RM. La vitesse cible était de 1,1 m/s à 40% 1RM avec un seuil de perte de vitesse de 20%

soit 0.88 m/s. Comme le groupe force, un seuil de perte de vitesse intra-série de 20% fut établie lorsque les valeurs de vitesse furent trop élevées.

Pour chaque groupe, la charge déplacée a pu être modifiée de 5% de la 1RM pour répondre aux exigences des vitesses développées, que la valeur soit trop faible ou trop élevée.

Les retours des vitesses exprimées ont été donnée verbalement après chaque répétition, accompagnés d'encouragement, par l'entraîneur et les autres joueuses.

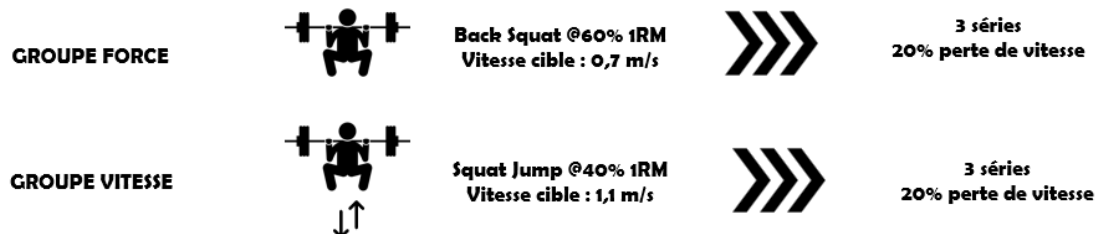


Figure 10. Protocole d'entraînement avec VBT.

#### 4.4 Matériels

Pour le bon déroulement de ce protocole, nous nous sommes munis de deux TPL de la marque Vitruve, afin de mesurer précisément les données de vitesse exprimées, mais aussi pour assurer la bonne réalisation du protocole par les joueuses.

#### 4.5 Traitement statistique

Pour commencer, nous avons calculé les moyennes  $\pm$  l'écart type des données anthropométriques. La normalité des données seront calculés grâce au test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances sera contrôlée avec le test de Levene. En fonction des résultats obtenus, pour comparer les résultats de deux tests nous avons utilisé De plus, nous avons réalisé le Test ANOVA à 2 voies à mesures répétées et le T de Student, le test paramétrique pour les valeurs appariés. pour comparer les modalités d'entraînement entre elles. Le traitement statistique s'est sur Excel 2019 et sur le logiciel Prism 8.4.1 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA). Enfin, le D de Cohen (1998) sera utilisé pour étudier la taille de l'effet (effect size, ES), lorsque les calculs seront effectués, les valeurs seront comparées à la table d'interprétation ([Annexe 6](#)).

### 5. Résultats

Sur les 24 sujets initiaux, seuls 20 ont été retenus pour l'analyse. Ont été incluses les joueuses ayant réalisé au moins 78 % des séances (soit 7 sur 9) et les deux tests physiques. Les participantes blessées, malades, absentes ou n'ayant pas complété les conditions expérimentales ont été exclues des résultats statistiques. L'ensemble des résultats sont présentés dans le tableau de synthèse ([Annexe 7](#)).

Nous avons d'abord analysé les effets des deux méthodes d'entraînement sur la force maximale (1RM) au back squat. Les résultats montrent un impact significatif de l'entraînement, que ce soit en back squat ou en squat jump, sur la charge maximale déplacée. Les sujets ayant réalisé des squat jumps à 40 % de leur 1RM ont vu leur 1RM augmenter de 21 % en moyenne ( $p < 0,01$  ;  $ES = 1,18$ ), tandis que ceux ayant effectué des back squats à 60 % de leur 1RM ont observé une amélioration moyenne de 29 % ( $p < 0,01$  ;  $ES = 1,18$ ).

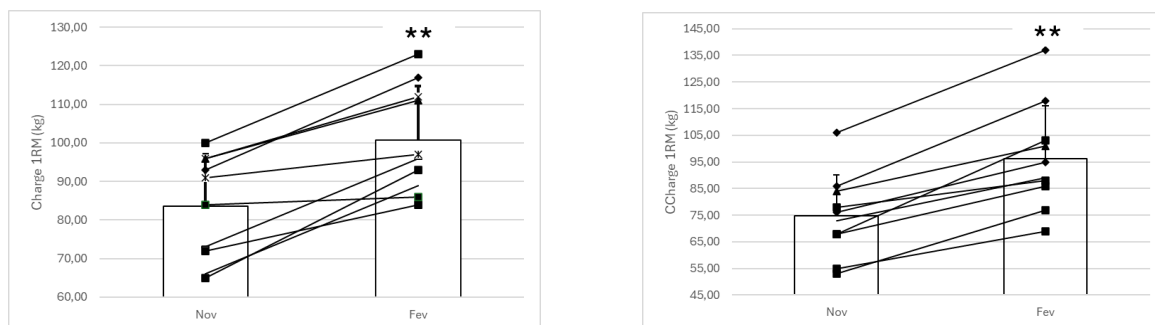


Figure 11a et 11b. Evolution du 1RM au back squat pour le groupe vitesse (gauche) et force (droite)

Dans un second temps, nous pouvons analyser les impacts des méthodes d'entraînement sur le développement des capacités de  $V_{max}$ , de  $A0$  et de  $V0$  chez les joueuses. Tout d'abord nous identifions une amélioration significative de la moyenne de la  $V_{max}$  exprimée chez les deux groupes, avec une taille d'effet importante. En effet, le groupe vitesse s'est vu améliorer ses performances de 4% en moyenne ( $p < 0,05$  ;  $ES = 0,73$ ) tel que le groupe force de 4% ( $p < 0,01$  ;  $ES = 0,80$ ). L'ANOVA ne révèle pas de différence significative entre les groupes ( $p = 0,81$ ).

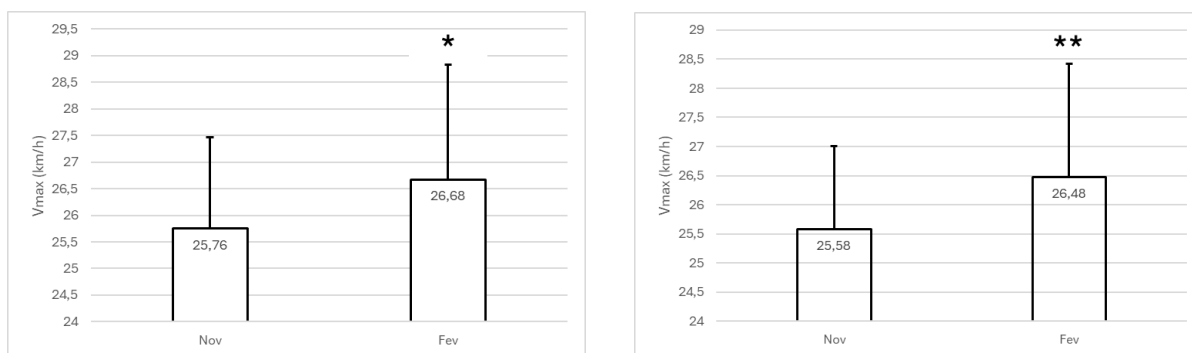


Figure 12a et 12b. Evolution de la  $V_{max}$  du groupe vitesse (gauche) et du groupe force (droite)

L'analyse statistique ne met en évidence aucune progression de l'accélération maximale théorique pour le groupe vitesse, tandis qu'une amélioration significative est observée pour le groupe force. Effectivement, celui-ci a augmenté ses valeurs moyennes de manière significative (+ 10% ;  $p < 0,05$  ;  $ES = 0,80$ ).

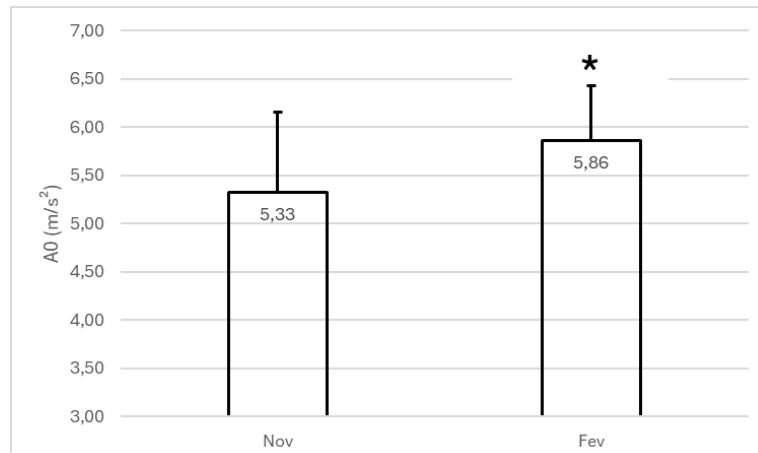


Figure 13. Evolution de A0 pour le groupe force

De plus, il semblait que le groupe vitesse n'avait pas augmenté la valeur moyenne de V0 à la suite du protocole d'entraînement ( $p = 0,06$ ), néanmoins après avoir retiré les données aberrantes d'une joueuse, nous observons une amélioration significative de V0 pour le groupe vitesse ( $p < 0,01$  ; ES = 0,77).

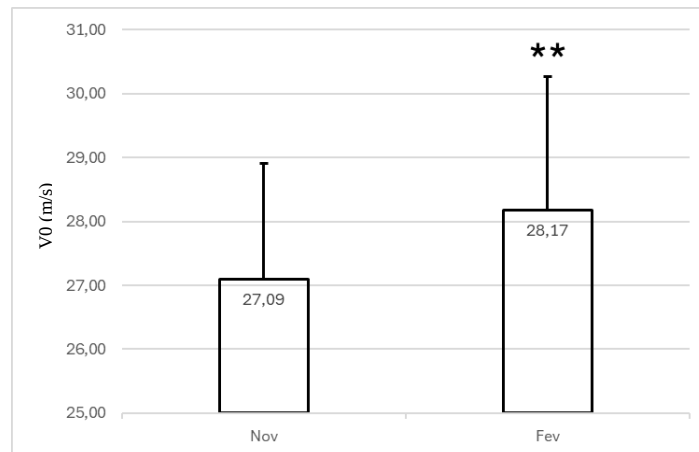


Figure 14. Evolution de la V0 du groupe Vitesse

## 6. Discussion

L'objectif de cette étude était d'analyser les effets d'un entraînement en back squat et en squat jump basé sur la vitesse sur le profil accélération vitesse de jeunes joueuses de rugby de haut niveau. Trois hypothèses ont été posées :

1. Les deux méthodes d'entraînement permettent une amélioration de l'accélération.
2. Le groupe vitesse améliorerait davantage sa vitesse maximale que le groupe force.
3. Les deux groupes progresseraient en 1RM au back squat.

Les résultats confirment globalement la première et la troisième hypothèse, tandis que la seconde est partiellement contredite.

## 6.1 Effets sur la force maximale

L'une des conclusions majeures de cette étude est l'augmentation significative du 1RM au back squat dans les deux groupes : +21 % pour le groupe vitesse et +29 % pour le groupe force, avec une taille d'effet forte. Ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés par [Pérez-Castilla et al. \(2022\)](#), qui soulignent la fiabilité de l'utilisation du VBT pour le développement de la force neuromusculaire via l'exploitation de la relation charge-vitesse.

Il est important de noter que même à des charges légères (30–50 % 1RM), un travail axé sur la vitesse (zone vitesse-force) permet une amélioration significative de la force maximale, notamment chez des athlètes en développement. Cela valide les observations de [Sanchez-Medina et al. \(2011\)](#) selon lesquelles le maintien d'une vitesse élevée, en limitant la perte de vélocité dans la série, permet de préserver l'intention maximale et donc la qualité neuromusculaire.

## 6.2 Développement de la vitesse maximale

Les deux groupes ont vu leur Vmax progresser significativement de 4 %. Aucune différence significative intergroupes n'a cependant été détectée, ce qui contredit la seconde hypothèse.

Ces résultats suggèrent que les modalités, le travail à haute vitesse avec une faible charge (squat jump) et à vitesse modérée avec charge moyenne (back squat), sont bénéfiques pour développer la vitesse maximale. Cela est en accord avec les travaux de [Banyard et al. \(2021\)](#), qui ont montré que des protocoles VBT en back squat peuvent générer des adaptations significatives sur la Vmax même si traditionnellement ce n'est pas l'effet principal recherché avec cet exercice.

L'absence de différence entre groupes peut s'expliquer par la durée relativement courte du protocole (5 semaines), la charge globale similaire en termes de volume, et surtout par l'effet motivationnel important du feedback immédiat sur la vitesse de la barre, combiné aux encouragements ([Weakley et al., 2021](#)).

## 6.3 Amélioration de A0 et V0

L'accélération maximale théorique (A0) n'a augmenté de manière significative que dans le groupe force, tandis qu'aucun progrès n'a été mesuré dans le groupe vitesse. Ce résultat renforce l'idée que la zone de force-accélération (0,5–0,75 m/s) est plus efficace pour stimuler la composante horizontale de la force, essentielle à l'accélération. Ces résultats concordent avec les études de [Samozino et al. \(2021\)](#), qui montrent que le développement de l'accélération repose sur une force horizontale maximale appliquée au sol à basse vitesse.

En revanche, aucune amélioration significative d'A0 n'a été observée dans le groupe vitesse, ce qui semble logique compte tenu du faible niveau de charge utilisé (30–50 % de la 1RM). Ce type de sollicitation privilégie davantage la composante vitesse que la production de force au sol.

Concernant la vitesse maximale théorique (V0), le groupe vitesse a montré une amélioration significative de ce paramètre après retrait d'une valeur aberrante, indiquant un effet positif de l'entraînement en zone vitesse-force sur la capacité à maintenir des vitesses élevées. Ce résultat est cohérent avec les adaptations attendues dans cette zone, qui cible spécifiquement la rapidité d'exécution du mouvement et la coordination intermusculaire. Ce type de travail semble particulièrement efficace chez des joueuses jeunes, encore en phase de développement moteur.

À l'inverse, le groupe force n'a pas montré d'amélioration significative de V0, ce qui suggère que le travail dans des vitesses moyennes avec charges plus lourdes stimule davantage l'accélération (A0) que la capacité à atteindre ou maintenir des vitesses élevées.

Ces résultats illustrent parfaitement l'intérêt d'individualiser les contenus d'entraînement selon le profil initial A-S : un déficit de vitesse pourrait bénéficier d'un entraînement en zone de vitesse-force, tandis qu'un déficit de force répondrait mieux à des charges modérées à élevées.

## 6.4 Limites

Comme toute recherche, cette étude présente plusieurs limites qu'il faut considérer pour interpréter les résultats avec justesse et orienter les perspectives.

La première limite concerne la durée relativement courte du protocole d'entraînement, limité à 5 semaines. Bien que certaines adaptations neuromusculaires puissent survenir dès les premières semaines d'entraînement (particulièrement chez les jeunes athlètes), de nombreuses études montrent qu'un minimum de 6 à 8 semaines est généralement requis pour observer des gains stables sur des paramètres comme la V0 ou Vmax. Une durée plus longue aurait peut-être permis de mieux distinguer les effets spécifiques de chaque modalité d'entraînement (Force vs. Vitesse), notamment sur les paramètres les plus sensibles comme la V0, qui a ici nécessité un retrait de valeur aberrante pour révéler un effet significatif.

Par ailleurs, bien que l'étude ne comporte pas de groupe témoin soumis à un entraînement traditionnel ou sans intervention spécifique, cela n'a pas empêché de mettre en évidence des tendances claires et cohérentes avec la littérature, notamment en ce qui concerne l'effet du VBT sur la 1RM et la Vmax. L'inclusion d'un groupe contrôle aurait cependant permis d'affiner encore davantage l'analyse, en isolant plus précisément les effets propres à l'entraînement basé sur la vitesse par rapport à ceux d'un programme classique. Cela constitue une piste pertinente pour de futures investigations.

De plus, avec seulement 20 joueuses incluses dans l'analyse finale, la taille de l'échantillon limite la puissance statistique de l'étude. Cette contrainte est accentuée par la division en deux groupes

d'intervention ( $n = 10$  chacun), ce qui augmente le risque d'erreur. Cela peut notamment expliquer l'absence de différence significative intergroupes sur  $V_{max}$ , malgré des effets notables dans les deux groupes.

Puis, une variabilité interindividuelle importante est observable chez les jeunes joueuses, notamment en raison des différences de maturité biologique, de vécu d'entraînement, de position de jeu, ou de réceptivité au stimulus. Cela a notamment été le cas sur la variable  $V_0$  dans le groupe "vitesse", où une valeur aberrante a biaisé les résultats jusqu'à son retrait. Cela pose la question de la sensibilité des outils statistiques dans des contextes à petits effectifs et à forte hétérogénéité.

Enfin, le protocole incluait systématiquement des retours verbaux immédiats et des encouragements après chaque répétition, méthode reconnue pour stimuler l'engagement et la motivation des athlètes ([Weakley et al., 2021](#)). Toutefois, cette variable n'a pas été isolée ou comparée à un groupe sans feedback. On ne peut donc pas déterminer la part exacte des adaptations dues au type de charge vs. à l'effet motivationnel lié au feedback.

## **6.5 Perspectives**

Cette étude met en évidence l'intérêt d'un entraînement basé sur la vitesse pour améliorer le profil accélération-vitesse chez de jeunes joueuses de rugby. Plusieurs perspectives peuvent être envisagées.

Tout d'abord, un suivi sur une période plus longue permettrait d'évaluer la durabilité des adaptations observées. Il serait également pertinent d'étudier l'effet de protocoles mixtes, combinant différentes zones de vitesse, afin d'optimiser à la fois l'accélération ( $A_0$ ) et la vitesse maximale ( $V_0$ ,  $V_{max}$ ).

Par ailleurs, un lien plus direct avec les performances en match pourrait être exploré à l'aide de données GPS, pour mieux évaluer le transfert des gains physiques vers la performance spécifique.

Enfin, la reproductibilité de ce protocole auprès d'autres publics (garçons, seniors, autres sports) pourrait confirmer sa validité et guider des pratiques individualisées à plus large échelle.

## **7. Conclusion**

L'objectif de ce mémoire était d'évaluer les effets d'un entraînement basé sur la vitesse (VBT), en back squat et en squat jump, sur le profil accélération-vitesse (A-S) chez de jeunes joueuses de rugby à haut niveau. À travers un protocole expérimental de 5 semaines, mené dans un cadre structuré et individualisé, cette étude a permis de mettre en lumière plusieurs éléments clés sur l'efficacité du VBT et son potentiel de transfert à la performance.

Les résultats obtenus montrent que les deux approches d'entraînement (force-accélération et vitesse-force) permettent des améliorations significatives de la force maximale (1RM) et de la vitesse maximale ( $V_{max}$ ), avec des tailles d'effet importantes. En revanche, les adaptations sur les paramètres plus spécifiques comme l'accélération maximale ( $A_0$ ) ou la vitesse théorique maximale ( $V_0$ ) ont été

différenciées selon la zone de travail. Le groupe "force" a amélioré significativement A0, alors que le groupe "vitesse" a progressé sur V0 après retrait d'une valeur aberrante. Ces résultats valident l'intérêt d'une individualisation des contenus d'entraînement selon le profil initial des joueuses, en lien avec les recommandations issues de la littérature.

Cette étude confirme donc que le VBT est une méthode pertinente, applicable sur le terrain, même auprès de jeunes athlètes féminines, pour développer les qualités neuromusculaires liées à la performance en sprint. Elle met également en évidence la valeur ajoutée d'une programmation fine, utilisant des seuils de perte de vitesse, des zones cibles spécifiques, et des feedbacks immédiats, à la fois pour le suivi de la progression et pour l'optimisation de la charge d'entraînement.

Cependant, certaines limites doivent être considérées, notamment la durée du protocole, la taille de l'échantillon, et l'absence de groupe témoin. Ces éléments invitent à la prudence dans la généralisation des résultats et soulignent la nécessité d'approfondir la recherche sur ce sujet.

Pour les préparateurs physiques et entraîneurs, ces travaux apportent des repères concrets pour prescrire un entraînement plus individualisé, mieux ciblé et potentiellement plus efficace. L'utilisation du VBT, couplée à des outils accessibles comme les TPL et GPS, offre un levier de précision et de progression dans l'encadrement des jeunes athlètes, tout en favorisant une approche scientifique, mesurable et dynamique de la performance.

Enfin, cette recherche ouvre des perspectives intéressantes : prolonger la durée du protocole, intégrer des indicateurs de fatigue et de récupération, étudier les transferts vers la performance en match, et surtout, affiner encore l'individualisation selon les profils A-S. Dans une logique de formation de haut niveau, ces approches constituent des outils puissants pour accompagner les jeunes sportives vers l'excellence.

## **Références bibliographiques**

1. Alonso-Aubin, D et al. (2021), Squat and Bench Press Force-velocity profiling in male and female adolescent rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **35 (1)**, S44-S50.  
<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003336>
2. Banyard, HG et al. (2021), Superior changes in jump, sprint, and change-of-direction performance but not maximal strength following 6 weeks of velocity-based training compared with 1-repetition-maximum percentage-based training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. **16(2)**, 232–242.  
<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001657>
3. Bompà, T. O., Buzzichelli, C. A. (2019). *Périodisation : Théorie et Méthodologie de l'entraînement*. Otago : Edition 4Trainer.
4. Can, I et al. (2014), The investigation of relationships among sprint and jump performance with velocity parameters during propulsive phase of full back squat exercise. *Turkish journal of sport and exercise*, **16(3)**, 36-44.  
<https://www.doi.org/10.15314/TJSE.25497>
5. Clavel, P et al. (2022), Concurrent validity and reliability of sprinting force-velocity profile assessed with GPS devices in elite athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **17 (10)**, 1527-1531.  
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0339>
6. Cross, M et al. (2015), Mechanical properties of sprinting in elite rugby union and rugby league. *International journal of sports physiology and performance*, **10**, 695-702.  
<http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2014-0151>
7. Hagum, C et al. (2023), The effect of progressive and individualised sport specific training on the prevalence of injury in football and handball student athletes : a randomised controlled trial. *Frontiers in Sport and active living*.  
<https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1106404>
8. Izquierdo, M et al. (2006), Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscles actions. *International Journal of Sports Medicine*, **27**, 718-724.  
<https://doi.org/10.1055/s-2005-872825>
9. Jiménez-Reyes, P et al. (2018), Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*.  
<https://doi.org/10.7717/peerj.5937>

10. Johnston, R et Gabett, T. (2011), Repeated-sprint and effort ability in rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (10), 2789-2795.  
<https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31820f5023>
11. Kilgallon, J et al. (2022), Reliability and validity of velocity measures and regression methods to predict maximal strength ability in the back-squat using a novel linear position transducer. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, **0(0)**.  
[doi:10.1177/17543371221093189](https://doi.org/10.1177/17543371221093189)
12. Lacome, M et al., (2020), Force velocity profiling with GPS : is it reliable ?. *Sports Medecine – Open*.  
[https://www.researchgate.net/publication/343524579\\_Force\\_velocity\\_profiling\\_with\\_GPS\\_is\\_it\\_reliable](https://www.researchgate.net/publication/343524579_Force_velocity_profiling_with_GPS_is_it_reliable)
13. Lockie, R et al. (2013), Influence of sprint acceleration stance kinetics on velocity and step kinematics in field sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **27 (9)**, 2494-2503.  
<https://www.doi.org/10.1519/JSC.0B013E31827F5103>
14. Loturco, I et al. (2016), Improving Sprint Performance in Soccer : Effectiveness of Jump Squat and Olympic Push Press Exercises. *Plos One*, **11(4)**.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153958>
15. Martinez-Cava, A et al. (2020), Reliability of technologies to measure the barbell velocity : implications for monitoring resistance training. *Plos One*, **15(7)**.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236073>
16. Miguens, N et al. (2024), Individual In-Situ GPS-Derived Acceleration-Speed Profiling : Toward Automatization and Refinement in Male Professional Rugby Union Players. *Sports Medecine – Open*, **10 (6)**.  
<https://doi.org/10.1186/s40798-023-00672-7>
17. Möck, S et al. (2021), Relationship between maximal dynamic force in the deep back squat and sprinting performance in consecutive segments up to 30 m. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **35(4)**, 1039-1043.  
<https://www.doi.org/10.1519/JSC.0000000000002860>
18. Morin, JB et al. (2021), Individual acceleration-speed profile *in-situ* : A proof of concept in professional football players. *Journal of Biomechanics*, 123.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110524>

19. Morin, JB et Samazino, P. (2016). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11 (2), 267-272.  
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>
20. Nagahara, R et al. (2017), Concurrent Validity of GPS for Deriving Mechanical Properties of Sprint Acceleration. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **12 (1)**, 129-132.  
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0566>
21. Pareja-Blanco, F et al. (2017), Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **27**, 724–735.  
<https://doi.org/10.1111/sms.12678>
22. Pérez-Castilla, A et al. (2022), Load-Velocity Relationship Variables to Assess the Maximal Neuromuscular Capacities During the Back-Squat Exercise. *Sports Health*, **14 (6)**, 885-893.  
<https://doi.org/10.1177/19417381211064603>
23. Phomsoupha et al. (2021), Les nouveaux outils technologiques dans le milieu du sport. *Open Edition Journals*, **121**.  
<https://doi.org/10.4000/terminal.7144>
24. Requena, B et al. (2011), Relationship Between Traditional and Ballistic Squat Exercise With Vertical Jumping and Maximal Sprinting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **25 (8)**, 2193-2204.  
<https://www.doi.org/10.1519/JSC.0B013E3181E86132>
25. Richens, B et Cleather, DJ. (2014), The relationship between the number of repetitions performance at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biology of Sport*, **31 (2)**, 157-161.  
<https://doi.org/10.5604/20831862.1099047>
26. Samozino, P et al. (2021), Optimal mechanical force-velocity profile for sprint acceleration performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, **32 (3)**, 559-575.  
<https://doi.org/10.1111/sms.14097>
27. Sanchez-Medina, L et al. (2011), Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medecine and Science in sports and exercise*, **43 (9)**, 1725-1734.  
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318213f880>
28. Shiba J, et al. (2023), Comparison of the effects of deadlift versus back squat on jumping, acceleration, and change of direction. *Isokinetics and Exercise Science*, **31(2)**, 87-95.  
<https://www.doi.org/10.3233/ies-220068>
29. Signore, N. (2023). *V.B.T La puissance à vitesse maximale*. Edition 4Trainer.
30. Varly, M et al. (2012), Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *Journal of Sports Sciences*, **30 (2)**, 121-127.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2011.627941>
31. Weakley, J et al. (2021), Velocity-based training : from theory to application. *Strength and conditioning journal*, **43 (2)**, 31-49.  
<http://dx.doi.org/10.1519/SSC.0000000000000560>

32. Weakley, J et al. (2019), The Effects of Augmented Feedback on Sprint, Jump, and Strength Adaptations in Rugby Union Players Following a Four Week Training Programme. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **14 (9)**, 1205-1211. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0523>

## Annexe

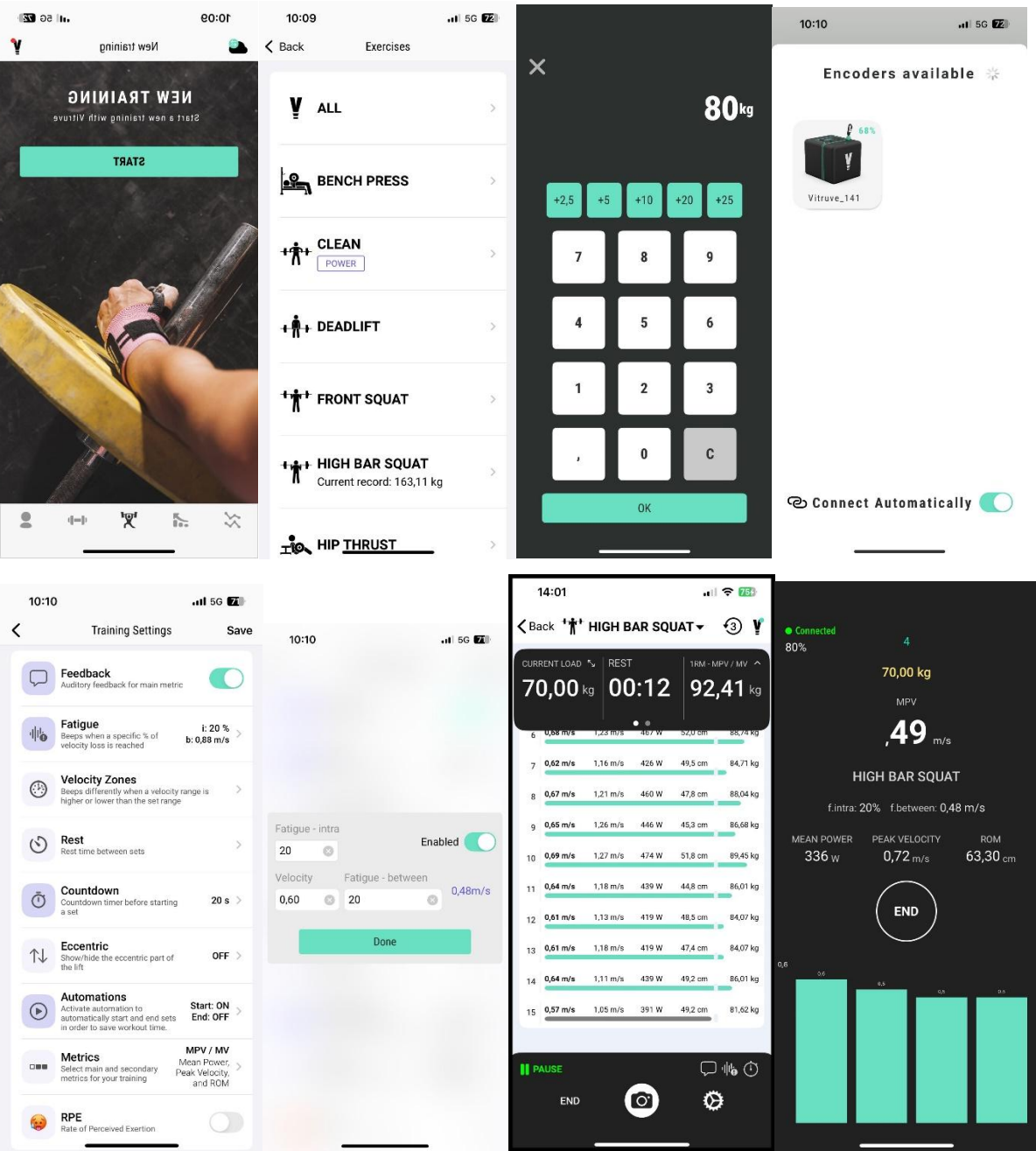
| <b>Table 2</b><br><b>Minimum velocity threshold for commonly used resistance training exercises</b> |                                                                                                                                                                |                                                                                               |                                                                                          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Exercise                                                                                            | Study                                                                                                                                                          | Sample                                                                                        | 1RM MV (mean $\pm$ SD)                                                                   | V1RM     |
| Bench press                                                                                         | González-Badillo and Sánchez-Medina <sup>a</sup> (32)<br>Sánchez-Medina <sup>a</sup> et al. (75)<br>García-Ramos <sup>a</sup> et al. (27)<br>Helms et al. (38) | 120 young healthy males<br>75 athletes<br>30 healthy males<br>15 powerlifters                 | 0.16 $\pm$ 0.04 m/s<br>0.17 $\pm$ 0.04 m/s<br>0.17 $\pm$ 0.03 m/s<br>0.10 $\pm$ 0.04 m/s | 0.17 m/s |
| Prone bench pull                                                                                    | Loturco et al. (54)<br>Sánchez-Medina <sup>a</sup> et al. (75)<br>García-Ramos et al. (30)                                                                     | 30 athletes<br>75 athletes<br>26 athletes                                                     | 0.51 $\pm$ 0.07 m/s<br>0.52 $\pm$ 0.06 m/s<br>0.48 $\pm$ 0.04 m/s                        | 0.50 m/s |
| Prone pull-up                                                                                       | Sánchez-Moreno et al. (78)<br>Muñoz-Lopez et al. (58)                                                                                                          | 52 firefighter candidates<br>82 resistance-trained males                                      | 0.20 $\pm$ 0.05 m/s<br>0.26 $\pm$ 0.05 m/s                                               | 0.23 m/s |
| Seated military press                                                                               | Balsalobre-Fernández <sup>a</sup> et al. (3)<br>García-Ramos <sup>a</sup> et al. (29)                                                                          | 39 resistance trained participants<br>24 healthy participants                                 | 0.19 $\pm$ 0.05 m/s<br>0.20 $\pm$ 0.05 m/s                                               | 0.19 m/s |
| Lat pulldown                                                                                        | Perez-Castilla et al. (69)                                                                                                                                     | 23 healthy participants                                                                       | 0.47 $\pm$ 0.04 m/s                                                                      | 0.47 m/s |
| Seated cable row                                                                                    | Perez-Castilla et al. (69)                                                                                                                                     | 23 healthy participants                                                                       | 0.40 $\pm$ 0.05 m/s                                                                      | 0.40 m/s |
| Squat                                                                                               | Conceição <sup>a</sup> et al. (13)<br>Sánchez-Medina and <sup>a</sup> González-Badillo (74) <sup>a</sup><br>Banyard et al. (6)<br>Helms et al. (38)            | 15 male athletes<br>80 strength-trained males<br>17 strength-trained males<br>15 powerlifters | 0.32 $\pm$ 0.04 m/s<br>0.32 $\pm$ 0.03 m/s<br>0.24 $\pm$ 0.06 m/s<br>0.23 $\pm$ 0.05 m/s | 0.30 m/s |
| Deadlift                                                                                            | Ruf et al. (73)<br>Helms et al. (38)<br>Lake et al. (51)                                                                                                       | 11 resistance-trained athletes<br>15 powerlifters<br>12 active males                          | Not stated<br>0.14 $\pm$ 0.05 m/s<br>0.16 $\pm$ 0.05 m/s                                 | 0.15 m/s |
| Hip-thrust                                                                                          | de Hoyo et al. (20)                                                                                                                                            | 102 sport science students                                                                    | 0.25 $\pm$ 0.03 m/s                                                                      | 0.25 m/s |
| Leg press                                                                                           | Conceição et al. (13)                                                                                                                                          | 15 male athletes                                                                              | 0.21 $\pm$ 0.04 m/s                                                                      | 0.21 m/s |
| <sup>a</sup> Smith machine variation of the exercise.                                               |                                                                                                                                                                |                                                                                               |                                                                                          |          |
| 1RM = one repetition maximum; MV = mean velocity; V1RM = velocity at 1RM.                           |                                                                                                                                                                |                                                                                               |                                                                                          |          |

## Annexe 1 - Valeurs de V1RM pour différents mouvements

## Annexe 2 – Méthodes de VBT

| Method (reference)                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Load                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Sets       | Repetitions | Load       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|------------|
| Set average velocity (9)                                                                                                                                                                                                                                                                                                | The external load is prescribed from the athlete's LVP. A set and repetition scheme is prescribed. At the completion of the set, the average set velocity is required to be within $0.06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ of initial prescribed velocity.<br>If average set velocity $\pm 0.06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , external load is adjusted by 4–5% of 1RM.                                                                                                                                                                                              | Prescribed | Prescribed  | Flexible   |
| Set average velocity + VL thresholds (9,21)                                                                                                                                                                                                                                                                             | The external load is prescribed from an LVP. A number of sets are prescribed with a velocity loss threshold used to guide when set termination occurs (e.g., 20% velocity loss). At the completion of the set, the average set velocity is required to be within a required velocity zone (e.g., $0.74\text{--}0.88 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ during the back squat).<br>If average set velocity is not within this zone, the external load can be manipulated.                                                                                               | Prescribed | Flexible    | Flexible   |
| Targeted velocity + VL thresholds (62,63,88,89)                                                                                                                                                                                                                                                                         | The athlete is prescribed a starting velocity or velocity range (e.g., $0.70\text{--}0.75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) with the external load being altered to meet the desired velocity. A velocity loss threshold (e.g., 10%) is used to guide set termination.<br>During subsequent sets, if initial repetition velocity is greater than $\pm 0.06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ of targeted velocity, an additional 30-s recovery is provided. If the following repetition's velocity remains outside this range, external load is adjusted by 4–5% of 1RM. | Prescribed | Flexible    | Flexible   |
| Fixed set + velocity loss threshold (9)                                                                                                                                                                                                                                                                                 | The external load is prescribed from the athlete's LVP. A velocity loss threshold (e.g., 10%) is supplied with the athlete terminating the set when velocity drops below the velocity threshold.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Prescribed | Flexible    | Prescribed |
| Fixed total repetition + flexible set + velocity loss threshold (9)                                                                                                                                                                                                                                                     | Before the session, a total number of repetitions are prescribed (e.g., 25 repetitions). A load is prescribed from the LVP, and a velocity loss threshold is used to guide set termination. Athletes are allowed as many sets as they require to complete the prescribed number of repetitions.                                                                                                                                                                                                                                                                  | Flexible   | Prescribed  | Prescribed |
| Fixed set + velocity threshold + repetition cap (9)                                                                                                                                                                                                                                                                     | Load is prescribed from LVP or targeted velocity, and a velocity loss threshold is prescribed (e.g., 10%). In addition, an upper limit of repetitions that can be completed is prescribed (e.g., 5 repetitions). Athletes exercise using the prescribed load until repetition velocity decreases below velocity loss threshold or the repetition limit is reached.                                                                                                                                                                                               | Prescribed | Flexible    | Prescribed |
| 1RM = one repetition maximum; Flexible = an unknown amount that is often dictated by athlete fatigue/readiness (e.g., the athlete will complete repetitions until barbell velocity drops below a certain threshold); LVP = load-velocity profile; Prescribed = dictated before the session or after set (e.g., 5 sets). |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |             |            |

# Annexe 3 – Utilisation de l'application Vitruve



## Annexe 4 – Tableau des pourcentages de la 1RM

| 1 RM ▼ | 20% R ▼ | 30% R ▼ | 40% R ▼ | 50% R ▼ | 60% R ▼ | 70% R ▼ | 80% R ▼ | 90% R ▼ |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 93     | 19      | 28      | 37      | 47      | 56      | 65      | 74      | 84      |
| 73     | 15      | 22      | 29      | 37      | 44      | 51      | 58      | 66      |
| 75     | 15      | 23      | 30      | 38      | 45      | 53      | 60      | 68      |
| 86     | 17      | 26      | 34      | 43      | 52      | 60      | 69      | 77      |
| 66     | 13      | 20      | 26      | 33      | 40      | 46      | 53      | 59      |
| 73     | 15      | 22      | 29      | 37      | 44      | 51      | 58      | 66      |
| 76     | 15      | 23      | 30      | 38      | 46      | 53      | 61      | 68      |
| 55     | 11      | 17      | 22      | 28      | 33      | 39      | 44      | 50      |
| 53     | 11      | 16      | 21      | 27      | 32      | 37      | 42      | 48      |
| 96     | 19      | 29      | 38      | 48      | 58      | 67      | 77      | 86      |
| 67     | 13      | 20      | 27      | 34      | 40      | 47      | 54      | 60      |
| 91     | 18      | 27      | 36      | 46      | 55      | 64      | 73      | 82      |
| 85     | 17      | 26      | 34      | 43      | 51      | 60      | 68      | 77      |
| 84     | 17      | 25      | 34      | 42      | 50      | 59      | 67      | 76      |
| 68     | 14      | 20      | 27      | 34      | 41      | 48      | 54      | 61      |
| 100    | 20      | 30      | 40      | 50      | 60      | 70      | 80      | 90      |
| 106    | 21      | 32      | 42      | 53      | 64      | 74      | 85      | 95      |
| 80     | 16      | 24      | 32      | 40      | 48      | 56      | 64      | 72      |
| 72     | 14      | 22      | 29      | 36      | 43      | 50      | 58      | 65      |
| 72     | 14      | 22      | 29      | 36      | 43      | 50      | 58      | 65      |
| 91     | 18      | 27      | 36      | 46      | 55      | 64      | 73      | 82      |
| 65     | 13      | 20      | 26      | 33      | 39      | 46      | 52      | 59      |
| 84     | 17      | 25      | 34      | 42      | 50      | 59      | 67      | 76      |
|        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 96     | 19      | 29      | 38      | 48      | 58      | 67      | 77      | 86      |
| 89     | 18      | 27      | 36      | 45      | 53      | 62      | 71      | 80      |
|        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 68     | 14      | 20      | 27      | 34      | 41      | 48      | 54      | 61      |
| 85     | 17      | 26      | 34      | 43      | 51      | 60      | 68      | 77      |
| 78     | 16      | 23      | 31      | 39      | 47      | 55      | 62      | 70      |

## Annexe 5 – Données récoltées lors du test 1 au GPS

| Vmax ▾ | v0 ▾  | a0 ▾ | 10m tim ▾ | 20m tim ▾ | 30m tim ▾ |
|--------|-------|------|-----------|-----------|-----------|
| 28     | 29,57 | 5,85 | 1,88      | 3,14      | 4,36      |
| 27,8   | 28,83 | 6,72 | 2,01      | 3,32      | 4,58      |
| 27,5   | 27,99 | 6,34 | 2,03      | 3,37      | 4,67      |
| 27,1   | 28,8  | 6,63 | 2,01      | 3,31      | 4,58      |
| 27,1   | 27,88 | 5,99 | 2,01      | 3,35      | 4,65      |
| 26,7   | 27,6  | 5,82 | 2,01      | 3,36      | 4,67      |
| 26,6   | 26,62 | 5,85 | 2,09      | 3,49      | 4,85      |
| 25,8   | 27,89 | 6,71 | 2,08      | 3,43      | 4,73      |
| 25,7   | 27,25 | 5,75 | 2,03      | 3,39      | 4,72      |
| 25,5   | 27,67 | 5,51 | 1,97      | 3,31      | 4,62      |
| 25,2   | 25,99 | 5,86 | 2,14      | 3,57      | 4,97      |
| 25,2   | 27,57 | 5,6  | 1,99      | 3,34      | 4,65      |
| 25,1   | 26,69 | 5,98 | 2,1       | 3,49      | 4,85      |
| 25     | 28,14 | 5,3  | 1,92      | 3,23      | 4,52      |
| 24,9   | 26,94 | 5,6  | 2,04      | 3,41      | 4,76      |
| 24,6   | 24,96 | 6,48 | 2,3       | 3,8       | 5,26      |
| 24,6   | 27,01 | 5,7  | 2,04      | 3,42      | 4,76      |
| 24,4   | 26,61 | 5,45 | 2,04      | 3,44      | 4,79      |
| 23,4   | 24,56 | 3,93 | 2,02      | 3,51      | 4,97      |
| 22,9   | 25,01 | 5,47 | 2,18      | 3,66      | 5,11      |
| 23     | 23,81 | 5,13 | 2,24      | 3,79      | 5,31      |
| 24,1   | 26,56 | 3,69 | 1,84      | 3,21      | 4,57      |
| 20,5   | 23,4  | 3,76 | 2,1       | 3,65      | 5,19      |
| 26,2   | 28,01 | 6,07 | 2,01      | 3,34      | 4,63      |
| 27,1   | 29,83 | 5,79 | 1,86      | 3,1       | 4,32      |
| 26,6   | 26,99 | 5,94 | 2,07      | 3,45      | 4,79      |
| 23,5   | 23,4  | 5,65 | 2,06      | 3,61      | 5,29      |
| 26,2   | 27,36 | 6,9  | 1,89      | 3,36      | 4,73      |

## Annexe 6 – interprétation du D de Cohen

| Seuil (en valeur absolue) | Interprétation |
|---------------------------|----------------|
| 0,20                      | Faible         |
| 0,50                      | Moyen          |
| 0,80                      | Elevé          |
| 1,20                      | Très élevé     |
| 2,00                      | Immense        |

## Annexe 7 – résultats à la suite du protocole

|                                                                                                                                                      | VITESSE                                      |                       | FORCE                                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------|----------------------|
|                                                                                                                                                      | <u>Avant</u>                                 | <u>Après</u>          | <u>Avant</u>                               | <u>Après</u>         |
| <b>1RM (kg)</b>                                                                                                                                      | 83.60±13.43                                  | <b>100.80±13.84**</b> | 74.70±15.49                                | <b>96.30±19.84**</b> |
|                                                                                                                                                      | <b><i>p</i>&lt;0.01 ; <i>ES</i> = 1.13</b>   |                       | <b><i>p</i>&lt;0.01 ; <i>ES</i> = 1.18</b> |                      |
| <b>Vmax (km/h)</b>                                                                                                                                   | 25.76±1.70                                   | <b>26.68±2.15*</b>    | 25.58±1.42                                 | <b>26.48±1.94**</b>  |
|                                                                                                                                                      | <b><i>p</i>&lt;0.05 ; <i>ES</i> = 0.73</b>   |                       | <b><i>p</i>&lt;0.01 ; <i>ES</i> = 0.80</b> |                      |
| <b>V0 (km/h)</b>                                                                                                                                     | 27.09±1.82                                   | <b>28.17±2.09**</b>   | 27.65±1.49                                 | 27.30±2.20           |
|                                                                                                                                                      | <b><i>p</i> &lt; 0.01 ; <i>ES</i> = 0.77</b> |                       | <i>p</i> =0.32 ; <i>ES</i> = 0.40          |                      |
| <b>A0 (km/h)<sup>2</sup></b>                                                                                                                         | 6.29±0.49                                    | 6.10±0.30             | 5.33±0.83                                  | <b>5.86±0.57*</b>    |
|                                                                                                                                                      | <i>p</i> = 0.26 ; <i>ES</i> = 0.79           |                       | <b><i>p</i>&lt;0.05 ; <i>ES</i> = 0.80</b> |                      |
| <b>10m (s)</b>                                                                                                                                       | 2.07±0.11                                    | 2.02±0.16             | 1.95±0.07                                  | 2.04±0.17            |
|                                                                                                                                                      | <i>p</i> = 0.21 ; <i>ES</i> = 0.56           |                       | <i>p</i> = 0.10 ; <i>ES</i> = 1.10         |                      |
| <b>20m (s)</b>                                                                                                                                       | 3.47±0.17                                    | 3.42±0.24             | 3.30±0.13                                  | 3.43±0.27            |
|                                                                                                                                                      | <i>p</i> = 0.29 ; <i>ES</i> = 0.47           |                       | <i>p</i> = 0.11 ; <i>ES</i> = 1.03         |                      |
| <b>30m (s)</b>                                                                                                                                       | 4.85±0.27                                    | 4.76±0.35             | 4.61±0.19                                  | 4.79±0.38            |
|                                                                                                                                                      | <i>p</i> = 0.68 ; <i>ES</i> = 0.48           |                       | <i>p</i> = 0.18 ; <i>ES</i> = 0.99         |                      |
| <b>* : différence significative (<i>p</i>&lt;0.05) ; ** : diff sign (<i>p</i>&lt;0.01) ; moyenne ± écart-type ; <i>P value</i> ;<br/>effect size</b> |                                              |                       |                                            |                      |

# **Effets d'un entraînement en back squat et squat jump basé sur la vitesse (VBT) sur le profil accélération-vitesse chez des jeunes joueuses de rugby de haut-niveau.**

Louis MITCHELL

## **Résumé**

### **Objectif**

Ce mémoire vise à étudier les effets d'un entraînement basé sur la vitesse (VBT) appliqué au back squat et au squat jump sur le profil accélération-vitesse (A-S) chez de jeunes joueuses de rugby à XV de haut niveau. L'objectif principal est d'analyser les adaptations spécifiques sur les paramètres A0, V0, Vmax et la force maximale (1RM), afin de mieux individualiser les contenus de préparation physique.

### **Méthode**

Vingt joueuses âgées de 15 à 17 ans, issues d'un Centre d'Entraînement Labellisé (CEL), ont été réparties en deux groupes selon leur profil A-S initial : un groupe force (travail en zone force-accélération au back squat) et un groupe vitesse (travail en zone vitesse-force au squat jump). Le protocole s'est déroulé sur 5 semaines avec deux séances hebdomadaires. La 1RM a été estimée à l'aide d'un TPL (Vitruve), et les profils A-S déterminés via GPS (18 Hz).

### **Résultats**

Les deux groupes ont montré une amélioration significative de la 1RM : +29 % pour le groupe force et +21 % pour le groupe vitesse ( $p < 0.01$ ). La Vmax a également augmenté dans les deux groupes (+4 %,  $p < 0.05$  à 0.01). L'accélération maximale théorique (A0) n'a progressé que dans le groupe force (+10 %,  $p < 0.05$ ), tandis que la vitesse maximale théorique (V0) s'est améliorée uniquement dans le groupe vitesse après retrait d'une valeur aberrante.

### **Discussion / Conclusion**

L'entraînement VBT, même sur une courte période, permet d'améliorer à la fois la force maximale et les composantes du profil A-S. Le travail en zone force-accélération semble plus efficace pour développer A0, tandis que la zone vitesse-force est pertinente pour V0 et la Vmax. Ces résultats confirment l'intérêt d'individualiser les contenus en fonction du profil initial. Des études plus longues ou intégrant d'autres indicateurs de performance (GPS en match) seraient pertinentes pour approfondir ces observations.

### **Mots-clés**

Rugby féminin, VBT, profil accélération-vitesse, back squat, squat jump, force, vitesse, individualisation.

# **Effects of velocity-based back squat and squat jump training (VBT) on acceleration-speed profiles in high level adolescent female rugby players.**

Louis MITCHELL

## **Abstract**

### **Objective**

This study aimed to examine the effects of velocity-based training (VBT), applied through back squats and squat jumps, on the acceleration-speed (A-S) profile of high-level young female rugby union players. The main goal was to assess specific adaptations in A0, V0, Vmax, and one-repetition maximum (1RM) to improve individualization in strength and speed training.

### **Method**

Twenty female athletes (aged 15–17), from a rugby academy, were divided into two groups based on their initial A-S profile: a strength group (training in the accelerative-speed zone with back squats) and a "speed" group (training in the speed-strength zone with squat jumps). The 5-week protocol involved two weekly sessions. 1RM was estimated using a linear position transducer (Vitrue), and A-S profiles were assessed using 18 Hz GPS units.

### **Results**

Both groups significantly improved their 1RM: +29% in the strength group and +21% in the speed group ( $p < 0.01$ ). Vmax increased in both groups (+4%,  $p < 0.05$ –0.01). The theoretical maximal acceleration (A0) improved only in the strength group (+10%,  $p < 0.05$ ), while theoretical maximal velocity (V0) improved only in the speed group after removing one outlier ( $p < 0.01$ ).

### **Discussion / Conclusion**

VBT, even over a short period, enhances both maximal strength and sprint-related capacities. Training in the force-accelerative zone is more effective for improving A0, whereas the speed-strength zone benefits V0 and Vmax. These findings support the importance of tailoring training strategies based on individual A-S profiles. Future research over longer durations and including match-play performance indicators (e.g., GPS tracking) is recommended.

### **Keywords**

Women's rugby, velocity-based training, acceleration-speed profile, back squat, squat jump, strength, speed, individualization.

## **Compétences**

- Rechercher des informations
- Etablir un protocole
- Evaluer des capacités
- Récolter des données
- Interpréter des résultats
- Manipuler des outils

## Méthodologie de recherche

Lors de la préparation de mon étude, j'ai développé des compétences dans ma méthodologie pour recueillir des informations qui m'ont été utiles pour produire ma revue de littérature, pour construire mon protocole mais aussi pour analyser et interpréter mes résultats. Ce recueil s'est fait à l'aide de site internet tels que *Google Scholar*, *PubMed*, *Research Gate* et bien d'autres, mais avec une recherche fine et ciblée dans le but de découvrir des articles ou des études scientifiques en lien avec mon sujet de mémoire.

## Utilisation de matériels technologiques

Pour la réalisation de mes séances d'évaluation de la vitesse, il m'a semblé pertinent de tester et d'expérimenter avec certains outils qui étaient à ma disposition dans ma structure. En effet, j'ai eu la chance d'apprendre à manier les Vitruve, mais aussi à m'adapter autour de l'organisation concernant leur mise en place (placement, attache, orientation au sol) pour que celles-ci puissent relever des données qui soient précises dans des conditions fiables et reproductibles. De plus, j'ai eu la chance de m'appuyer sur les données récoltées par des GPS (18 Hz) de la marque *Gpexe*, pour évaluer les performances au sprint. Il a été intéressant de comprendre leur fonctionnement, notamment la façon dont elles récoltent les données, mais aussi leurs extractions grâce au logiciel *Gpexe*.

## Analyse et présentation statistique

Pour identifier les effets de mon protocole d'entraînement sur les performances au sprint, il était nécessaire de réaliser des tests statistiques pour déterminer ou non une progression, et si celle-ci est significative. En effet, j'ai trouvé très intéressant d'apprendre à utiliser les tests statistiques sur *Anastats* qui m'ont permis de m'appuyer sur des résultats que j'ai analysé et interprété, pour comparer l'impact des deux méthodes sur le groupe. Ensuite, j'ai trouvé très intéressant dans un objectif de présentation de ces résultats, de trouver la représentation graphique la plus pertinente, me permettant de transmettre et de démontrer simplement la complexité des résultats statistiques.