



MASTER STAPS

Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive

Année 2025-2026

Badminton Toulon Métropole 83

**RELATION ENTRE LES CARACTÉRISTIQUES DU PROFIL
FORCE-VITESSE DES MEMBRES INFÉRIEURS ET LA
CAPACITÉ DE REPLACEMENT APRÈS UNE FENTE AVANT
CHEZ DES JOUEURS DE BADMINTON.**

Présenté par :

THIEBERT Clément

Tuteur de stage: GHIO Jean Michel

Référent universitaire : GALANTINE Paul

Engagement de non plagiat.

Je soussigné(e), THIEBERT Clément

N° carte d'étudiant : 22 50 04 04

Inscrit(e) en 2025 - 2026

Déclare avoir pris connaissance du règlement général des études et notamment de la section 7.3 au plagiat.

Je suis pleinement conscient(e) que la copie intégrale sans citation ni référence de documents ou d'une partie de document publiés sous quelques formes que ce soit (ouvrages, publications, rapports d'étudiant, internet etc...) est un plagiat et constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.

En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour produire et écrire ce document.

Fait le 18/05/2026

Signature



Ce document doit être inséré en première page de tous les rapports, dossiers et/ou mémoires.

Délibération CFVU-2024-20 du 27 juin 2024 - Règlement Général des études

Les intelligences artificielles Chat GPT et Gemini ont été utilisées uniquement dans un but de compréhension de certains éléments d'études et dans la recherche de sources scientifiques en complément de moteur de recherche.

Partie 1 : Présentation du lieu de stage.....	1
Partie 2 : Construction du sujet.....	2
Partie 3 : Revue de la littérature.....	3
3.1 La fente avant.....	3
3.2 Le BSRAT.....	4
3.3 Le profil Force-Vitesse.....	4
Partie 4 : Méthodologie.....	5
4.1 Participant.....	5
4.2 Test de déplacement et remplacement.....	6
4.3 Profil Force-Vitesse.....	8
4.3.1 Anthropométrie.....	8
4.3.2 Échauffement.....	8
4.3.3 SJ avec charges.....	9
4.3.4 Traitement des données.....	9
4.3.5 Statistique.....	11
Partie 5 : Résultats.....	12
5.1 Analyses descriptives de la population.....	12
5.2 Corrélation entre les variables.....	13
5.2.1 F0 relative.....	13
5.2.2 V0.....	13
5.2.3 Pmax relative.....	13
5.2.4 Seuil de significativité.....	14
Partie 6 : Discussion.....	14
6.1 Interprétation des principaux résultats.....	14
6.2 Les limites.....	16
6.2.1 Limites du profil Force-vitesse.....	16
6.2.2 Les limites du BSRAT.....	17
6.2.3 Les limites de mesures et de calculs.....	17
6.2.4 Technique de fente.....	17
Partie 7 : Conclusion.....	18
Bibliographie.....	19
Annexes.....	22
Figure 1. Badminton Shuttle Run Agility Test.....	23
Figure 2. Image des volants placé au sol.....	24
Figure 3. Données individuelles et descriptives des valeurs obtenues durant le BSRAT et le profil Force-Vitesse.....	25
Figure 4. Corrélation Pmax relative - Temps BSRAT.....	26
Figure 5. F0relative - Temps BSRAT.....	26
Figure 6. V0 - Temps BSRAT.....	27
Figure 7. Sfv relative - Temps BSRAT.....	27

Partie 1 : Présentation du lieu de stage

Le stage à été réalisé dans différentes structures du club de badminton BTM (Badminton Toulon Métropole 83), en collaboration avec l'entraîneur principal. Ce lieu de stage à été choisi pour plusieurs raisons majeures. Tout d'abord, le club accueille un nombre important de joueurs compétiteurs, issus de différentes catégories d'âge et de niveaux de pratique. Ensuite, la structure dispose d'infrastructures adaptées à la réalisation des tests de terrain et des évaluations physiques dans des conditions proches de la pratique réelle, mais elle dispose également d'une salle de musculation équipée de matériel. Les séances ont ainsi pu être réalisées sur des terrains réglementaires de badminton ou en salle de musculation. Enfin, la collaboration avec l'entraîneur principal a également constitué un élément important dans le choix du lieu de stage. L'entraîneur et le directeur du club étant très favorables à l'intégration de la préparation physique au sein du club.

L'objectif principal était d'introduire de la préparation physique chez les joueurs les plus confirmés qui visent la performance. La préparation physique a donc été mise en place en passant par le groupe "Pré-filière" composé de garçons et filles de 8 à 12 ans, le groupe "Avenir" composé des meilleurs jeunes du club âgés de 12 à 16 ans, et des seniors volontaires de 18 à 20 ans. Enfin une jeune sportive repérée de 10 ans était en préparation physique dissociée mais également de façon individuelle. Le but pour cette jeune était de développer ses capacités physiques mais également de la préparer aux futurs tests pour entrer en pôle espoir. Sa mère, ancienne joueuse de haut niveau en badminton, participait aux séances afin d'instaurer un climat motivationnel.

Les créneaux se décomposent sur trois jours, le lundi avec la préfilère en préparation associée, le mardi et le mercredi en préparation physique dissociée avec les groupes avenir et senior. Les horaires étaient généralement de 18h30 à 19h30.

Concernant les missions et l'implication dans les projets, l'objectif principal était d'instaurer progressivement la préparation physique aux différents publics. Le but étant de montrer l'intérêt de la préparation physique aux sports afin qu'ils soient plus performants sur le terrain.

Un second objectif était de préparer Roxane, joueuse repérée, afin qu'elle soit prise dans le futur dans un pôle espoir. Les tests d'entrée comprennent détente verticale, endurance cardiovasculaire ou encore capacité d'agilité. Cette joueuse ayant déjà réalisé ces tests, un profil était déjà tracé avec ses forces et faiblesses. La préparation de cette joueuse sera orientée vers les épreuves où elle a eu un niveau insuffisant, à savoir le niveau de puissance, notamment des membres inférieurs, ainsi que la technique de corde à sauter.

Enfin, le dernier objectif sera de préparer la saison prochaine en planifiant les séances d'entraînement de badminton en concordance avec les séances de préparations physiques.

L'entraîneur ne se considérant pas comme compétent dans le domaine de la préparation physique, il ne souhaite pas intervenir dans la préparation physique des sportifs. Cependant, la détection des points faibles de chacun sur le terrain permet notamment d'orienter la préparation physique, l'entraîneur n'intervient donc pas mais a un rôle majeur en ayant la vision de l'entraîneur qui perçoit les manques sur le terrain.

Partie 2 : Construction du sujet

Lors de mon intégration au sein de la structure d'accueil, plusieurs échanges ont été réalisés avec le tuteur de stage afin d'identifier les problématiques fréquemment rencontrées sur le terrain. Ces premières observations ont notamment mis en évidence des difficultés chez les athlètes à se replacer rapidement à la suite d'actions explosives, notamment la fente avant. Plusieurs joueurs âgés de 10 à 16 ans se retrouvent en difficulté durant les matchs décisifs car en retard sur le volant suite à une fente avant prononcée. De là, découlent plusieurs questions sur le pourquoi de ce retard. Vient-il d'un manque technique, de puissance neuromusculaire ou de la typologie de cette puissance neuromusculaire ?

Dans ce contexte, le tuteur de stage a exprimé un intérêt pour l'amélioration des capacités de remplacement, considérées comme déterminantes pour performer durant les matchs (Kavinda T. Malwanage et al. 2022). Cette problématique de terrain s'inscrit dans un objectif plus global de la structure visant à optimiser la réactivité et l'efficacité des enchaînements moteurs chez les athlètes.

À partir de ces constats, une réflexion a été engagée afin d'identifier les facteurs susceptibles d'influencer cette capacité de remplacement. Les premières hypothèses ont orienté l'analyse vers les qualités neuromusculaires, et plus particulièrement vers le profil force-vitesse des athlètes, déjà reconnu dans la littérature comme un déterminant majeur de la performance (Pedro Jiménez-Reyes et al., 2017).

Une revue préliminaire de la littérature scientifique a été faite ce qui a permis de mettre en évidence que le profil force-vitesse peut présenter des déséquilibres, traduisant soit un déficit en production de force, soit un déficit en production de vitesse. Ces déséquilibres pourraient donc impacter négativement la capacité des sportifs à produire de la puissance dans des situations propres au badminton. Ainsi la question de quels facteurs impacterait majoritairement cette capacité de déplacement/remplacement émerge. Il semblerait que la puissance maximale ne soit pas l'unique facteur déterminant de la performance, la F_0 relative (force maximale théorique), la V_0 relative (vitesse maximale théorique), ou encore l'inclinaison du profil Force/Vitesse (SFV relative) auraient également un rôle majeur dans ce contexte de performance.

Au regard de ces éléments, des échanges réguliers avec le tuteur et certains professeurs de l'université ont permis d'affiner progressivement la problématique initiale. L'idée d'explorer plus spécifiquement l'influence d'un profil Force-Vitesse sur la capacité à se replacer rapidement après une fente avant, mouvement fréquemment rencontré dans la pratique sportive observée. Ce choix s'inscrit à la fois dans une volonté de répondre à une problématique concrète de terrain et dans une démarche scientifique visant à mieux comprendre les déterminants de la performance dans des actions spécifiques. Il permet également d'envisager, à terme, des applications pratiques en termes de programmation de l'entraînement, notamment par une individualisation du travail en fonction du profil force-vitesse des athlètes.

Partie 3 : Revue de la littérature

Le badminton est un sport d'opposition intermittent de haute intensité, répété sur de courtes durées généralement 10 à 15 secondes, entrecoupées de phases de récupération brèves (en moyenne 15 secondes). Les analyses de match montrent une alternance rapide entre phases offensives et défensives, nécessitant des déplacements explosifs dans toutes les directions (Abian-Vicen et al., 2013). Plus récemment, les synthèses de la littérature confirment que la performance repose en grande partie sur la capacité à produire des actions rapides et efficaces dans un environnement contraint temporellement (Winata et al., 2025).

3.1 La fente avant

Dans ce contexte, la capacité de déplacement constitue un facteur clé de la performance. Parmi les actions spécifiques, la fente avant est l'un des gestes les plus fréquemment utilisés pour atteindre le volant en zone antérieure. Elle est suivie d'une phase de remplacement correspondant à la capacité du joueur à rétablir une position optimale après une action de jeu, conditionnant ainsi la continuité de l'échange. Dans le cas spécifique de la fente en badminton, cette phase repose sur le « push-off », défini comme le temps nécessaire pour produire une force propulsive permettant le retour vers le centre du terrain, essentielle pour maintenir un positionnement optimal dans l'échange (Phomsoupha, 2016).

D'un point de vue biomécanique, cette action implique une phase de décélération importante lors de l'attaque du sol, suivie d'une phase de propulsion orientée verticalement et légèrement vers l'arrière permettant le retour. Cette séquence sollicite fortement les membres inférieurs, notamment en termes de production de force et de vitesse (Phomsoupha, 2016).

La fente avant en badminton est un mouvement complexe associant absorption de force et production rapide de force. Des travaux récents ont montré que les forces de réaction au sol peuvent atteindre jusqu'à 2 à 2,5 fois le poids du corps lors de l'impact (Huang et al., 2025). Cette phase est suivie d'une poussée permettant le remplacement, caractérisée par une production de force orientée verticalement avec une légère inclinaison vers l'arrière.

Les fentes représentent 15 % de l'ensemble des déplacements sur un terrain de badminton. Malwanage et al., 2022 et co ont montré que les joueurs de badminton de haut niveau présentent une meilleure performance en fente, ce qui est corrélé à leurs chances de remporter le match (Malwanage et al., 2022). Huang et co mettent en évidence que la phase de poussée lors de la fente avant en badminton ne se limite pas à une production de force verticale, mais implique une composante multidirectionnelle intégrant des contraintes dans les plans frontal et transversal. Bien que l'orientation exacte de la force ne soit pas quantifiée, ces résultats suggèrent une poussée oblique nécessaire au remplacement rapide, dont l'efficacité dépend de la capacité du joueur à réorienter la force vers une composante horizontale. Cependant, il est également mis en évidence que des forces verticales importantes sont présentes lors de la poussée de retour de fente.

Les phases d'accélération, essentielles dans les actions de déplacement et de remplacement en badminton, dépendent en grande partie de la capacité de l'athlète à produire rapidement de la force. Dans ce sport, les enchaînements de fentes et de remplacements impliquent des actions

répétées de décélération puis de réaccélération du centre de masse. À ce titre, les qualités de production de force et de puissance apparaissent déterminantes pour la performance (Morin et al., 2015).

3.2 Le BSRAT:

Le Badminton Shuttle Run Agility Test (BSRAT) est un test de déplacement spécifique au badminton. Il a été conçu dans un but d'évaluer les capacités d'agilité du joueur avec un test spécifique, fiable, et valide. Les auteurs de ce test soulignent la validité écologique du BSRAT qui reproduit de façon représentative les caractéristiques locomotrices que l'on retrouve en match. De nombreux tests existants comme l'Illinois test (Hachana et al., 2013) permettent d'évaluer les capacités de déplacement, cependant, ce type de test repose sur des schémas moteurs généraux et non spécifiques à la discipline. Le BSRAT a donc été conçu dans une optique de test représentatif des déplacements retrouvés en badminton.

Özer et al., 2025, ont démontré que les athlètes d'élite réalisaient le BSRAT dans des temps significativement plus courts ($16,13 \pm 0,24$ s) que les athlètes sub-élite ($16,64 \pm 0,44$ s), ce qui soutient à la fois la validité concurrente et la validité de construction du test.

Le coefficient de corrélation intraclass étant mesuré à 0,89 (ICC = 0,89), il appuie la fiabilité statistique, indiquant une très bonne reproductibilité des résultats lors de répétitions du test dans des conditions similaires. (Özer et al., 2025)

3.3 Le profil Force-Vitesse

Le profil force-vitesse est aujourd'hui beaucoup utilisé pour évaluer les capacités neuromusculaires des athlètes. Il repose sur la relation inverse entre la force et la vitesse lors de mouvements balistiques, permettant d'estimer plusieurs variables telles que la force maximale théorique (F_0), la vitesse maximale théorique (V_0) et la puissance maximale (P_{max}), offrant ainsi une caractérisation précise du profil mécanique individuel (Pierre Samozino et al., 2012). Ce modèle permet d'identifier le profil individuel d'un athlète (orienté force ou vitesse) et d'optimiser l'entraînement en fonction des besoins spécifiques. Les travaux de Samozino et co ont notamment montré que la performance dépend non seulement du niveau de puissance maximale, mais également de l'équilibre entre les composantes de force et de vitesse (Samozino et al., 2012). Par ailleurs, la validité et la fiabilité des méthodes de profilage F-V ont été largement étudiées. Les travaux de (Lindberg et al., 2021) ont montré que différentes méthodes de mesure du profil F-V présentent une bonne reproductibilité, bien que des variations puissent exister selon les protocoles utilisés.

Cependant, une limite importante du profil F-V réside dans sa spécificité. En effet, les valeurs obtenues dépendent fortement du type de mouvement utilisé pour le test (vertical, horizontal, unilatéral, bilatéral), ce qui peut limiter le transfert direct vers des performances spécifiques sportives.

Cela soulève une question importante sur le transfert des qualités neuromusculaires mesurées vers la performance sur le terrain lors des matchs. Dans le cas du badminton, les actions de déplacements, et de remplacement notamment après fente avant, présentent des

caractéristiques spécifiques : mouvement unilatéral, orientation pas uniquement verticale, et cycle étirement-raccourcissement (Lam et al., 2020). Or, les profil Force-Vitesse sont le plus souvent réalisés à partir de mouvements verticaux bilatéraux (Squat Jump; Counter Mouvement Jump), qui ne reproduisent pas fidèlement ces contraintes.

Cependant, certaines études suggèrent que des programmes d'entraînement ciblant les capacités neuromusculaires permettent d'améliorer la performance en badminton (Ma et al., 2025). Toutefois, le lien direct entre les variables de profil F-V et des actions spécifiques comme le remplacement après une fente reste encore peu exploré. Ainsi, il semble pertinent d'examiner dans quelle mesure les qualités évaluées par le profil F-V verticale peuvent influencer la performance dans un geste spécifique au badminton comme le retour après fente.

Au regard de ces différents éléments, une question centrale émerge : “Dans quelle mesure les caractéristiques neuromusculaires, évaluées à travers un profil force-vitesse vertical, sont-elles associées à la capacité de remplacement sur retour de fente en badminton ?” Ce mémoire s'intéressera donc au lien existant entre les caractéristiques du profil F-V ($F_{0relative}$; $V_{0relative}$; $P_{relative}$; Sfv) et la capacité à se replacer sur un test qui s'appuie sur celui proposé par Ömer Özer et co, le badminton shuttle run agility test (BSRAT) (Özer et al., 2025)

L'hypothèse formulée est que la puissance maximale relative ($P_{max relative}$) constitue un facteur déterminant de la performance lors du remplacement. Cependant, un profil davantage orienté vers la force ($F_{0relative}$ plus élevé) pourrait également favoriser cette performance en permettant une meilleure production de force et une plus grande efficacité dans l'exécution du mouvement.

Partie 4 : Méthodologie

4.1 Participant

Les participants étaient constitués de 7 joueurs de badminton ($n=7$), 2 filles et 5 garçons d'âge : $16,7 \pm 3,2$ ans ; taille : $168,1 \pm 9,5$ cm ; masse : $68,9 \pm 21,7$ kg ; tous étaient droitiers. Les participants présentaient des niveaux de maturation variés, allant du stade pubère au stade post pubère, ce qui reflète la diversité du groupe étudié. Tous pratiquent le badminton de manière régulière en club, et en compétition. Certains joueurs ($n = 2$) n'ont pas pu réaliser l'entièreté des tests pour cause de blessure.. Le niveau des joueurs va du niveau départemental au niveau régional 4.

Les participants et/ou leurs responsables légaux ont été informés des objectifs de l'étude et ont donné leur consentement éclairé avant la participation.

Les critères d'inclusions à l'étude étaient un état de santé qui permet de réaliser les tests; une pratique régulière en club; l'accord du sportif et/ou son représentant légal. Pour les critères d'exclusion, une incapacité à réaliser les tests, une blessure et/ou problème de santé pouvant biaiser les résultats ou mettre en danger le sportif, ou un refus de participer à l'étude de la part du sportif et/ou de son représentant légal.

Deux tests sont réalisés sur chaque athlète, un premier test afin d'analyser les capacités de remplacement du badiste (le BSRAT), puis un second pour avoir son profil force/vitesse de façon détaillé.

4.2 Test de déplacement et remplacement

Tout d'abord, le Badminton Shuttle Run Agility Test (BSRAT) est un test spécifique de changement de direction pour les joueurs de badminton, proposé par Ömer Özer et ses collaborateurs en 2025 dans la revue *Physical Education of Students* (Özer et al., 2025). Il a pour but d'évaluer l'agilité et la capacité de changement de direction dans des conditions proches du jeu réel lors de matchs de badminton. Contrairement au test classique d'agilité, le BSRAT intègre des déplacements spécifiques au badminton avec raquette en main afin de reproduire les actions de match.

Les auteurs de ce test affirment une fiabilité avec un coefficient ICC de 0,89, ce qui permet une reproductibilité des résultats entre plusieurs essais. De plus, la viabilité du test à elle était aussi vérifiée afin d'être certain de bien mesurer ce que l'on souhaite. Ce test est considéré comme facile de mise en application, les auteurs soulignent également sa validité écologique de par sa reproductibilité du terrain.

Le choix de ce test se justifie donc par sa spécificité aux exigences du badminton, reproduisant des situations de déplacement et de remplacement proches du jeu réel, mais également par sa fiabilité et validité scientifique.

Le test d'agilité spécifique au badminton BSRA a été réalisé sur un terrain de badminton (13,40 m de long et 6,10 m de large). La demi-surface utilisée mesurait 6,70 m de longueur et 6,10 m de largeur.

Des volants ont été disposés dans sept directions différentes à partir d'un carré de 20 cm placé au centre du terrain. Les distances entre le centre et les volants étaient respectivement les suivantes :

- P-1 : 305 cm
- 1-2 Croisé avant droit (ARC) : 453 cm
- 1-3 Avant (A) : 335 cm
- 1-4 Croisé avant gauche (ALC) : 453 cm
- 1-5 Latéral droit (RL) : 305 cm
- 1-6 Latéral gauche (LL) : 305 cm
- 1-7 Croisé arrière droit (RRRC) : 453 cm
- 1-8 Croisé arrière gauche (LRLC) : 453 cm
- 1-P Course arrière postérieure (PBR) : 305 cm

Les sujets ont réalisé le BSRA en utilisant leur propre raquette de badminton et des volants conformes aux normes internationales. Une analyse vidéo à été faite à l'aide d'une tablette ayant une fréquence d'acquisition de 240 hertz placée au fond de court du demi-terrain opposé au test.

L'athlète attend au fond du terrain, raquette en main. Lorsqu'il est prêt, il réalise une reprise d'appui afin de déclencher le départ lorsque ses pieds touchent le sol. Il commence par courir vers le point central (point 1). Ensuite, il doit aller toucher le volant placé au point 2 à l'aide de la raquette en effectuant des déplacements spécifiques au badminton. L'athlète revient ensuite au centre et touche le carré avec un pied avant de se diriger vers le point 3. Ce schéma se poursuit ensuite vers les points 4, 5, 6 et 7.

Une fois effectué au point 8, le sportif revient au point 1 au centre du terrain puis court vers la zone de départ pour arrêter le test au moment du contact de son pied avec la zone marquée.

Les mesures prises durant l'analyse vidéo sont :

- Le temps total du passage qui se mesure à partir du premier contact lors de la première reprise d'appui et du dernier contact lors du retour vers la zone de fin.
- Le temps de la phase de freinage (t_{freinage}) lors des fentes avant au point 2 et 4 qui se caractérisent par le contact de l'attaque talon avec le sol lors de la fente jusqu'à l'arrêt de vitesse du centre de masse.
- Le temps de pousser (t_{pousser}) sur le retour de fente avant au moment où le centre de masse se remet en accélération vers le centre du terrain jusqu'au décollage du pied avant de la fente.
- Le temps total de remplacement ($t_{\text{remplacement}}$) qui se caractérise par le moment de retour de fente jusqu'au remplacement complet au centre du terrain (au moins un pied dans la zone centrale de 20 cm par 20 cm)
- Le temps total de fente (t_{fente}) avant qui se calcule par le temps de freinage additionné avec le temps de poussée.

Tous les sujets ont effectué un échauffement complet général et spécifique avant la réalisation du BSRA. Les participants avaient des chaussures de badminton, identiques à celles qu'ils utilisent en compétition. Chaque athlète a eu 3 essais afin de réaliser la meilleure performance possible chacune espacées d'un temps de récupération complète ($t_{\text{recup}} > 5$ min).

Les conditions suivantes nécessitaient une nouvelle réalisation du test : Réalisé le parcours dans un mauvais ordre de passage, celui-ci devait bien être respecté ; Interrompre soi-même le test avant la fin marquée par la pose de pieds finale au point 8 ; Ralentir volontairement. De plus, les actions suivantes entraînent une seconde de pénalité sur le temps final: Ne pas toucher le volant avec la raquette ; Ne pas poser son pied dans la zone centrale. Pour l'analyse des résultats, le meilleur temps est celui qui a été retenu.

4.3 Profil Force-Vitesse

Le profil force-vitesse a été établi à partir de Squat Jump (SJ). Conformément aux recommandations de la littérature, plusieurs charges ont été utilisées afin de couvrir l'ensemble du spectre force-vitesse, généralement compris entre 0 % et 60 % du poids du corps de l'athlète (Samozino et al., 2012).

4.3.1 Anthropométrie

Les mesures anthropométriques ont été réalisées afin d'obtenir dans un premier temps, le stade de maturation et le pic de croissance des sportifs, à l'aide de la taille debout, la taille assise et la masse du sujet (Mirwald et al., 2001). Et dans un second temps, les mesures nécessaires afin d'estimer le profil Force-Vitesse (longueur de jambe en triple extension; distance de poussée ; hauteur genoux fléchis 90° ; masse corporelle)

Pour les mesures des différents segments elles ont été faites à l'aide d'un mètre ruban et le point de référence pour la mesure de la hauteur genoux fléchis à 90° et la longueur de jambe en triple extension était le grand trochanter. Pour la masse, elle a été mesurée à l'aide d'une balance électronique calibrée, avec une précision au dixième de kilogramme.

L'ensemble des mesures anthropométriques a été réalisé en amont des tests de performance, dans des conditions standardisées et reproductibles, afin de garantir la validité et la comparabilité des données. Ces mesures ont ensuite été intégrées dans les feuilles de calcul pour permettre le traitement des données mécaniques et l'établissement du profil Force-Vitesse individualisé de chaque participant.

4.3.2 Échauffement

Un échauffement complet a été réalisé avant les tests, comprenant 4 parties de la méthode RAMP de Ian Jeffreys publiée dans son article "Warm-up revisited: The ramp method of optimizing warm-ups. Professional Strength and Conditioning." (Jeffreys, 2007)

Tout d'abord une mobilisation articulaire complète en accentuant les articulations les plus sollicitées (genoux ; hanche ; cheville), ensuite une activation des groupes musculaires sollicités, ici principalement les membres inférieurs et le gainage du tronc, une augmentation de la température interne et de la fréquence cardiaque, et enfin une activation nerveuse afin de potentialiser la performance. Toutes ces parties ont été faites en respectant les principes de l'échauffement (général au spécifique ; progressif ; individualisé)

4.3.3 SJ avec charges

Pour le profil Force-Vitesse, les sportifs ont réalisé des squat jump (SJ) à différentes conditions de charges correspondant en moyenne à 0 ; 20 % ; 40 % ; 50 % ; 60 % de leur poids du corps avec barre positionnée sur le dos. Ces charges ont été choisies afin de couvrir un spectre large de la relation force-vitesse, conformément aux recommandations issues de la littérature scientifique (Samozino et al., 2012) . Ce test a été retenu en raison de sa capacité à isoler les composantes d'un mouvement concentrique des membres inférieurs, en limitant

l'influence du cycle étirement-raccourcissement qui n'est que très peu reproductible. De plus un arrêt de 2 secondes était imposé avant le déclenchement du saut afin d'éliminer tout mouvement préparatoire. Les consignes ont bien été expliquées en amont (sauts purement verticaux avec les mains sur les hanches, pas de contre-mouvement au départ, départ quand le sportif le souhaite, genoux fléchis. Atterrir en triple extension cheville; genoux; hanche). Une récupération complète, comprise entre 2 et 3 minutes, a été respectée entre chaque essai afin de limiter l'impact de la fatigue sur la performance. Pour chaque condition de charge, un à deux essais ont été réalisés, et la meilleure performance a été retenue pour l'analyse. Les profils Force-Vitesse des participants ont été tracés à partir de l'outil MyJumpLab, et les hauteurs de saut mesurées à l'aide d'une tablette ayant une fréquence d'acquisition suffisante (120 images/seconde) permettant une estimation du temps d'envol fiable.

En parallèle, les DATA ont été reportées sur un fichier Google Sheets construit, afin d'avoir un comparatif des valeurs et une sauvegarde de sécurité. Afin de garantir la validité des profils obtenus, un critère de qualité des sauts basé sur le coefficient de corrélation (R^2) a été appliqué. Ce R^2 , symbole d'une intensité maximale sur tous les efforts, devait être supérieur à 0,80 pour être retenu pour l'analyse ($R^2 \geq 0,8$). Par ailleurs, sur les 5 sauts prévues, un nombre minimum de 4 sauts valides étaient requis afin d'établir la relation Force-Vitesse du participant. Dans le cas contraire, le profil était considéré comme non exploitable.

4.3.4 Traitement des données

À partir de ces données, les variables mécaniques du profil Force-Vitesse ont été calculées : la force maximale théorique (F_0), la vitesse maximale théorique (V_0), la puissance maximale (P_{max}) ainsi que la pente de la relation force-vitesse (S_{fv}). Toutes ces données ont été calculées via l'application ainsi que sur le Google Sheets afin de permettre une vérification des calculs, une comparaison interindividuelle ainsi qu'une sauvegarde des résultats.

Les méthodes de calcul des différentes variables mécaniques utilisées dans ce travail, réalisé sur l'outil Google Sheets, reposent sur de modèles issus de la littérature scientifique (Samozino et al., 2012) . L'ensemble des calculs sont construits à partir de données expérimentales comprenant le temps d'envol (exprimé en millisecondes), les caractéristiques anthropométriques du sujet (notamment la masse corporelle en kilogrammes et la taille des différents segments en centimètres), ainsi que les charges additionnelles utilisées lors des différents sauts. Ces données permettent de déterminer un ensemble de variables mécaniques fondamentales décrivant la production de force, de vitesse et de puissance lors de l'effort.

Dans un premier temps, la hauteur de saut a été estimée à partir du temps d'envol. En considérant que la phase de vol est symétrique (temps de monter = temps de descente), et que l'accélération est égale à la gravité ($a = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), la hauteur est calculée à l'aide de la formule:

$$h = \frac{(g \cdot t_{vol}^2)}{8}$$

Où g correspond à l'accélération gravitationnelle et t_{vol} au temps de vol exprimé en secondes. Cette estimation constitue la base de l'ensemble des calculs mécaniques ultérieurs,

car elle permet de déterminer les variables cinématiques du saut. Il est donc impératif que la mesure du temps de vol soit la plus précise possible (fréquence d'acquisition de l'appareil et consignes précises). À partir de cette hauteur, la vitesse d'envol est ensuite déterminée en appliquant la relation suivante:

$$v = \sqrt{\left(\frac{g.h}{2}\right)}$$

Cette vitesse est essentielle pour l'établissement du profil Force-Vitesse, car elle permet de relier les paramètres cinématiques aux forces produites.

La force moyenne développée lors du saut est estimée à partir de la relation:

$$F = m.(g + a)$$

Où m représente la masse totale déplacée (masse corporelle augmentée des charges additionnelles), et à l'accélération moyenne durant la phase d'impulsion. La force relative est ensuite obtenue par normalisation à la masse corporelle, selon:

$$F_{rel} = \frac{F}{m}$$

Cela permet une comparaison interindividuelle indépendante de la masse du sujet.

La puissance mécanique moyenne (P) est calculée comme le produit de la force par la vitesse ($P = F.v$), ce qui correspond à la définition mécanique classique de la puissance instantanée. Puis elle est mise en relation avec le poids afin d'avoir la puissance relative (P_{rel}).

L'ensemble de ces différentes variables permettent par la suite, la construction du profil Force-Vitesse à l'aide de F_0 (estimé à partir des différentes valeurs de V_{moy} et F_{moy} des différents sauts) et de la pente de la relation:

$$Sf_v = -\frac{F_0}{V_0}$$

On peut par la suite obtenir V_0 à l'aide de la relation:

$$V_0 = -\frac{F_0}{Sf_v}$$

Enfin, les valeurs relatives du profil sont obtenues en normalisant les paramètres absolus par la masse corporelle pour obtenir F_{0rel} et Sf_{vrel} . Cette normalisation permet d'obtenir un profil force-vitesse individualisé et comparable entre sujets, indépendamment des différences individuelles.

4.3.5 Statistique

Les analyses statistiques descriptives et corrélationnelles ont été réalisées à l'aide de tableurs Google Sheets ainsi qu'à l'aide de l'outil JASP.

Dans un premier temps, les données ont été présentées afin d'obtenir les moyennes; écart types; min; max; des différentes variables étudiées (F0 relative; V0; Pmax relative; Temps total BSRAT; Temps de fente; Temps de poussée sur fente; Temps de freinage sur fente; Temps de remplacement)

Compte tenu de la faible taille d'échantillon ayant réalisé les 2 tests ($n=7$) et de l'hétérogénéité des participants, les analyses ont été interprétées avec prudence. Les conditions nécessaires à l'utilisation de tests paramétriques classiques étant difficilement vérifiables avec un si faible effectif. L'objectif principal de l'étude était d'explorer les tendances de relation entre les variables plutôt que d'établir des relations généralisables à une population. Le seuil de significativité fixé de façon conventionnelle à 0,05 ($p = 0,05$), il est difficile d'affirmer certaines corrélations avec un nombre de sujets aussi faible. Cependant il est tout à fait possible de constater certaines tendances qui pourraient être des pistes à vérifier avec un seuil de significativité plus valide (avec un nombre de sujets plus important et des groupes moins hétérogènes)

Afin d'étudier les associations entre les variables du profil force-vitesse obtenues lors du Squat Jump (F0 relative, V0, Pmax relative, etc.) et la performance au test spécifique badminton BSRAT, des analyses de corrélation ont été réalisées.

Afin d'analyser la relation entre les paramètres du profil Force-Vitesse et les variables temporelles du BSRAT, deux indicateurs statistiques complémentaires ont été retenus : le coefficient de corrélation de Pearson (r) et le coefficient de détermination (r^2).

Le coefficient de corrélation de Spearman (ρ) a été utilisé afin d'étudier les relations entre les variables du profil force-vitesse et les performances au BSRAT. Ce test non paramétrique est particulièrement adapté aux petits effectifs ainsi qu'aux données ne respectant pas nécessairement les conditions d'application des tests paramétriques classiques, notamment l'hypothèse de normalité. En effet, le nombre de sujets étant inférieur à 12 ($n=5$), il est impossible de vérifier la normalité à l'aide de Shapiro-Wilk dans JASP. Par conséquent, il n'est pas possible d'assurer la fiabilité d'un test paramétrique.

Partie 5 : Résultats

Afin de comprendre le lien possible entre les différentes variables du profil force-vitesse, et du test BSRAT, l'analyse se concentre principalement sur la force des coefficients de corrélation de Spearman afin de mesurer la taille d'effet des relations, tout en mentionnant les indices de significativité statistique correspondants.

5.1 Analyses descriptives de la population

La figure 3 présente l'ensemble des données brutes individuelles, moyennes et écart type pour l'ensemble des variables du BSRAT ainsi que des profils force-vitesse. L'analyse descriptive met en évidence des différences interindividuelles importantes concernant les différentes variables issues du profil force-vitesse. En effet, la $F0_{relative}$ présente une moyenne de $28,68 \pm 7,54 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$, la P_{max} relative $31,38 \pm 8,13 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$, et la $V0$ moyenne est de $4,74 \pm 2,18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. De plus, la Sfv relative moyenne est à $-7,50 \pm 4,69 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{kg}^{-1}$. On constate donc que les écarts-types sont relativement élevés ce qui traduit une forte hétérogénéité des profils neuromusculaires des participants.

Concernant les variables obtenues lors du BSRAT, on observe une moyenne des meilleurs temps se situant à $20,45 \pm 1,46 \text{ s}$, les temps mesurés sur les différentes phases du déplacement montrent des valeurs relativement proches entre le côté droit et le côté gauche. Le temps de freinage est légèrement plus faible du côté gauche ($0,27 \pm 0,03 \text{ s}$) que du côté droit ($0,31 \pm 0,11 \text{ s}$), ce qui pourrait suggérer une meilleure capacité de décélération sur ce même côté chez certains sujets. Les temps de déplacements sont quant à eux très similaires des 2 côtés (t remplacement D = $1,29 \pm 0,08 \text{ s}$ et t remplacement G = $1,30 \pm 0,07 \text{ s}$). Les temps de fente apparaissent également légèrement inférieurs du côté gauche ($0,53 \pm 0,08 \text{ s}$) comparativement au côté droit ($0,59 \pm 0,15 \text{ s}$). Enfin les temps de poussées sur retour de fente sont également plus faibles du côté gauche, se situant à $0,25 \pm 0,05$ contre $0,28 \pm 0,05$ pour le côté droit. Cela pourrait se traduire par un contrôle moteur lors de la fente côté gauche qui serait plus faible, le sujet essaie donc de limiter son amplitude sur ce mouvement. Le sportif utilise donc des stratégies différentes de remplacement entre le côté préférentiel et le côté non préférentiel.

	t freinage D (s)	t pousser D (s)	t remplacement D (s)	t fente D (s)	t freinage G (s)	t pousser G (s)	t remplacement G (s)	t fente G (s)	t total moy (s)	meilleur t total (s)	F0 relative (N.kg)	V0 (m.s)	Sfv relative (N.m.s.kg)	Pmax relative (W.kg)
Moyenne	0,31	0,28	1,29	0,59	0,27	0,25	1,30	0,53	20,86	20,45	28,68	4,74	-7,50	31,38
±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Ecart type	0,11	0,05	0,08	0,15	0,03	0,05	0,07	0,08	1,61	1,46	7,54	2,18	4,69	8,13

5.2 Corrélation entre les variables

L'analyse des corrélations de Spearman met en évidence plusieurs tendances intéressantes entre les variables du profil force-vitesse et les performances au BSRAT. La F0relative semble présenter différentes relations avec les différentes variables du BSRAT, alors que la Pmax relative, la V0 ,ou encore la Sfv relative semblent avoir peu de lien avec les capacités de remplacement.

5.2.1 F0 relative

La F0 relative présente les corrélations les plus élevées avec les différentes variables temporelles du test. Des corrélations négatives fortes sont observées entre la F0 relative et le meilleur temps total ($\rho = -0,800$; $p = 0,067$), le temps de freinage droit ($\rho = -0,800$; $p = 0,067$), le temps de freinage gauche ($\rho = -0,800$; $p = 0,067$) ainsi que le temps de remplacement gauche ($\rho = -0,800$; $p = 0,067$).

Des corrélations négatives modérées sont également observées avec le temps total moyen ($\rho = -0,700$; $p = 0,117$), le temps de remplacement droit ($\rho = -0,700$; $p = 0,117$) ainsi qu'avec les temps de poussée et de fente côtés droit ($\rho = -0,600$; $p = 0,175$).

Ces résultats suggèrent qu'une capacité plus importante à produire de la force relative pourrait être associée à une amélioration des performances de déplacement spécifiques au badminton. En effet, des valeurs plus élevées de F0 relative semblent correspondre à des temps plus faibles lors des différentes phases du BSRAT. Cette relation paraît cohérente avec les exigences biomécaniques du badminton, qui nécessitent des capacités importantes de freinage, de réaccélération et de changements de direction rapides.

5.2.2 V0

À l'inverse, les résultats obtenus pour la V0 montrent principalement des corrélations positives faibles à modérées avec les variables du BSRAT. Une corrélation positive relativement élevée est notamment observée entre la V0 et le temps de fente droit ($\rho = 0,700$; $p = 0,933$). Cependant, ces résultats semblent indiquer qu'une capacité plus importante à produire de la vitesse théorique maximale n'est pas associée à une amélioration des performances de déplacement dans cet échantillon. Des tendances similaires sont observées pour le Sfv relatif, avec des corrélations positives faibles à modérées pour l'ensemble des variables du BSRAT.

5.2.3 Pmax relative

Enfin, la puissance maximale relative (Pmax relative) ne semble pas associée aux performances du BSRAT. Les corrélations observées sont faibles et proches de zéro pour l'ensemble des variables étudiées. La corrélation entre la Pmax relative et le meilleur temps total est de $\rho = -0,100$ ($p = 0,475$). Ces résultats pourraient indiquer que la capacité à produire une puissance maximale lors d'un mouvement vertical ne constitue pas un facteur déterminant de la performance dans un test de déplacement spécifique au badminton.

5.2.4 Seuil de significativité

Malgré plusieurs coefficients de corrélation élevés, aucune des relations observées n'atteint le seuil de significativité statistique fixé par conventionnalité à $p < 0,05$. Cette absence de significativité peut principalement s'expliquer par la très faible taille de l'échantillon ($n = 5$), limitant fortement la puissance statistique de l'étude. Néanmoins, les tendances observées semblent indiquer que les qualités de force maximale relative pourraient jouer un rôle plus important dans les performances spécifiques de déplacement au badminton que les qualités orientées vers la vitesse ou la puissance maximale.

Partie 6 : Discussion

6.1 Interprétation des principaux résultats

L'objectif de cette étude était de s'intéresser aux différentes relations qui existent entre les caractéristiques du profil force-vitesse réalisé en squat jump, et les qualités de remplacement évaluées lors du BSRAT. Les principaux résultats après analyse statistique de corrélation de Spearman montrent que la F0relative est la variable qui présente les associations les plus fortes avec les performances du BSRAT, notamment avec le temps de freinage, de remplacement, et le meilleur temps total. Il semblerait qu'il y ait également des liens entre la F0relative et le temps de pousser sur la fente.

À l'inverse, la puissance maximale relative (Pmax relative), la vitesse maximale théorique (V0), ainsi que l'inclinaison du profil force-vitesse (Sfv relative) ne présentent que très peu de relations avec les performances sur le test de remplacement.

Ces résultats semblent indiquer que, dans le cadre de remplacement sur fente avant en badminton, les capacités à produire des niveaux de force élevés jouent un rôle plus important que les qualités de puissance maximale ou de vitesse. Cette observation apparaît cohérente avec les exigences biomécaniques propres au badminton. En effet, ce sport se caractérise par des déplacements courts et explosifs, multidirectionnels, et à haute intensité avec une succession de phases de freinages et de décélérations.

La littérature scientifique semble soutenir cette hypothèse en montrant que les performances de changement de direction dans les sports de raquette dépendent fortement des capacités neuromusculaires liées à la production de force et au contrôle des appuis. Une étude menée chez des joueurs de badminton élite a notamment montré qu'un entraînement combinant pliométrie et travail de l'équilibre permettait d'améliorer significativement les performances de changement de direction. Les auteurs expliquent ces améliorations par une meilleure capacité de production et de contrôle des forces lors des phases d'appuis et de réaccélération (Guo et al., 2021).

D'un point de vue biomécanique, cela peut s'expliquer par le fait que les changements de direction nécessitent avant tout une forte capacité à absorber puis à produire rapidement des forces. La $F0$ relative représente précisément la capacité maximale de production de force à faible vitesse. Ainsi, un joueur possédant une $F0$ élevée pourrait être capable de générer des impulsions mécaniques plus importantes lors des appuis, améliorant ainsi son efficacité de freinage et sa capacité à se réaccélérer rapidement après une fente ou un déplacement latéral. Ces résultats apparaissent également cohérents avec les travaux de Spiteri et al., 2015, qui mettent en évidence l'importance majeure des qualités de force et de puissance dans les performances en changements de direction. Les auteurs montrent que les performances dans les tâches multidirectionnelles dépendent fortement de la capacité à produire et à contrôler rapidement des forces élevées, notamment lors des phases de décélération et de réaccélération. Ces phases impliquent des contraintes mécaniques importantes sur l'appareil neuromusculaire, nécessitant une capacité efficace à freiner le centre de masse puis à le ré-accélérer dans une nouvelle direction. Ainsi, la maîtrise des forces horizontales et la capacité à les exprimer rapidement semblent déterminantes pour la performance en changement de direction. Ces éléments pourraient expliquer pourquoi la force maximale théorique ($F0$ relative) est davantage associée aux performances au BSRAT que la vitesse théorique ($V0$) ou la puissance maximale (P_{max} relative).

À l'inverse, les résultats obtenus pour la P_{max} relative sont plus surprenants. En effet, on pouvait s'attendre à ce qu'une P_{max} relative élevée soit associée à de meilleures performances de déplacements, cependant, il n'y aurait apparemment que peu de tendance entre ces variables.

La littérature scientifique associe fréquemment la puissance maximale aux performances explosives telles que le sprint, le saut ou les changements de direction. Cependant, les corrélations observées dans cette étude sont faibles voire quasi nulles entre la P_{max} relative et les différentes variables du BSRAT.

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ces résultats. Tout d'abord, la puissance maximale relative est estimée à partir de saut en Squat Jump avec une orientation des forces qui est verticale. Or, le déplacement sur une fente avant en badminton est vertical, mais possède également une composante horizontale (Phomsoupha, 2016). Il pourrait donc exister un manque de spécificité mécanique entre le test utilisé pour établir le profil force-vitesse et les exigences biomécaniques du BSRAT.

Ce principe de spécificité est largement décrit dans la littérature scientifique et suggère que les qualités physiques les plus transférables sont celles évaluées dans des conditions proches du geste sportif.

Ensuite, le badminton impose des contraintes liées aux actions de freinage et de réaccélération unilatérales. Dans ce contexte, la capacité à produire des hauts niveaux de force pourrait être plus déterminante que la capacité à atteindre une puissance maximale. En effet, lors d'un déplacement sur fente avant en badminton, le temps disponible pour générer de la force est extrêmement faible (t poussé droit: $0,25 \pm 0,05$; t poussé gauche: $0,28 \pm 0,05$). La capacité à générer rapidement de fortes impulsions pourrait donc être un facteur plus discriminant que la Pmax relative.

Cette hypothèse est soutenue par Lipčák et al., 2025, qui à travers leur revue systématique mettent en évidence l'importance de la capacité à produire des niveaux élevés de force horizontale sur des temps très courts lors des actions de changement de direction. Les auteurs montrent que la performance dans les tâches de locomotion explosive ne dépend pas uniquement de la puissance maximale théorique, mais surtout de la capacité à développer rapidement de la force dans les premières phases du mouvement, où les contraintes temporelles sont très faibles. Dans ce cadre, les déficits de production de force initiale (notamment la force théorique maximale F_0 du profil force-vitesse) apparaissent particulièrement limitants pour les actions d'accélération et de freinage. Transposé au badminton, ce constat est pertinent dans la mesure où les déplacements en fente s'effectuent sur des temps d'application de force extrêmement réduits. Ainsi, la capacité à exprimer rapidement un haut niveau de force pourrait conditionner la qualité des déplacements plus que la seule expression d'une puissance maximale (Pmax), atteinte sur des durées plus longues.

Par ailleurs, les résultats obtenus pour la V_0 et la Sfv relative montrent des relations positives faibles à modérées avec les variables temporelles du BSRAT. Ces tendances semblent indiquer qu'un profil davantage orienté vers la vitesse ne serait pas nécessairement favorable aux performances spécifiques de déplacement dans cet échantillon.

De plus, les résultats obtenus pour la corrélation modérée entre F_0 relative et les temps de poussées mettent en avant qu'une plus grande capacité de production de force pourrait améliorer la phase de réaccélération après le freinage. Cela paraît cohérent avec les exigences du déplacement en badminton.

6.2 Les limites

Néanmoins, plusieurs limites doivent être prises en compte afin d'interpréter ces résultats avec prudence. En effet, la principale limite de cette étude concerne la taille très réduite de l'échantillon ($n = 5$). Cette faible puissance statistique limitée dû au nombre de sujets très bas, impacte fortement la capacité à mettre en évidence des corrélations significatives malgré certains coefficients élevés. Plusieurs corrélations associées à la F_0 relative atteignent des valeurs importantes ($\rho > -0,800$) sans franchir le seuil de significativité fixé de façon conventionnelle à 0,05 ($p = 0,05$). Avec un échantillon plus important, certaines de ces relations auraient probablement pu devenir significatives. De plus, cela aurait permis de créer

des groupes moins hétérogènes ce qui aurait permis de limiter différents biais possibles (stade de maturation; âge; taille etc)

6.2.1 Limites du profil Force-vitesse

Une seconde limite importante est les tests utilisés pour établir le profil force-vitesse. En effet, le squat jump est une production de force verticale à composante concentrique, il a été choisi car il est celui qui se rapproche le plus du retour de fente avant d'un point de vue biomécanique et qui est le plus reproductible. Le counter mouvement jump (CMJ) pourrait se rapprocher de la capacité pliométrique de la fente avant mais est difficilement reproductible. De plus, l'orientation des forces qui varie légèrement entre le SJ et la fente avant pourrait venir limiter la spécificité de ce test.

Ainsi, l'utilisation d'un profil force-vitesse plus spécifique à la fente avant (orientation des forces; unilatéral; mouvement pliométrique) pourrait permettre d'obtenir des relations plus fortes avec le test du BSRAT.

De plus, les sujets faisant de la préparation physique spécifique au badminton depuis peu, ils n'ont pas beaucoup d'expérience dans le Squat Jump avec charge. Il a bien été vérifié que les sauts soient bien réalisés. Cependant, une appréhension aux sauts avec charges lourdes (60 % du poids du corps) pourrait limiter l'intensité mise dans le saut. Or, avec une intensité sous-maximale sur un ou plusieurs sauts, il pourrait y avoir un biais à ce niveau là.

Une familiarisation plus poussée de ce type d'exercices avec une durée plus prolongée pourrait permettre de diminuer cette appréhension du saut.

6.2.2 Les limites du BSRAT

Plusieurs limites sont à prendre en compte lors de la réalisation de ce test. Tout d'abord, une imprécision lors du chronométrage, en effet, une caméra avec une fréquence d'acquisition de 120 images par seconde a été utilisée, cependant, cela signifie qu'il s'écoule un temps d'environ 8,33 ms entre 2 images. Si une imprécision peut se faire lors du choix de l'image (exemple: images de contact du pied avec le sol), alors les variables temporelles pourraient en être impactées.

Une seconde limite se situe au niveau du terrain. Les terrains utilisés pour ces tests glissaient beaucoup, ce qui peut avoir impacté l'intensité que le joueur a mis dans ses déplacements et par conséquent les temps qui y correspondent.

6.2.3 Les limites de mesures et de calculs

Des erreurs de mesures et/ou une imprécision des outils de mesures pourraient également interférer dans la fiabilité des résultats. Une fréquence d'acquisition plus élevée ou encore une analyse en trois dimensions pourrait permettre de limiter ce biais. Les mesures anthropométriques qui ont été utilisées lors des calculs du profil force-vitesse en SJ ont été prises par une personne qualifiée de compétente, cependant, plusieurs prises interindividuelles et intra-individuelles pourraient augmenter la précision de ces mesures.

6.2.4 Technique de fente

La technique de fente peut également être un facteur limitant. Étant donné qu'il existe 3 types de fentes différentes (Kuntze et al., 2010), chaque technique avec ses particularités biomécaniques (temps de freinage ; temps de poussée ; nombre d'appuis au sol) pourrait impacter la stratégie temporelle de remplacement. Pour limiter ce biais, des groupes homogènes par type de fente sont utilisés pour être envisagés.

Partie 7 : Conclusion

L'étude des relations entre les caractéristiques du profil force-vitesse vertical obtenu en squat jump et les capacités de remplacement spécifiques au badminton évaluées à l'aide du BSRAT montrent que la force maximale théorique ($F_{0\text{relative}}$) semblerait être la variable la plus associée aux performances de remplacement, notamment avec les temps de freinage, de remplacement et le meilleur temps total au test. À l'inverse, la puissance maximale relative ($P_{\text{max relative}}$), la vitesse maximale théorique (V_0) ainsi que l'inclinaison du profil force-vitesse ($S_{\text{fv relative}}$) présentent peu de relations avec les performances observées.

Ces résultats suggèrent que, dans le cadre des déplacements explosifs spécifiques au badminton et particulièrement lors du retour après fente avant, la capacité à produire rapidement des niveaux élevés de force pourrait être plus déterminante que les qualités de vitesse maximale ou de puissance maximale. Cette observation semble cohérente avec les exigences biomécaniques du badminton, sport caractérisé par des actions très courtes, des freinages importants et des réaccélérations rapides nécessitant une forte production de force sur des temps extrêmement réduits.

Cependant, ces résultats doivent être interprétés avec prudence en raison des nombreuses limites de cette étude, notamment la très faible taille de l'échantillon, l'hétérogénéité des participants, ainsi que les limites méthodologiques liées aux outils de mesure et à la spécificité des tests utilisés. Il n'est donc pas possible de tirer des conclusions définitives en raison de seuils de significativité trop faibles et des différentes limites de l'étude.

Malgré ces limites, cette étude met en évidence des pistes intéressantes pour la préparation physique du badiste. Les résultats semblent notamment indiquer qu'un travail orienté vers le développement des capacités de production de force pourrait être pertinent pour améliorer les qualités de remplacement après fente avant.

Enfin, plusieurs perspectives apparaissent pour de futurs travaux. L'utilisation d'un échantillon plus important et plus homogène permettrait d'obtenir une meilleure puissance statistique. De plus, la mise en place d'un profil force-vitesse davantage spécifique au badminton (pliométrie ; unilatéral ; orientation des forces de poussées) pourrait permettre d'obtenir des relations plus représentatives des contraintes de terrain. L'intégration notamment d'analyses biomécaniques plus poussées, notamment en trois dimensions, constituerait également une perspective intéressante afin de mieux comprendre les déterminants mécaniques du remplacement en badminton.

Bibliographie

- Abian-Vicen, J., Castanedo, A., Abian, P., & Sampedro, J. (2013). Temporal and notational comparison of badminton matches between men's singles and women's singles. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 310-320.
<https://doi.org/10.1080/24748668.2013.11868650>
- Guo, Z., Huang, Y., Zhou, Z., Leng, B., Gong, W., Cui, Y., & Bao, D. (2021). The Effect of 6-Week Combined Balance and Plyometric Training on Change of Direction Performance of Elite Badminton Players. *Frontiers in Psychology*, 12, 684964.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.684964>
- Hachana, Y., Chaabène, H., Nabli, M. A., Attia, A., Moualhi, J., Farhat, N., & Elloumi, M. (2013). Test-Retest Reliability, Criterion-Related Validity, and Minimal Detectable Change of the Illinois Agility Test in Male Team Sport Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2752-2759.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182890ac3>
- Huang, L., Zhang, Y., Gao, S., Lin, J., Zheng, F., & Gu, Y. (2025). Effects of direction and gender on lower limb biomechanics during forward lunges in badminton players : A preliminary analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17(1), 244.
<https://doi.org/10.1186/s13102-025-01299-9>
- Jeffreys, I. (2007). *Warm up revisited – the ‘ramp’ method of optimising performance preparation*.
- Kuntze, G., Mansfield, N., & Sellers, W. (2010). A biomechanical analysis of common lunge tasks in badminton. *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 183-191.
<https://doi.org/10.1080/02640410903428533>

- Lam, W.-K., Wong, D. W.-C., & Lee, W. C.-C. (2020). Biomechanics of lower limb in badminton lunge : A systematic scoping review. *PeerJ*, 8, e10300.
<https://doi.org/10.7717/peerj.10300>
- Lindberg, K., Solberg, P., Bjørnsen, T., Helland, C., Rønnestad, B., Thorsen Frank, M., Haugen, T., Østerås, S., Kristoffersen, M., Midttun, M., Sæland, F., & Paulsen, G. (2021). Force-velocity profiling in athletes : Reliability and agreement across methods. *PLOS ONE*, 16(2), e0245791. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245791>
- Lipčák, A., Lipková, L., Kalina, T., Michaelides, M., Parpa, K., & Paludo, A. C. (2025). The use of horizontal force-velocity profile in soccer : A rapid systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17(1), 200.
<https://doi.org/10.1186/s13102-025-01232-0>
- Ma, S., Xue, W., Soh, K. G., Liu, H., Xu, F., Sun, M., Li, J., Shi, X., & Wang, X. (2025). Effects of physical training programs on healthy badminton players' performance : A systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17(1), 189. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01199-y>
- Malwanage, K. T., Senadheera, V. V., & Dassanayake, T. L. (2022). Effect of balance training on footwork performance in badminton : An interventional study. *PLOS ONE*, 17(11), e0277775. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277775>
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2001). *An assessment of maturity from anthropometric measurements*.
- Morin, J.-B., Gimenez, P., Edouard, P., Arnal, P., Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Mendiguchia, J. (2015). Sprint Acceleration Mechanics : The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Frontiers in Physiology*, 6.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00404>

- Özer, Ö., Soslu, R., Uyhan, O., Devrilmez, M., & Devrilmez, E. (2025). Specific change of direction test for badminton players : Badminton shuttle run agility test. *Physical Education of Students*, 29(6), 457-465. <https://doi.org/10.15561/20755279.2025.0603>
- Phomsoupha, M. (2016). *Déterminants biomécanique, physiologique et modélisation physique de la performance en badminton*.
- Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J.-B. (2012). Optimal Force–Velocity Profile in Ballistic Movements—Altius. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(2), 313-322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical Determinants of Faster Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2205-2214. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000876>
- Winata, B., Brochhagen, J., Apriantono, T., & Hoppe, M. W. (2025). Match-play data according to playing categories in badminton : A systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1466778. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1466778>

Annexes



Fiche d'évaluation

(A compléter par le tuteur organisme d'accueil)

Composante : UFR STAPS

Organisme d'accueil : BTH 83 Etudiant : _____
 Diplôme préparé : Entraînement et optimisation de la performance sportive M1
 Sujet du stage : Master 1 EOPS
 Dates de stage : 13/01/2016 - 19/01/2016

Évaluation de l'étudiant par le tuteur organisme d'accueil	I	S	B	E	N	Commentaires
Compétences techniques						
Application des savoirs académiques	☐	☐	☒	☐	☐	Le stagiaire répond complètement à la commande du Club avec des attentes et des discussions. Les discussions préparatoires ont permis de dégager et planifier des axes de travail.
Qualité de l'écoute et compréhension des besoins	☐	☐	☐	☒	☐	
Esprit d'analyse (capacité à identifier les éléments d'une situation, les mettre en relation en dégagant les grandes lignes)	☐	☐	☐	☒	☐	
Esprit de synthèse (intégration de plusieurs informations, capacité à prendre du recul, etc.)	☐	☐	☒	☐	☐	
Adéquation entre objectifs fixés et résultats obtenus	☐	☐	☐	☒	☐	
Communication						
Qualité des communications orales (structurer ses idées, faire preuve de clarté, être concis, exprimer son point de vue, etc.)	☐	☐	☐	☒	☐	Tous bons rapports avec les joueurs et le staff, les consignes sont claires et les joueurs apprécient ces temps-là.
Qualité des communications écrites (bonne clarté, idées bien structurées, concision, etc.)	☐	☐	☐	☒	☐	
Relation avec le public (accueil)	☐	☐	☐	☒	☐	
Aptitude au travail en équipe, partage de l'information	☐	☐	☐	☒	☐	
Comportement général						
Présence, ponctualité, motivation, implication	☐	☐	☐	☒	☐	Implication maximale de Clément avec une arrivée en avance, une préparation réalisée et discussions avec le staff pour la séance à venir.
Précision et soin dans l'accomplissement du travail	☐	☐	☐	☒	☐	
Acceptation des critiques, respect	☐	☐	☐	☒	☐	
Capacité à la résolution de difficultés	☐	☐	☐	☒	☐	
Capacité d'intégration, relations avec les autres membres de l'équipe	☐	☐	☐	☒	☐	
Qualités personnelles						
Originalité, jugement et suggestion sur le sujet, progrès dans le domaine, qualité des résultats obtenus	☐	☐	☐	☒	☐	L'assavoir-être et les qualités humaines de Clément sont à souligner, avec une capacité à être autonome quant aux attentes du Club / des joueurs.
Gestion des priorités et planification du travail	☐	☐	☐	☒	☐	
Capacité d'initiative et autonomie	☐	☐	☐	☒	☐	
Polyvalence du stagiaire	☐	☐	☐	☒	☐	
Rigueur du travail fourni	☐	☐	☐	☒	☐	
Appréciation globale de l'étudiant en stage par le tuteur organisme d'accueil						
Valeur ajoutée du stage pour l'organisme d'accueil	☐	☐	☐	☒	☐	
Commentaires : L'arrivée de Clément dans la structure apporte une vraie plus-value. Son intégration auprès des joueurs et de l'équipe a clairement dynamisé l'ensemble du Club, de par l'apport, des connaissances et des qualités humaines.						

Points à améliorer : (plusieurs réponses possibles)

- ☐ Parfaire les connaissances techniques
☐ Parfaire les connaissances théoriques
☐ Progresser en maturité
☐ Prendre plus d'initiatives
☐ Clarifier le projet professionnel
☐ Compléter cette expérience dans un autre secteur d'activité

Le stagiaire a-t-il rendu un rapport spécifique pour l'organisme d'accueil ? ☐ Oui ☐ Non

Cette évaluation a-t-elle été discutée avec le stagiaire ? ☒ Oui ☐ Non

Date, cachet de l'entreprise, nom et signature du tuteur organisme d'accueil :

Le 13 mai 2016

Ghio Jean-Michel



Badminton Toulon

Métropole

Siren : 750382665

RNA : W832003248

96 Av. de Forbin, 83100 Toulon

Explication des cotations	
(I) Insuffisant	Dans la plupart des tâches, l'étudiant en stage n'a pas répondu aux attentes
(S) Satisfaisant	Dans la plupart des tâches, l'étudiant en stage a répondu aux attentes
(B) Bien	Dans la plupart des tâches, l'étudiant en stage a bien répondu aux attentes
(E) Excellent	Dans la plupart des tâches, l'étudiant en stage a clairement dépassé les attentes
(N) Non applicable	Aucun élément n'a permis d'évaluer ce critère

NB : Dans le but d'alléger la lecture du document, le genre masculin est utilisé sans discrimination pour le genre masculin et féminin.

Université de Toulon

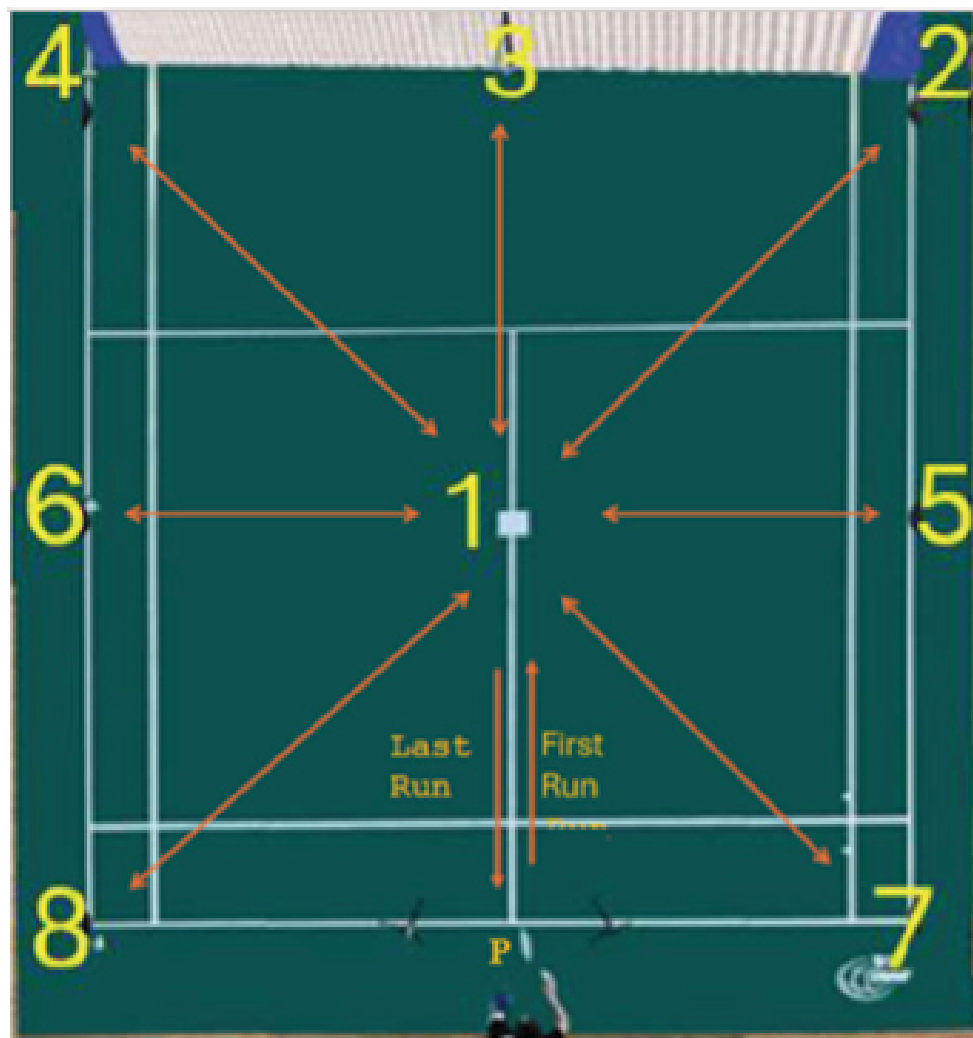


Figure 1. Badminton Shuttle Run Agility Test.
Source : Özer et al. (2025).



Figure 2. Image des volants placé au sol
Source : Özer et al. (2025).

	t freinage D (s)	t pousser D (s)	t remplacement D (s)	t fente D (s)	t freinage G (s)	t pousser G (s)	t remplacement G (s)	t fente G (s)	t total moy (s)	meilleur t total (s)	F0 relative (N.kg)	V0 (m.s)	Sfv relative (N.m.s.kg)	Pmax relative (W.kg)
S1(F;15) ans	0,28	0,24	1,28	0,52	0,24	0,18	1,22	0,42	20,8	20,58	29,1	3,1	-9,3	22,6
S2(G;13ans)	0,25	0,28	1,21	0,53	0,26	0,23	1,28	0,49	19,14	19,01	28,2	5,3	-5,3	37,4
S3(G;14ans)	0,31	0,26	1,40	0,57	0,29	0,29	1,32	0,57	22,53	21,81	20,7	8,2	-2,5	42,2
S4(G;21ans)	0,23	0,25	1,24	0,48	0,25	0,29	1,27	0,54	19,41	18,91	40,8	2,8	-14,7	28,2
S5(G;18)	0,50	0,35	1,34	0,85	0,32	0,30	1,4	0,62	22,43	21,94	24,6	4,3	-5,7	26,5
Moyenne +	0,31	0,28	1,29	0,59	0,27	0,25	1,30	0,53	20,86	20,45	28,68	4,74	-7,50	31,38
Ecart type	± 0,11	± 0,05	± 0,08	± 0,15	± 0,03	± 0,05	± 0,07	± 0,08	± 1,61	± 1,46	± 7,54	± 2,18	± 4,69	± 8,13

Figure 3. Données individuelles et descriptives des valeurs
obtenues durant le BSRAT et le profil Force-Vitesse
(D: cotés droit ; G: cotés gauche)

Correlation					
Spearman's Correlations					
			n	Spearman's rho	p
meilleur t	-	Pmax relative	5	-0.100	.475
t freinage	-	Pmax relative	5	-0.100	.475
Pmax relative	-	t poussé	5	0.300	.742
Pmax relative	-	t total moy	5	0.100	.608
Pmax relative	-	T fente 2	5	0.300	.742
Pmax relative	-	t poussé 2	5	0.205	.630
Pmax relative	-	t remplacement 2	5	0.400	.775
Pmax relative	-	t freinage 2	5	0.400	.775
Pmax relative	-	t remplacement	5	0.100	.608
Pmax relative	-	T fente	5	0.200	.658

Figure 4. Corrélation Pmax relative - Temps BSRAT

Correlation					
Spearman's Correlations					
			n	Spearman's rho	p
meilleur t	-	F0relative	5	-0.800	.067
F0relative	-	t freinage	5	-0.800	.067
F0relative	-	t poussé	5	-0.600	.175
F0relative	-	t total moy	5	-0.700	.117
F0relative	-	T fente 2	5	-0.600	.175
F0relative	-	t poussé 2	5	-0.410	.246
F0relative	-	t remplacement 2	5	-0.800	.067
F0relative	-	t freinage 2	5	-0.800	.067
F0relative	-	t remplacement	5	-0.700	.117

Figure 5. F0relative - Temps BSRAT

Correlation					
Spearman's Correlations					
			n	Spearman's rho	p
meilleur t	-	V0	5	0.500	.825
t freinage	-	V0	5	0.500	.825
V0	-	t poussé	5	0.500	.825
V0	-	t total moy	5	0.400	.775
V0	-	T fente 2	5	0.300	.742
V0	-	t poussé 2	5	0.103	.565
V0	-	t remplacement 2	5	0.600	.883
V0	-	t freinage 2	5	0.600	.883
V0	-	t remplacement	5	0.400	.775
V0	-	T fente	5	0.700	.933

Figure 6. V0 - Temps BSRAT

Correlation					
Spearman's Correlations					
			n	Spearman's rho	p
meilleur t	-	Sfv relative	5	0.500	.825
t freinage	-	Sfv relative	5	0.500	.825
Sfv relative	-	t poussé	5	0.500	.825
Sfv relative	-	t total moy	5	0.400	.775
Sfv relative	-	T fente 2	5	0.300	.742
Sfv relative	-	t poussé 2	5	0.103	.565
Sfv relative	-	t remplacement 2	5	0.600	.883
Sfv relative	-	t freinage 2	5	0.600	.883
Sfv relative	-	t remplacement	5	0.400	.775
Sfv relative	-	T fente	5	0.700	.933

Figure 7. Sfv relative - Temps BSRAT