

# Analyse cinématique préliminaire du service chez des enfants de 10 ans et moins

Maxime Fadier, Pierre Touzard et Caroline Martin

M2S Laboratory, University of Rennes 2, Bruz, Francia.

## RÉSUMÉ

Le service est un coup fondamental pour gagner un match à haut niveau. Dans une optique de formation du joueur à long terme, il est nécessaire de connaître les étapes d'apprentissage de ce coup sur le plan biomécanique. Toutefois, les données scientifiques concernant la biomécanique du service se sont focalisées sur les catégories U12, U14, U16, U18 et +18. L'objectif de cette étude est de proposer une analyse cinématique préliminaire du service chez des enfants de 10 ans et moins (U10) pour fournir des points de repère aux entraîneurs concernant l'enseignement du service chez les plus jeunes joueurs.

**Mots-clés :** service, performance, biomécanique.

**Article reçu :** 27 Septembre 2021

**Article accepté :** 15 Novembre 2021

**Auteur correspondant :** Caroline Martin. Email: [caroline.martin@univ-rennes2.fr](mailto:caroline.martin@univ-rennes2.fr)

## INTRODUCTION

À haut niveau, le service est le coup le plus important, car il permet de prendre l'ascendant sur l'adversaire et de gagner rapidement l'échange (Whiteside et al., 2013). Son efficacité peut influencer la performance du joueur, le résultat du point et du match. Les joueurs qui gagnent le match, font moins de doubles fautes et surclassent leurs adversaires en pourcentage de 1er service (Hizan et al., 2011). Le pourcentage total de points gagnés et les points gagnés après le premier service sont des facteurs déterminants chez les juniors (Kovalchik et Reid, 2017). Pour espérer s'imposer à haut niveau sur les circuits junior puis professionnel, l'apprentissage du service dès les 1ères années de pratique (U7, U9, U10) est très important. Pourtant, c'est un coup complexe dont l'exécution peut poser de réels problèmes aux jeunes pratiquants. Par exemple, c'est pour la catégorie U10 sur terrain vert que le taux de réussite est le plus faible au service (Fitzpatrick et al., 2018). Dès lors, dans un objectif de formation du jeune joueur, les connaissances en lien avec la réalisation technique de ce coup sont primordiales afin de guider les entraîneurs. Toutefois, les données dans la littérature scientifique concernant la biomécanique du service se sont focalisées sur les catégories U12, U14, U16, U18 et +18 (Fett et al., 2021; Fleisig et al., 2003; Hernández-Davó et al., 2019; Touzard et al., 2019; Whiteside et al., 2013). Les données pour la catégorie U10 sont très limitées (Durovic et al., 2008). Par conséquent, le but de cette étude est de décrire différents paramètres cinématiques du service des U10.

## MÉTHODE

6 joueurs de niveau départemental, 2 filles et 4 garçons, ont participé à cette étude (âge :  $9,3 \pm 0,8$  ans; taille :  $136,0 \pm 5,8$  cm; masse :  $27,8 \pm 3,8$  kg). Les expérimentations ont eu lieu sur un terrain « vert » ( $24 \text{ m} \times 8,23 \text{ m}$ ) entouré d'un système de capture de mouvement comprenant 23 caméras optoélectroniques (Oqus 7+, Qualisys System, Göteborg, Suède). Les joueurs devaient effectuer 3 services à plat en première balle dans le

carré de service. Les joueurs et leur raquette étaient équipés de marqueurs corporels réfléchissants (Figure 1). La vitesse de balle a été mesurée grâce à un radar (Stalker Pro II+, USA). 16 paramètres cinématiques ont été calculés pour décrire la biomécanique du service (Tableau 1).



Figure 1. Position des marqueurs de face et de dos.

## RÉSULTATS

Les joueurs ont atteint une vitesse de balle de  $94 \pm 10$  km/h et une vitesse maximale de la tête de raquette de  $93 \pm 9$  km/h. Les U10 adoptent un angle de flexion maximale du genou arrière de  $134 \pm 10^\circ$  et du genou avant de  $121 \pm 12^\circ$ . Les angles internes de flexion maximale sont de  $83 \pm 5^\circ$  pour la cheville arrière et de  $82 \pm 9^\circ$  pour la cheville avant. La vitesse d'extension maximale est de  $508 \pm 108$  %/s pour la cheville arrière et de  $478 \pm 100$  %/s pour la cheville avant. La

vitesse maximale d'extension du genou arrière est de  $366 \pm 153$  %s et de  $489 \pm 160$  %s pour le genou avant. La vitesse maximale de la hanche arrière est de  $1,3 \pm 0,2$  m/s, et de  $0,9 \pm 0,3$  m/s au niveau de la hanche avant. La vitesse maximale de rotation longitudinale des hanches est de  $493 \pm 154$  %s. Les enfants fléchissent leur tronc à une vitesse maximale de  $286 \pm 45$  %s. Au niveau du membre supérieur dominant, les U10 ans atteignent des vitesses maximales d'extension du coude de  $1003 \pm 403$  %s, de flexion du poignet de  $1472 \pm 155$  %s et de rotation interne de l'épaule de  $1668 \pm 668$  %s.

**DISCUSSION**

La vitesse de balle est un indicateur utilisé dans l'entraînement pour caractériser le niveau d'expertise des joueurs et évaluer l'efficacité de leurs service (Fleisig et al., 2003). Nos résultats montrent que le service des U10 est environ 60 km/h moins rapide que celui des U16 (Fett et al., 2021) et environ 90 km/h moins rapide que celui des +18 professionnel (Fleisig et al., 2003). Même si ces différences sont en grande partie liées à la maturation des capacités physiques entre l'enfance et l'âge adulte (Kovalchik & Reid, 2017), certains paramètres cinématiques peuvent être à l'origine de la plus faible vitesse de balle observée chez les U10.

Le service suit une séquence proximo-distale au cours de laquelle le mouvement du commencent par les segments proximaux. Au départ de la chaîne cinématique, nos résultats montrent que les U10 fléchissent davantage le genou avant que le genou arrière ( $121 \pm 12$  ° vs  $134 \pm 10$  °). La vitesse maximale d'extension du genou avant est supérieure à celle du genou arrière ( $489 \pm 160$  %s vs  $366 \pm 153$  %s). Pour les catégories d'âge supérieures (U12 à l'âge adulte), les joueurs font l'inverse en accentuant davantage la flexion puis la vitesse d'extension du genou arrière (Fett et al., 2021; Whiteside et al., 2013). Nos résultats témoignent donc d'une poussée du genou arrière encore immature chez les U10 de niveau départemental. On peut émettre l'hypothèse que cette poussée immature soit associée à un cycle étirement-raccourcissement du membre inférieur trop long entraînant une dissipation de l'énergie élastique stockée ayant pour effet de limiter la vitesse d'extension produite par les membres inférieurs (Whiteside et al., 2013). À l'inverse, nos résultats montrent une action plus mature au niveau des chevilles chez les U10 car la vitesse maximale d'extension de la cheville arrière est supérieure d'environ 30 %s à celle de la cheville avant.

**Tableau 1**

Tableau comparatif des différents paramètres mesurés en fonction des catégories d'âge U10, U12, U16 et +18.

Paramètres	Nos résultats	Fett et al, (2021)		Whiteside et al, (2013)			Fleisig et al, (2003)
	10&U	16&U	12&U	16&U	+18	+18	
Vitesse de balle (km/h)	94 ± 10	151 ± 20	/	/	/	Hommes : 183 ± 14 Femmes : 149 ± 14	
Vitesse maximale de la tête de raquette (km/h)	93 ± 9	/	108 ± 11	148 ± 11	155 ± 11	/	
Angle interne de flexion maximale du genou arrière (°)	134 ± 10	102 ± 10	93 ± 10	93 ± 8	92 ± 8	/	
Angle interne de flexion maximale du genou avant (°)	121 ± 12	108 ± 16	105 ± 10	115 ± 7	111 ± 8	/	
Vitesse d'extension maximale du genou arrière (%s)	366 ± 153	518 ± 102	/	/	/	/	
Vitesse d'extension maximale du genou avant (%s)	489 ± 160	447 ± 99	/	/	/	800 ± 400	
Angle interne de flexion maximale de la cheville arrière (°)	83 ± 5	/	/	/	/	/	
Angle interne de flexion maximale de la cheville avant (°)	82 ± 9	/	/	/	/	/	
Vitesse d'extension maximale de la cheville arrière (%s)	508 ± 108	/	/	/	/	/	
Vitesse d'extension maximale de la cheville avant (%s)	478 ± 100	/	/	/	/	/	
Vitesse maximale de la hanche arrière (m/s)	1,3 ± 0,2	/	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,1	2,3 ± 0,1	/	
Vitesse maximale de la hanche avant (m/s)	0,9 ± 0,3	/	1,4 ± 0,2	1,5 ± 0,1	1,7 ± 0,1	/	
Vitesse maximale de rotation longitudinales des hanches (%s)	493 ± 154	424 ± 96	/	/	/	440 ± 90	
Vitesse maximale de flexion du tronc (%s)	286 ± 45	493 ± 71	/	/	/	/	
Vitesse maximale d'extension du coude (%s)	1003 ± 403	1564 ± 327	1147 ± 185	1592 ± 191	1524 ± 144	1510 ± 310	
Vitesse maximale de flexion du poignet (%s)	1472 ± 155	1071 ± 299	1164 ± 189	1581 ± 184	1911 ± 264	1950 ± 510	
Vitesse maximale de rotation interne de l'épaule (%s)	1668 ± 668	2029 ± 332	1288 ± 365	2165 ± 373	2000 ± 297	Hommes : 2420 ± 590 Femmes : 1370 ± 730	
Vitesse maximale de rotation longitudinales des épaules (%s)	585 ± 144	/	/	/	/	870 ± 120	

Au niveau du tronc, la vitesse maximale de rotation longitudinale des hanches des U10 est similaire à celles des joueurs plus âgés (Fett et al., 2021; Fleisig et al., 2003). Par contre, la vitesse maximale de flexion du tronc des U10 est inférieure à celle des U16 (Fett et al., 2021). Ce résultat amène à penser que les U10 privilégient la rotation longitudinale du tronc pour créer de la vitesse par rapport aux actions de flexion et d'inclinaison latérale du tronc (« shoulder over shoulder rotation ») qui manquent encore d'efficacité car la poussée des jambes est encore immature à cet âge-là. Ces deux actions du tronc (flexion et inclinaison latérale) constituent donc des axes de progrès à envisager au cours de l'adolescence.

Les articulations du bras dominant contribuent fortement à la production de vitesse (Tanabe & Ito, 2007). La vitesse maximale d'extension du coude des U10 est comparable à celle des U12 (Whiteside et al., 2013). En revanche, un déficit important se creuse entre les U10 et les U16, ce qui témoigne d'une implication du coude minimisée chez les plus jeunes. Ainsi, nos résultats soutiennent l'hypothèse de (Whiteside et al., 2013) selon laquelle les jeunes joueurs emploient une trajectoire de raquette avant l'impact moins ascendante que celle utilisée par des joueurs plus âgés, pouvant expliquer les différences de vitesse de balle entre ces catégories d'âge.

La vitesse de rotation interne de l'épaule des U10 est supérieure à celle des U12 obtenue par Whiteside et al., (2013) mais est nettement inférieure à celles obtenues par les U16, U18 et + 18 (Tableau 1). Il en est de même pour la vitesse maximale de flexion du poignet. Ces résultats permettent de mieux comprendre la vitesse de balle réduite chez les U10 dans la mesure où il a été démontré que les vitesses de rotation interne de l'épaule et de flexion du poignet sont les principaux contributeurs à la vitesse linéaire de la tête de raquette (Tanabe & Ito, 2007).

## APPLICATIONS PRATIQUES

Les résultats de cette étude permettent de fournir quelques recommandations pratiques aux entraîneurs de jeunes joueurs. Après l'âge de 10 ans (catégories U12 et U14), le travail biomécanique pour améliorer la technique de service peut s'orienter sur l'action du genou arrière. Il s'agit d'amener progressivement les jeunes joueurs à fléchir davantage le genou arrière pour stocker une certaine quantité d'énergie élastique au niveau du quadriceps puis à produire une extension explosive du genou arrière qui va permettre d'enclencher efficacement la projection de la hanche arrière vers le haut et les actions de rotations du tronc (flexion du tronc et « shoulder over shoulder rotation ») et du membre supérieur (projection du coude et rotation interne de l'épaule). Par la suite, un travail de renforcement musculaire ciblé et adapté permettra au cours de l'adolescence (U16, U18 et +18) d'optimiser les vitesses de rotation segmentaires et articulaires telles que l'extension du genou arrière, la rotation interne de l'épaule, l'extension du coude ou encore la flexion du tronc.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ce travail montre que les U10 effectuent des actions du genou arrière, du coude et de l'épaule encore immatures au cours du service par rapport aux catégories d'âge supérieures, ce qui permet d'expliquer leur performance réduite au niveau de la vitesse de balle. À l'inverse, les actions des chevilles et de rotation longitudinale des hanches s'avèrent déjà en place

sur le plan biomécanique. Des travaux futurs sont nécessaires pour déterminer si la mise à l'échelle de l'environnement (taille du terrain, hauteur du filet) au regard de la morphologie des U10 permettrait de faciliter l'apprentissage du service, améliorerait leur performance et aboutirait à des paramètres biomécaniques se rapprochant de ceux mesurés pour les catégories d'âge supérieures.

Les auteurs remercient Nicolas Cantin, Conseiller Sportif Territorial, Ligue de Tennis de Bretagne et tous les joueurs qui ont participé à cette étude.

## CONFLIT D'INTÉRÊTS ET FINANCEMENT

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt et n'avoir reçu aucun financement pour la rédaction de cet article.

## RÉFÉRENCES:

- Durovic, N., Lozovina, V., Pavicic, L., & Mrduljas, D. (2008). KINEMATIC ANALYSIS OF THE TENNIS SERVE IN YOUNG TENNIS PLAYERS. *ACTA KINESIOLOGICA*, 2, 50-56.
- Fett, J., Oberschelp, N., Vuong, J.-L., Wiewelhoe, T., & Ferrauti, A. (2021). Kinematic characteristics of the tennis serve from the ad and deuce court service positions in elite junior players. *PLoS ONE*, 16(7), e0252650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252650>
- Fitzpatrick, A., Davids, K., & Stone, J. (2018). Effects of scaling task constraints on emergent behaviours in children's racket sports performance. *Human Movement Science*, 58, 80-87.
- Fleisig, G., Nicholls, R., Elliott, B., & Escamilla, R. (2003). Tennis: Kinematics used by world class tennis players to produce high-velocity serves. *Sports Biomechanics*, 2(1), 51-64. <https://doi.org/10.1080/14763140308522807>
- Hernández-Davó, J. L., Moreno, F. J., Sanz-Rivas, D., Hernández-Davó, H., Coves, Á., & Caballero, C. (2019). Variations in kinematic variables and performance in the tennis serve according to age and skill level. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(5), 749-762. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1653036>
- Kovalchik, S. A., & Reid, M. (2017). Comparing Matchplay Characteristics and Physical Demands of Junior and Professional Tennis Athletes in the Era of Big Data. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(4), 489-497.
- Tanabe, S., & Ito, A. (2007). A three-dimensional analysis of the contributions of upper limb joint movements to horizontal racket head velocity at ball impact during tennis serving. *Sports Biomechanics*, 6(3), 418-433. <https://doi.org/10.1080/14763140701491500>
- Touzard, P., Kulpa, R., Bideau, B., Montalvan, B., & Martin, C. (2019). Biomechanical analysis of the "waiter's serve" on upper limb loads in young elite tennis players. *European Journal of Sport Science*, 19(6), 765-773. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1539527>
- Whiteside, D., Elliott, B., Lay, B., & Reid, M. (2013). The effect of age on discrete kinematics of the elite female tennis serve. *Journal of Applied Biomechanics*, 29(5), 573-582. <https://doi.org/10.1123/jab.29.5.573>

Copyright © 2021 Maxime Fadier, Pierre Touzard et Caroline Martin



Ce texte est protégé par une licence [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Vous êtes autorisé à partager, copier, distribuer et communiquer le matériel par tous moyens et sous tous formats et adapter le document, remix, transformer et créer à partir du matériel pour toute utilisation y compris commerciale, tant qu'il remplit la condition de :

Attribution : Vous devez correctement créditer l'œuvre originale, fournir un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été apportées. Vous pouvez le faire de toute manière raisonnable, mais pas d'une manière qui suggère que vous avez l'approbation du concédant de licence ou que vous la recevez pour votre utilisation du travail.

[CC BY 4.0 Résumé de la licence](#). [CC BY 4.0 Texte intégral de la licence](#)

SÉLECTION DE CONTENU DU SITE ITF ACADEMY (CLIQUEZ)

