ITF International Tennis Federation
COACHING & SPORT SCIENCE REVIEW

Fédération Internationale de Tennis
www.itfcoachingreview.com
Décembre 2017. Année 25. Numéro 73. 35-38
ISSN 2225-4757
https://doi.org/10.52383/itfcoaching.v25i73.305

Travaux de recherche originaux Vitesse et effet de la balle lors de l'impact au service dans le tennis: fiabilité d'un instrument de mesure du mouvement de la balle (TRACKMAN)

Bumpei Sato, Ryo Wakatsuki, Yu Kashiwagi et Kazuo Funato

RÉSUMÉ

Afin de vérifier le degré de précision des mesures effectuées par le système TRACKMAN, nous avons analysé trois types de services (à plat, slicé et lifté) et comparé les résultats obtenus aux valeurs calculées avec un système de capture du movement en trois dimensions (VICON). Nous avons observé de fortes corrélations linéaires positives entre les valeurs obtenues avec TRACKMAN(x) et celles calculées avec VICON(y) pour ce qui est de la vitesse ($r = 0,996$, $p < 0,01$), mais aussi pour ce qui est du nombre de rotations de la balle ($r = 0,978$, $p < 0,01$). On peut donc en déduire que, pour ces deux variables, les valeurs fournies par le système TRACKMAN, qui permet un retour d'information immédiat, sont suffisamment précises pour être considérées comme fiables et pourraient s'avérer utiles dans le cadre de l'entraînement des joueurs..

Mots clés: TRACKMAN, VICON, velocity, spin
Article reçu: 29 Mai 2017
Article accepté: 10 Aoû 2017
Auteur correspondant:
Bumpei Sato
Email:
bumpei0214@yahoo.co.jp

INTRODUCTION

Takahashi (2007) ainsi que Cross et Pollard (2009) ont mis en évidence le fait que la vitesse de service s'était progressivement accrue sur une période allant de 1999 à 2009, et qu'un service rapide constituait un atout important qui permettait de prendre le contrôle des échanges et pouvait donc décider de l'issue d'un match. Cependant, leurs recherches ont porté principalement sur la vitesse de service et le nombre de points remportés, sans s'intéresser aux caractéristiques du service.

De 2011 à 2017, l'auteur a participé, à titre de relanceur, aux entraînements de Roger Federer, qui figure parmi les meilleurs joueurs du monde. Cette expérience lui a permis de constater que, outre le fait d'être rapide, le service de Federer présentait des caractéristiques particulières, à savoir une rotation plus importante de la balle tout au long de sa trajectoire, depuis le point d'impact jusqu'à son entrée dans le carré de service, ce qui lui procurait un effet unique après le rebond.

Kreighbaum et Hunt (1978) ont établi qu'il existait cinq variables qui influençaient la trajectoire d'une balle lancée au baseball : la vitesse initiale de la balle, la direction de l'axe de rotation de la balle, le nombre de rotations, l'angle du lancer et la densité de l'air. Au tennis, les services peuvent être regroupés en trois catégories : le service à plat, le service slicé et le service lifté, qui sont assortis de différentes combinaisons de vitesse, d'effet et de trajectoire. Outre la vitesse, la trajectoire de la balle et sa rotation – deux facteurs qui peuvent influer sur le comportement de la balle après le rebond – peuvent tromper l'adversaire et ainsi limiter sa capacité à réceptionner le service et à le retourner. C'est pourquoi ces éléments sont considérés comme des facteurs pouvant induire l'adversaire en erreur et le pousser à la faute. Selon une étude antérieure menée auprès de joueurs parmi les mieux classés au monde, on a démontré que le nombre de rotations de la balle différait entre le premier et le deuxième service (Muramatsu et al., 2010, 2015). Cependant, cette recherche s'est appuyée sur l'analyse d'images obtenues à l'aide de caméras à grande vitesse ; il était par conséquent impossible d'effectuer une analyse immédiate des données collectées.

Le récent développement de l'outil TRACKMAN, qui procure un retour d'information immédiat sur le mouvement de la balle, a permis de mesurer facilement et avec précision le mouvement et la vitesse de la balle au golf et au baseball. TRACKMAN est un instrument qui applique l'effet Doppler – système de radar utilisé dans les applications militaires pour le suivi des projectiles – pour effectuer des mesures particulières. Dans le domaine du tennis, la conception du système « TRACKMAN

TENNIS RADAR » en 2003 a permis de calculer en temps réel les données sur le mouvement de la balle, comme la vitesse initiale de la balle, le nombre de rotations et la trajectoire de la balle, ainsi que les données de position, comme le point d'impact.

Dans le cadre d'une étude antérieure, le degré de précision du système TRACKMAN a été vérifié au moyen d'une caméra à grande vitesse et d'un vélocimètre ; les résultats obtenus ont mis en évidence un haut niveau de corrélation sur les plans de la vitesse de balle et du nombre de rotations (Murakami et al., 2016). Cependant, les données ont été analysées visuellement sur la base des images prises par une seule caméra à grande vitesse. Il s'avère par conséquent nécessaire de procéder à une étude plus approfondie au moyen d'une analyse en trois dimensions du mouvement de la balle avec plusieurs caméras afin de vérifier plus avant la fiabilité du système TRACKMAN.

Dans le cadre de la présente étude, nous avons mesuré simultanément la vitesse et le nombre de rotations de la balle lors de l'exécution de trois types de service différents – le service à plat, le service lifté et le service slicé – en nous servant des systèmes VICON et TRACKMAN. L'analyse du mouvement de la balle en trois dimensions nous a permis de vérifier la fiabilité des données calculées par l'outil TRACKMAN.

MÉTHODE

Sujets

Parmi les sujets ayant participé à notre étude figuraient un joueur vainqueur du championnat « All Japan Tennis Championships » (joueur professionnel) et 19 étudiants (de sexe masculin) des sections 1 et 3 de la « Kanto Inter-Collegiate Tennis Federation » (âge moyen : 23,8 ± 4,8 ans ; taille moyenne : 171,8 ± 3,3 cm ; poids moyen : 68,9 ± 4,0 kg ; expérience moyenne du tennis de compétition : 11,5 ± 3 ans). Tous les participants étaient droitiers. Les procédures expérimentales et les règles de sécurité ont été expliquées, et le consentement de tous les sujets a été obtenu et approuvé (comité d'éthique de la NSSU, référence : 017H043).

Tâche à réaliser dans le cadre de l'expérience

Avant de procéder aux mesures, tous les participants ont effectué un échauffement qui consistait à frapper les trois types de service. Dans le cadre de l'expérience menée, les joueurs ont utilisé leurs raquettes habituelles, avec des balles de type Dunlop Fort. Un système de coordonnées locales a été conçu en plaçant cinq marqueurs réflecteurs sur l'hémisphère supérieur des balles.

La tâche à réaliser consistait à frapper chacun des trois types de service (à plat, slicé et lifté) à pleine puissance jusqu'à ce qu'on ait obtenu des données pour cinq balles pour chacun des types de

Figure 1. Environnement d'expérimentation et TRACKMAN

service. Dans le cas des services à plat et liftés, les joueurs devaient servir au centre (sur le T), tandis que dans le cas des services slicés, ils devaient exécuter des services extérieurs. L'exécution de la tâche était considérée comme étant réussie dès lors que la balle rebondissait dans la zone cible, et ce, sans que les marqueurs se soient détachés. Sur la base de cette procédure expérimentale, les mesures de la vitesse du service et du nombre de rotations, obtenues à l'aide des systèmes TRACKMAN et VICON, ont été comparées (Sakurai et al., 2012).

Équipement utilisé dans le cadre de l'expérience

La vitesse de la balle et le nombre de rotations ont été mesurés à l'aide de deux instruments différents : un système de capture du mouvement en trois dimensions (VICON MXV5) doté de 12 caméras et le système TRACKMAN. Le système VICON se composait de plusieurs éléments : un ordinateur personnel pour contrôler les caméras et réaliser les mesures, des caméras VICON MXV5, un convertisseur A/N 16 bits à 64 canaux et un dispositif de calibrage VICON MXV5 pour établir le système de coordonnées en trois dimensions. Le système VICON Nexus version 1.3 a été utilisé comme logiciel de mesure. Deux caméras MXV5 ont été fixées au plafond et cinq autres caméras ont été placées sur les côtés, à droite et à gauche du serveur, afin d'entourer le sujet. La vitesse de la balle et le nombre de rotations pour chaque service ont été calculés en fonction des coordonnées des marqueurs réflecteurs. Le système TRACKMAN a été utilisé conformément aux indications du mode d'emploi, et l'appareil a été placé de telle sorte que son centre se trouve sur une ligne qui partait de la marque centrale.

Traitement des données statistiques [définition du système de coordonnées]

En ce qui concerne le système de coordonnées, l'axe des abscisses (X) correspondait à la direction du mouvement, l'axe Z était dans la direction verticale, et l'axe des ordonnées (Y) était perpendiculaire à l'axe des abscisses. Les corrélations au niveau de la vitesse de la balle et du nombre de rotations calculés au moyen du système TRACKMAN ont été établies en mesurant les coefficients de corrélation produit-moment de Pearson. Un logiciel d'analyse statistique (IB) a été utilisé pour toutes les tâches de traitement des données statistiques. Les données issues des trois tâches

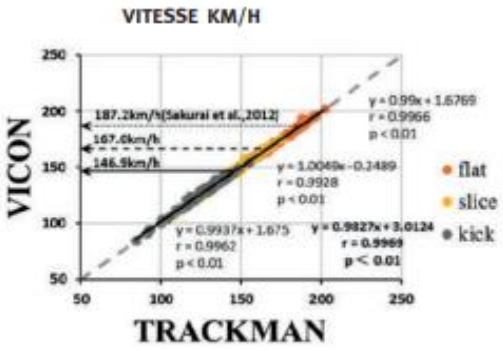

Figure 2. Vitesse de la balle mesurée par TRACKMAN et VICON

d'exécution de services et les chiffres calculés par les instruments de mesure ont été soumis à une analyse de la variance à deux critères de classification. Plusieurs comparaisons ont été réalisées conformément à la méthode de Bonferroni dans les cas où des effets majeurs significatifs ont été observés. Un risque relatif de 5 % ou moins était considéré comme étant statistiquement significatif.

RÉSULTATS ET ANALYSE

Corrélation entre les vitesses de balle mesurées au moyen de TRACKMAN et de VICON

La figure 2 illustre les corrélations entre les vitesses de service calculées à l'aide des systèmes TRACKMAN (axe X) et VICON (axe Y). Un coefficient de corrélation élevé a été observé pour l'ensemble des trois services ($r = 0,996$; $p < 0,01$). Des coefficients de corrélation élevés ont également été obtenus pour chacun des types de service pris séparément (service à plat : [$r = 0,996$] ; service slicé : [$r = 0,992$] ; service lifté : [$r = 0,996$] ; $p < 0,01$). Dans cette étude, les vitesses de trois services exécutés par des joueurs japonais de haut niveau ont été mesurées au moyen du système TRACKMAN et d'un vélocimètre. Bien qu'un fort coefficient de corrélation ait été obtenu ($r = 0,997$), les données fournies par le système TRACKMAN étaient généralement plus élevées (5,5 km/h) que celles calculées au moyen de la caméra à grande vitesse (Murakami et al., 2016). Un tel écart s'explique en raison du fait qu'il est impossible de mesurer la vitesse avec précision si la surface du viseur du vélocimètre (axe optique) n'est pas alignée sur la direction dans laquelle l'objet qui est mesuré se dirige ; plus l'angle entre l'onde radioélectrique et la trajectoire de l'objet est prononcé, plus les erreurs de mesure deviennent importantes (Morimoto et al., 2007). Par conséquent, il est

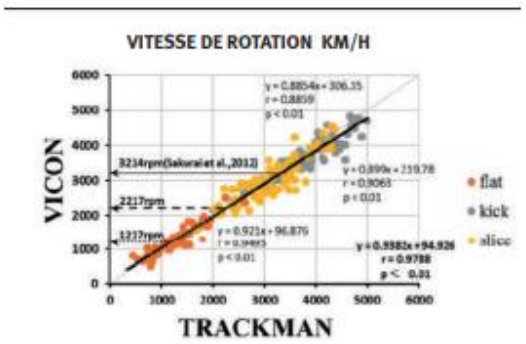

Figure 3. Vitesse de rotation de la balle mesurée par TRACKMAN et VICON

possible que les valeurs obtenues aient été faussées à cause de l'angle entre le vélocimètre et la trajectoire de la balle (Murakami et al., 2016). À l'inverse, les vitesses de balle obtenues au moyen de TRACKMAN et de VICON dans le cadre de la présente étude correspondaient presque parfaitement. Nous pensons que ce résultat tient au fait que le terrain de simple a pu être couvert dans sa totalité par le radar du système TRACKMAN, ce qui a permis de réaliser des mesures de la vitesse plus précises sur une superficie plus grande que ce qu'il est possible de faire avec un vélocimètre.

Nombre de rotations de la balle mesuré au moyen de TRACKMAN et de VICON

La figure 3 illustre la corrélation entre le nombre de rotations (trs/ min) calculé pour les trois services à l'aide de TRACKMAN (axe X) et de VICON (axe Y). Un coefficient de corrélation élevé a été observé pour l'ensemble des trois types de service (à plat, slicé et lifté ; $r = 0,978$, $p < 0,01$). Des coefficients de corrélation élevés ont également été obtenus pour chacun des services pris séparément (service à plat : [$r = 0,949$] ; service slicé : [$r = 0,906$] ; service lifté : [$r = 0,885$] ; $p < 0,01$). Les valeurs r pour le nombre de rotations pour les trois services ont augmenté au fur et à mesure que les joueurs passaient d'un type de service à l'autre, à savoir du service lifté au service slicé, puis au service à plat. Le nombre de rotations a été obtenu avec le système TRACKMAN en exposant toute la surface du terrain de simple au radar, sur la base des informations calculées 300 ms après l'impact. Dans la présente étude, une plus forte corrélation avec les valeurs du système VICON a été observée dans le cas du service lifté par rapport aux valeurs obtenues pour les services à plat ou slicés, bien que l'écart constaté soit très faible. Les auteurs sont d'avis que cette différence s'explique par le fait que lesservices liftés sont ceux ayant généré le plus de rotations. Dans tous les cas, le calcul du nombre de rotations effectué au moyen de TRACKMAN s'est avéré particulièrement fiable, ce qui laisse penser que cet instrument pourrait être un outil utile pour l'entraînement des joueurs.

En ce qui concerne la vitesse de balle, les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification appliquée aux

données de TRACKMAN et de VICON n'ont mis en évidence aucune interaction ni aucun écart statistiquement significatif. Des effets majeurs significatifs ont été observés entre les trois types de service (à plat, slicé et lifté), mais aucun écart significatif n'a été constaté entre les instruments de mesure.

Du point de vue du nombre de rotations, les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification appliquée aux données de TRACKMAN et de VICON n'ont mis en évidence aucune interaction ni aucun écart statistiquement significatif. Cependant, bien que des effets majeurs significatifs aient été observés entre les trois types de service, aucun écart significatif n'a été observé entre les instruments.

CONCLUSION

Afin de vérifier le degré de précision des mesures effectuées à l'aide du système TRACKMAN, nous avons analysé trois types de services et comparé les résultats obtenus par rapport aux valeurs calculées au moyen du système VICON. D'après les données obtenues, nous avons pu conclure qu'il existait bien une corrélation entre les vitesses de balle calculées au moyen de TRACKMAN et de VICON ($r = 0,996$, $p < 0,01$) et qu'il n'y avait aucun écart significatif entre les deux instruments de mesure. De plus, nous avons noté un haut coefficient de corrélation entre le nombre de rotations ($r = 0,978$, $p < 0,01$), sans aucun écart significatif entre les deux instruments de mesure. On peut donc en déduire que, tant du point de vue de la vitesse de balle que du nombre de rotations, les valeurs obtenues à l'aide de TRACKMAN, qui permet un retour d'information immédiat, sont très fiables et pourraient s'avérer utiles dans le cadre de l'entraînement des joueurs. Lorsqu'un joueur obtient des informations en temps réel sur le mouvement de sa balle, il peut immédiatement apporter les ajustements nécessaires sur le court.

REFERENCES

Cross, R. and Pollard, G. (2009) Grand Slam men's singles tennis 1991-2009 Serve speeds and other related data. ITF Coaching and Sport Science Review, 49, 8-10.

Kreighbaum, E., & Hunt, W. A. (1978). Relative factors influencing pitched baseballs. Biomechanics of Sports and Kinanthropometry, 227-236.

Morimoto, Y., Miyanishi, T., Kawaguchi, T(2007). Reliability of ball speed in speed radar gun measurement. : Sendai University bulletin, Vol. 38 , No, 2 , pp. 10-15.

Murakami, S. Takahashi, H., Muramatsu, T., Sato, B., Sato, M., Koya, N., Kitamura, T., Maeda, A. (2016). Analyzing the speed and spinning frequency of tennis serves: measurements with an instrument that uses radar technology. Research Journal of Sports Performance, 8,361-374.

Muramatsu, T. Takahashi, H., Kaoru, U. (2015). Relationship between speed and spin of tennis serve in world-class tennis players. : Japanese journal of tennis sciences 23, 1-7.

Sakurai, S., Machar, R & Bruce, E(2012). Ball spin in the tennis serve: Spin rate and axis of rotation, Sports Biomechanics, 12:1, 23-29. https://doi.org/10.1080/14763141.2012.671355

SÉLECTION DE CONTENU DU SITE ITF TENNIS ICOACH (CLIQUEZ)

ITF Academy

Droits d'auteur (c) 2017 Bumpei Sato, Ryo Wakatsuki, Yu Kashiwagi et Kazuo Funato

Ce texte est protégé par une licence *CreativeCommons 4.0*

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

Attribution: Vous devez créditer l'Œuvre, intégrer un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été effectuées à l'Oeuvre. Vous devez indiquer ces informations par tous les moyens raisonnables, sans toutefois suggérer que l'Offrant vous soutient ou soutient la façon dont vous avez utilisé son Oeuvre.

Résumé de la licence - *Texte intégral de la licence*