

# **Analyse cinématique 3D du service smashé au volley-ball :**

## **Comparaison avec différents types d'attaque**

Julien Morlier<sup>1</sup>, Tony Valier<sup>1</sup>, Charles Marcovich<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique Physique - CNRS UMR 5469  
351, Cours de la Libération  
33405 TALENCE cedex France*

*<sup>2</sup>Pôle Espoir Aquitaine – CREPS Talence*

### **Résumé**

Le service smashé de huit joueurs en formation au pôle espoir du Creps de Talence a été analysé par un système vidéo trois dimensions (3D) qui a permis de reconstruire le mouvement complet de chaque sujet. A partir de cette reconstruction, l'ensemble des paramètres mécaniques qui décrivent la performance peut être calculé. Les paramètres importants de la performance ont été analysés et comparés avec ceux déterminés pour les attaques réalisées par un spécialiste en poste 1, 3 et 4.

**Mots clés :** volley-ball, service smashé, analyse vidéo 3D, cinématique

### **Introduction et méthode**

L'analyse d'un mouvement complexe comme le service smashé au volley-ball nécessite des outils d'analyse précis. La vidéo 3D est un moyen utile pour reconstruire en trois dimensions le mouvement de l'individu à la fréquence de 50 Hz. Pour ce faire, deux caméras vidéo ont été disposées de part et d'autre du terrain, de manière à visualiser sur chacune d'elle le mouvement de chaque articulation du sujet. Une mire de calibration a été placée au préalable dans la zone d'évolution des sportifs afin d'étalonner le dispositif de mesure. Ensuite, les films provenant de chaque caméra ont été analysés pour repérer sur chaque image la position des différentes articulations du sujet. Enfin, l'algorithme de la DLT a permis de transformer les données 2D issues des deux caméras en données 3D, à savoir l'évolution au cours du geste des coordonnées 3D de chaque articulation des sujets.

Pour étudier le mouvement de chaque sujet, un modèle assez simple pour pouvoir faire des calculs rapidement et à la fois assez complet pour être suffisamment réaliste a été mis en place (fig.1). Ce modèle comprend 15 segments rigides dont les caractéristiques de masse et d'inertie sont données par des tables anthropométriques.

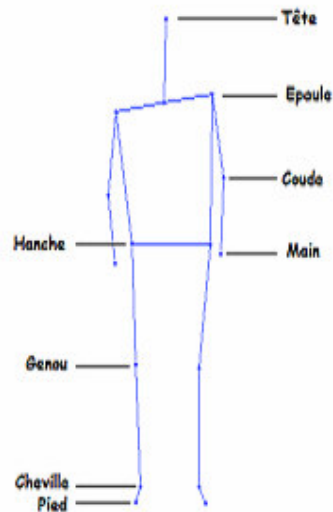


fig. 1 : Modèle utilisé pour l'analyse du service smashé

A l'issue de cette phase de reconstruction du mouvement, le service smashé de chaque joueur a pu être décomposé (fig. 2) puis analysé en détails.

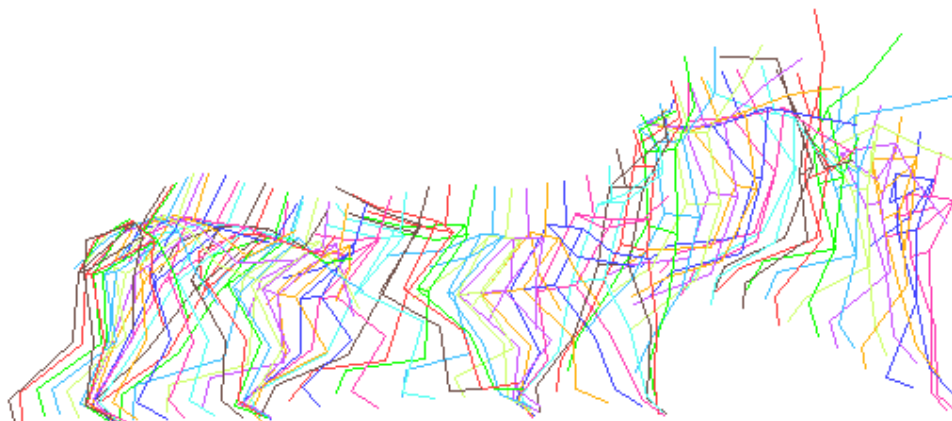


fig. 2 : Kinnogramme d'un service smashé

## Paramètres de la performance

Pour mener à bien cette étude, il a été nécessaire de déterminer les paramètres cinématique influençant la performance et de détailler leur répercussion sur le mouvement. On peut distinguer des paramètres de position et des paramètres de vitesse.

### *Paramètres de position*

Le premier d'entre eux est la trajectoire du centre de gravité (fig. 3) qui va permettre le calcul de la détente et de la longueur du saut ainsi que d'estimer la position du sujet au moment de la frappe de la balle.

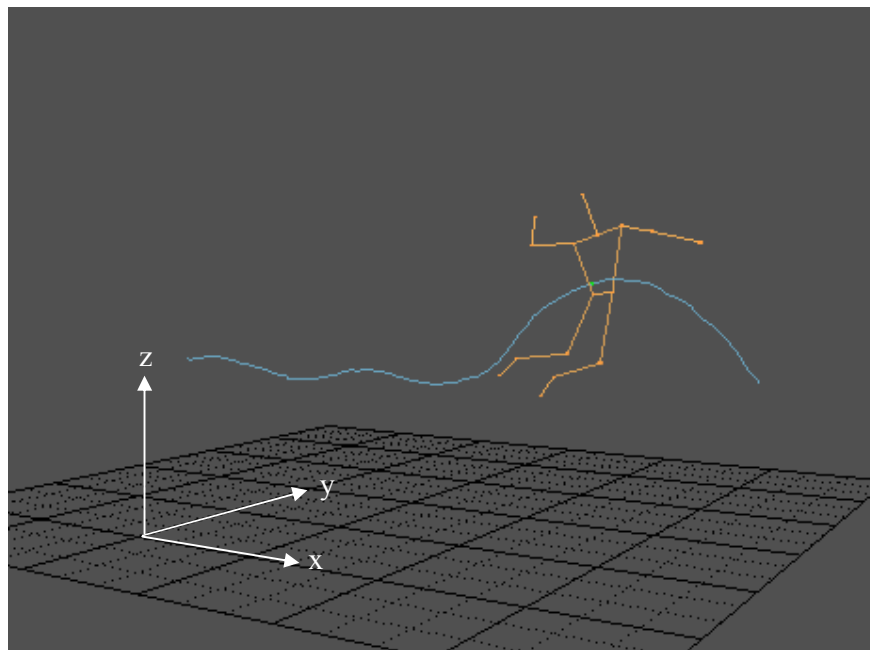


fig.3 : Trajectoire du centre de gravité du sportif

La détente est calculée en soustrayant la hauteur maximale  $z_{\max}$  atteinte par le centre de gravité avec la hauteur  $z_0$  du centre de gravité au moment du décollage.

La longueur du saut est estimé en mesurant la distance suivant l'axe x parcourue par le centre de gravité entre le décollage et l'atterrissage du sportif.

La position du centre de gravité au moment de la frappe permet de comprendre si la frappe s'effectue au sommet de la trajectoire, en phase montante ou descendante. La figure suivante (fig. 4) représente la hauteur z du centre de gravité du joueur, en fonction de son abscisse x.

$z_{\max}$  est la hauteur maximale atteinte par le centre de gravité pendant le mouvement et  $z_{\text{frappe}}$  est la hauteur du centre de gravité à laquelle le joueur frappe dans le ballon.  $x_{\max}$  et  $x_{\text{frappe}}$  sont les abscisses des points qui ont pour hauteur respective  $z_{\max}$  et  $z_{\text{frappe}}$ .

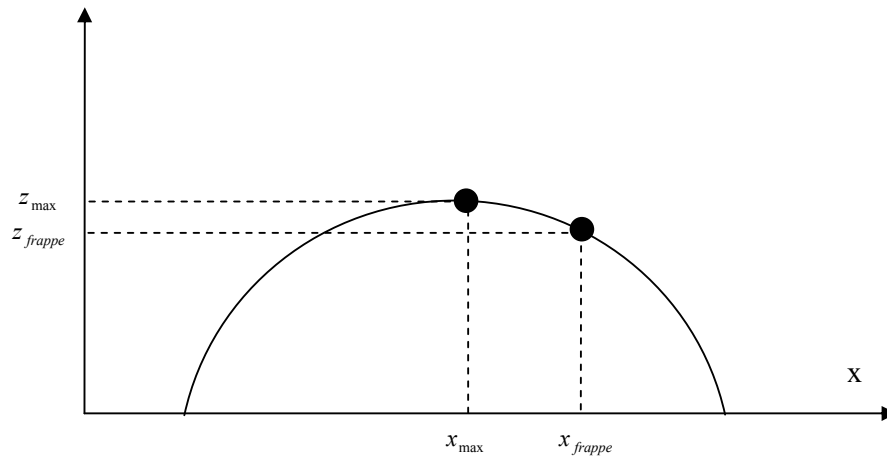


fig. 4 : Position du centre de gravité au moment de la frappe

La hauteur de frappe de balle est aussi très importante, elle est mesurée en suivant la trajectoire de la main qui frappe dans le ballon (fig. 5).

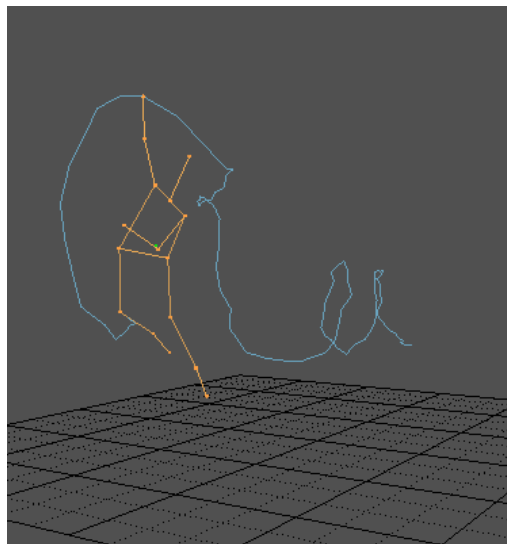


fig. 5 : Trajectoire de la main frappant dans le ballon

### *Paramètres de vitesse*

La vitesse du centre de gravité du sportif au moment du décollage (fig. 6) est un paramètre important de la performance puisqu'il influence la hauteur et la longueur du saut, l'angle de décollage  $\alpha$  du sportif et la vitesse de frappe du joueur dans le ballon.

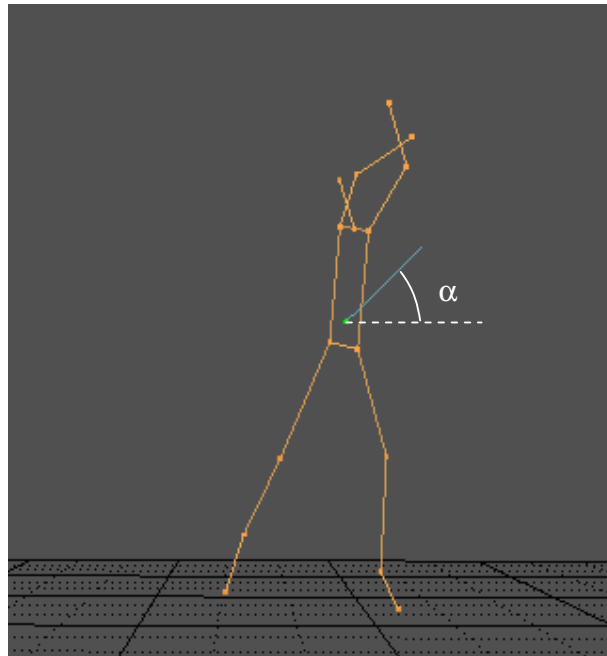


Fig. 6 : Angle de décollage du sportif

Le deuxième paramètre important est la vitesse de frappe correspondant à la vitesse de la main active par rapport à un repère lié au sol. Cette vitesse dépend de la vitesse du centre de gravité du sportif par rapport au sol et de la vitesse de bras, vitesse de la main par rapport au repère mobile ayant comme origine le centre de gravité du sujet.

### **Résultats et discussions**

Huit joueurs du pôle espoir de Talence ont participé aux expérimentations sur le service smashé. Ils ont chacun réalisé 5 services dont le meilleur a été analysé par un système d'analyse vidéo 3D permettant la reconstruction complète du geste réalisé. En outre, une attaque effectuée au poste 1, 3 et 4 par un joueur spécialiste a été analysée grâce au même dispositif enfin de pouvoir comparer les résultats obtenus sur le service avec ceux des attaques.

Le tableau suivant (tab. 1) présente les résultats obtenus pour la détente et la longueur de saut pour chacun des huit joueurs, notés J1 à J8. La dernière ligne du tableau correspond à la qualité du service déterminée par l'entraîneur du pôle espoir de Talence, Charles Marcovich.

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	Moyenne
Détente (m)	0.45	0.58	0.49	0.41	0.39	0.48	0.45	0.53	0.47
Longueur (m)	1.12	2.24	1.95	1.44	1.46	1.52	0.99	2.16	1.61
Qualité	Moyen	Bon	Excellent	Moyen	Bon	Excellent	Moyen	Bon	

Tab. 1 : Résultats obtenus pour la détente et la longueur

La valeur moyenne obtenue pour la détente est de 47 cm et peut sembler faible. Néanmoins, pour la comparer à des valeurs traditionnelles de détente, il convient de lui rajouter la hauteur  $z_0$  du centre de gravité au moment du décollage qui est en moyenne de 15 cm.

On constate à la lecture de ce tableau que la longueur du saut est un paramètre plus discriminant sur la performance que la détente. En effet, la longueur du saut dépend à la fois de l'angle de décollage et de la composante horizontale, suivant l'axe  $(0, \vec{x})$  de la vitesse de décollage alors que la détente ne va influencer essentiellement que la hauteur de frappe. Il est donc important lors de l'exécution d'un service smashé de lancer son ballon devant afin d'augmenter la longueur de son saut et d'ainsi modifier son angle de décollage.

La position du centre de gravité du sujet au moment de la frappe par rapport au sommet de la trajectoire (tab. 2) renseigne la capacité du sportif à utiliser sa trajectoire pour réaliser au mieux son geste.

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	Moyenne
X max (m)	0.59	1.12	0.94	0.74	0.71	0.72	0.46	1.11	0.80
X frappe (m)	0.75	1.37	1.23	0.74	0.95	0.84	0.53	1.30	0.96
X frappe - X max (m)	0.16	0.25	0.29	0.00	0.24	0.12	0.07	0.19	0.17
Frappe / sommet	Après	Après	Après	Sommet	Après	Après	Après	Après	Après
Z max (m)	1.73	1.88	1.84	1.76	1.72	1.84	1.87	1.74	1.80
Z frappe (m)	1.68	1.83	1.79	1.76	1.68	1.82	1.84	1.71	1.76
Z frappe - Z max (m)	-0.05	-0.05	-0.05	0.00	-0.04	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03
Qualité	Moyen	Bon	Excellent	Moyen	Bon	Excellent	Moyen	Bon	

Tab. 2 : Résultats obtenus pour la position du sportif au moment de la frappe

On constate que pour 7 joueurs sur 8, la frappe du ballon s'effectue après le sommet de la trajectoire du centre de gravité du sportif, soit dans la phase aérienne descendante alors que l'idéal pour maximiser la hauteur de frappe, est le sommet de la trajectoire. La frappe s'exécute alors en moyenne 17 cm après le sommet de la trajectoire suivant l'axe horizontal. En outre, la hauteur du centre de gravité du sujet au moment de la frappe est en moyenne 3 cm plus bas que celle au sommet de la trajectoire. Enfin, il semblerait qu'une frappe tardive soit plus bénéfique sur la qualité du service (fig. 7), car la norme de la vitesse du centre de gravité augmentant, la vitesse de frappe sera légèrement supérieure.

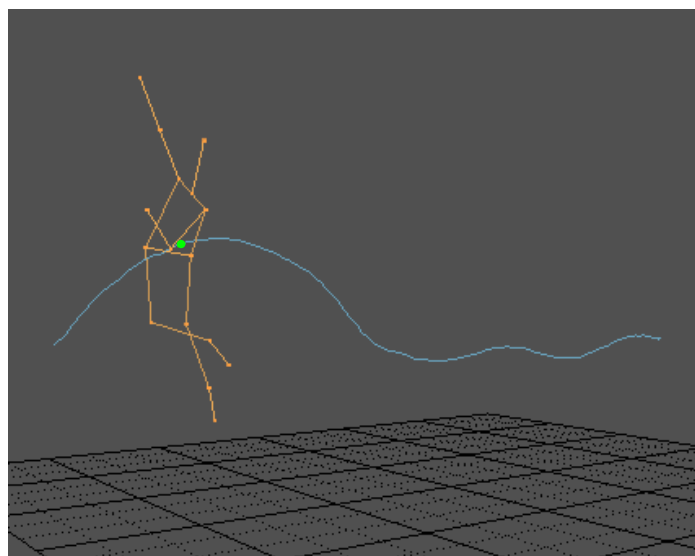


Fig. 7 : Position du centre de gravité au moment de la frappe

La hauteur de frappe (tab. 3) est un paramètre essentiel de la performance. Cependant, le geste du service smashé implique des hauteurs de frappe plus faible que pour les autres types d'attaque, en raison de la nature du saut et de la difficulté de synchronisation entre le mouvement du sportif et la trajectoire du ballon.

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	Moyenne
H frappe (m)	2.82	2.78	2.91	2.87	2.86	2.81	2.74	2.69	2.81
H max (m)	3.10	3.30	3.27	3.24	3.15	3.32	3.07	3.32	3.22
Ecart (m)	-0.28	-0.52	-0.36	-0.37	-0.29	-0.51	-0.33	-0.63	-0.41
Qualité	Moyen	Bon	Excellent	Moyen	Bon	Excellent	Moyen	Bon	

Tab. 3 : Comparaison entre la hauteur de frappe et la hauteur maximale de toucher

L'analyse de ce paramètre est intéressante lors de la comparaison avec la hauteur maximale touchée par le joueur pour un saut avec élan. On constate, en raison de la complexité du geste que la hauteur de frappe s'effectue en moyenne 40 cm plus bas que la hauteur maximale de toucher du sportif.

La vitesse du centre de gravité du sportif au moment du décollage, appelée aussi vitesse de décollage est présentée dans le tableau 4.

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	Moyenne
$V_z$ décollage (m/s)	2.9	3.2	2.95	2.8	2.75	2.95	2.75	3.15	2.95
$V_x$ décollage (m/s)	1.55	3.35	2.85	2.4	2.4	2.55	1.6	3.45	2.5
Angle décollage (°)	62	44	46	50	49	49	60	42	50
Qualité	Moyen	Bon	Excellent	Moyen	Bon	Excellent	Moyen	Bon	

Tab. 4 : Vitesse et angle de décollage

Les composantes verticale ( $V_z$ ) et horizontale ( $V_x$ ) de la vitesse de décollage ainsi que l'angle de décollage informent sur la nature du saut. On constate que pour un service smashé de qualité (en prenant en compte les services bon et excellent), la valeur moyenne de l'angle est de 46° contre 50° pour l'ensemble des services. En conséquence, si le joueur possède une détente importante, donc une vitesse verticale élevée, il devra décoller avec une vitesse horizontale du même ordre pour bien orienter son angle de décollage.

Cette vitesse horizontale de décollage, qui sera conservée par le sujet lors de la phase aérienne, est aussi capitale pour la vitesse de frappe (Tab. 5). En effet, plus cette vitesse sera grande, plus la vitesse de frappe sera importante pour une même vitesse de bras.

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	Moyenne
V frappe (m/s)	12.3	13.3	16.2	12.1	13.7	15.4	10.4	13.9	13.4
V bras (m/s)	10.4	10.9	13.7	9.6	10.9	13.5	8.7	11.0	11.1
$V_x$ décollage (m/s)	1.55	3.35	2.85	2.4	2.4	2.55	1.6	3.45	2.5
Qualité	Moyen	Bon	Excellent	Moyen	Bon	Excellent	Moyen	Bon	

Tab. 5 : Vitesse de bras et vitesse de frappe

Il est donc capital pour le sportif de posséder une vitesse de décollage horizontale élevée pour garantir un angle de décollage et une vitesse de frappe optimale.



### Comparaison avec des attaques en poste 1, 3 et 4

Des attaques au poste 1, 3 et 4 ont été réalisées par des spécialistes du poste puis ont été analysées afin de servir de référence. Le tableau suivant (tab. 6) présente les résultats obtenus pour l'angle de décollage pour les différents types d'attaques.

	Service smashé (valeur moyenne)	Service smashé (valeur optimale)	Attaque 1	Attaque 4	Attaque 3
Angle (°)	50	46	52	58	66

Tab. 6 : Comparaison des angles de décollage

On constate à la lecture du tableau, que l'angle de décollage varie de manière conséquente entre un service smashé et une attaque en 3. Les valeurs obtenus montre que plus le joueur effectue son attaque près du filet, plus l'angle de décollage est élevé. De plus, l'exécution du saut lors d'une attaque au trois mètres (poste 1) se rapproche de celui réalisé pour le service smashé.

Ces remarques ont donc des conséquences sur les hauteurs de frappe de balle pour les différents types d'attaque présentées dans le tableau 7.

	Service smashé (m)	attaque1 (m)	attaque3 (m)	attaque4 (m)	Détente avec élan (m)
J1	2.82	2.80	2.90	2.98	3.10
J2	2.78	2.90	3.09	2.94	3.30
J3	2.91	3.00	3.04	2.97	3.27
J4	2.87	2.85	2.88	2.93	3.24
J5	2.86	2.78	2.85	2.97	3.15
J6	2.81	2.94	2.94	3.00	3.32
J7	2.74	2.94	3.11	3.03	3.35
J8	2.69	2.74	2.70	2.80	3.07
Moyenne	2.81	2.87	2.94	2.95	3.23

Tab. 7 : Comparaison des hauteurs de frappe

On remarque qu'en moyenne les hauteurs de frappe sont très largement inférieures aux hauteurs maximales atteintes par les joueurs lors des test de détente avec élan :

- 42 cm pour le service
- 36 cm pour l'attaque en 1
- environ 30 cm pour les attaques en 3 et 4

En outre, les attaques au poste 3 et 4 sont celles qui présentent les hauteurs de frappe les plus hautes (5 joueurs pour l'attaque en 4 et 3 pour l'attaque en 3) environ 2.95 m, contre 2.81 m pour le service smashé, soit un écart non négligeable de 14 cm.

Enfin, les hauteurs d'attaque sont similaires pour un service smashé (2.81 m) et une attaque poste 1 (2.87 m), ce qui conforte le fait que ces deux types d'attaque sont très proches.

### **Conclusion**

Le service smashé est l'attaque la plus difficile à réaliser au volley-ball car elle nécessite une bonne coordination entre la trajectoire du ballon, la course d'élan et le saut du sportif. Le saut est, en outre, très différent de par son angle d'envol d'une attaque en zone avant (de type poste 3 ou 4).

L'angle d'envol et donc la vitesse horizontale du centre de gravité du sportif au moment du décollage sont deux paramètres très importants pour la bonne réalisation du geste. Le sportif s'attachera donc à avoir un angle d'envol de l'ordre de  $45^\circ$  et conservera une vitesse horizontale élevée ( $> 3\text{m/s}$ ). Ces caractéristiques de saut permettront une meilleure vitesse de frappe mais diminueront légèrement la hauteur d'intervention.

On constate enfin qu'un geste efficace est réalisé lorsque la frappe de balle s'effectue juste après le sommet de la trajectoire. Les exercices d'attaques au trois mètres sont alors de bons moyens pour développer une gestuelle efficace, car l'attaque au trois mètres présente une grande similitude avec le service smashé.

Dans une prochaine étude, nous essaierons de déterminer la différence, si elle existe, entre la hauteur de prise de balle et la hauteur de passage de la balle au filet. Enfin, nous nous intéresserons aux trajectoires et aux angles d'attaque.