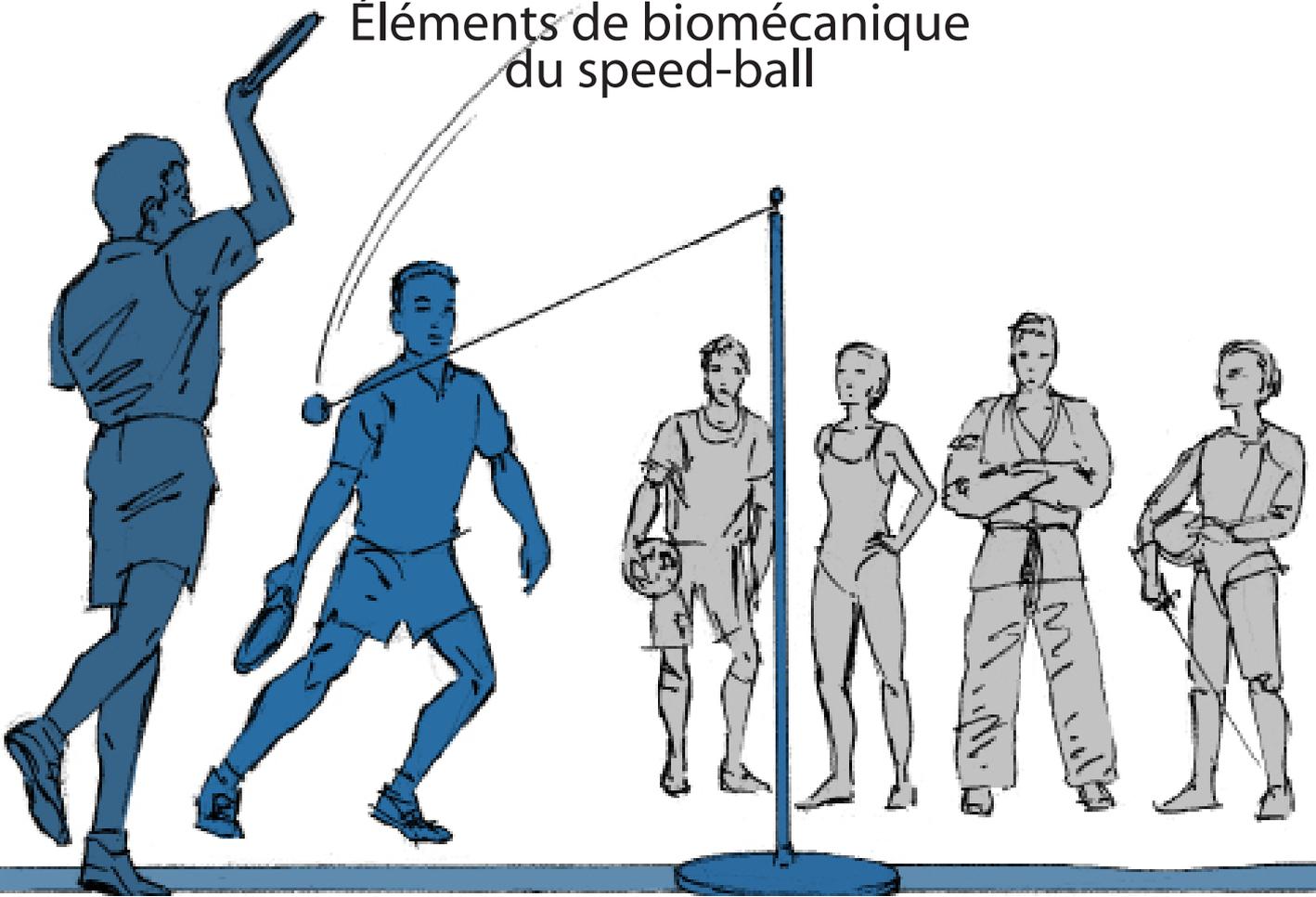


Éléments de biomécanique du speed-ball



L3 Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives - Activités Physiques Adaptées et Santé

Remarque :

Avant de commencer la lecture de ce dossier, nous vous conseillons vivement de visionner un match de speed-ball. Les liens qui suivent vous renvoient vers une vidéo explicative et un match d'experts.

<https://www.youtube.com/watch?v=UhQEtoGExM>

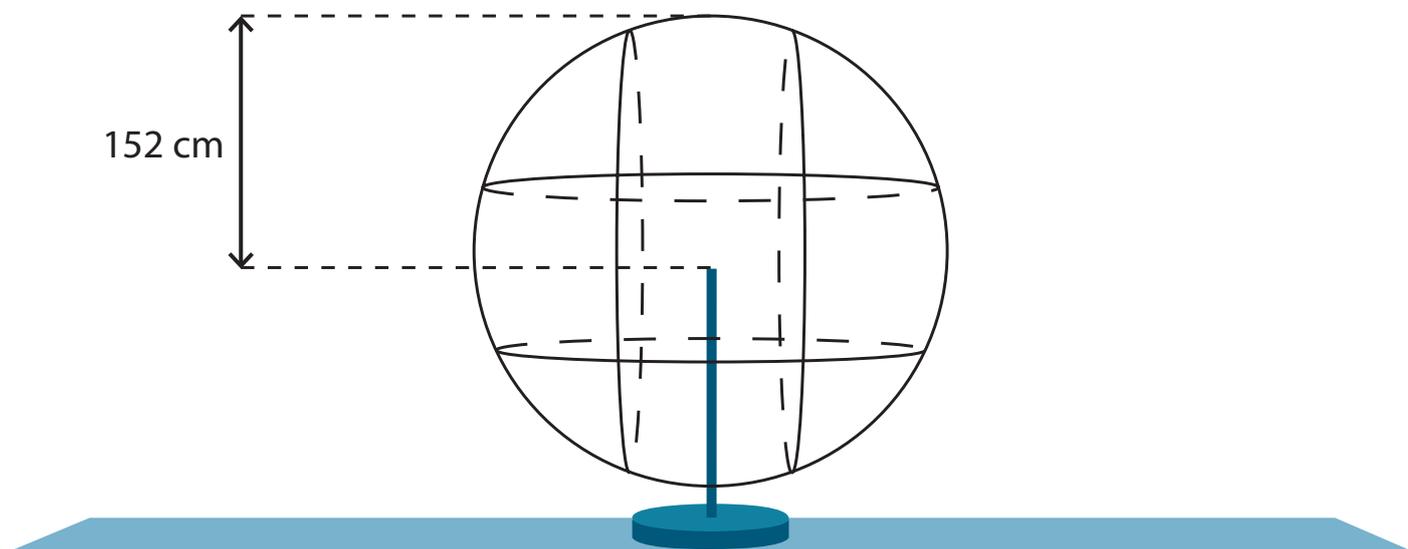
<https://www.youtube.com/watch?v=Anr-7UbKdl0>

Sommaire :

p. 3	Le speed-ball
p. 4	Démarche biomécanique
p. 5	Point d'impact optimal
pp. 6-7	Éléments de cinématique
pp. 8-9	Contribution des différents segments à la vitesse globale
p. 10	Conclusions

Le speed-ball

Le speed-ball est un sport de raquettes où une balle (pouvant atteindre **90 km/h**) est reliée en haut d'un mât par un fil d'1m52. La balle produit donc des trajectoires circulaires comprises à l'intérieur d'une sphère d'1m52 de rayon. Le jeu se joue nécessairement avec les deux mains, en coup droit comme en revers.



Deux disciplines principales composent cette pratique :

- **Le super-solo** : comme son nom l'indique, dans cette épreuve, le joueur est seul, face à la montre. 4 mouvements sont effectués dans l'ordre choisi par le joueur. Il doit obligatoirement réaliser une série en main droite (alternant coup droit et revers), une série en main gauche, une série en coup droit (une raquette dans chaque main, le joueur ne frappe qu'avec l'intérieur des raquettes) et une dernière série en revers (une raquette dans chaque main, le joueur ne frappe qu'avec l'extérieur des raquettes).

À la fin de l'épreuve, le score est obtenu en totalisant les frappes des 4 mouvements. Le record du monde est de 606 frappes.

- **Le match** : celui-ci oppose 2 joueurs sur un terrain divisé en 2 parties égales dont la limite passe par l'axe du mât. Un joueur engage et l'adversaire doit renvoyer la balle avant qu'elle ne passe 2 fois devant lui. L'engagement se fait à l'horizontal, les autres coups forment des ellipses plus ou moins verticales pour mettre l'adversaire en difficulté. Dès qu'un joueur fait une faute (rater une balle, toucher le fil avec la raquette, sortir de sa zone...), l'autre joueur marque un point et la balle est réengagée (alternativement à chaque point).

La particularité de ce sport est que la balle est frappée parallèlement à l'axe des épaules et non perpendiculairement, comme c'est le cas dans tous les autres sports de raquettes. Les tennismen ou women, pongistes ou baddistes ont d'ailleurs des difficultés à appréhender la frappe de speed-ball dans un premier temps.

Mais nous pensons que du point de vue des possibilités du corps humain, cette orientation des frappes offre une opportunité d'utiliser ses segments d'une façon peu commune et efficace.

Démarche biomécanique

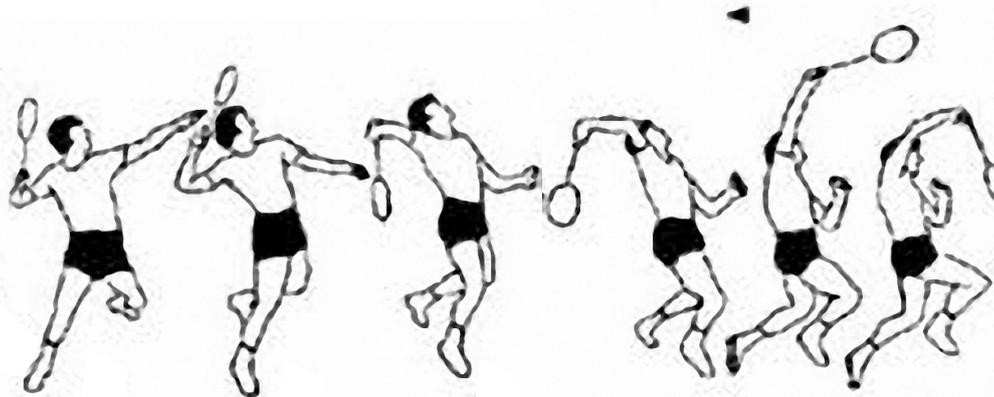
Que ce soit en super-solo ou en match, le mouvement de frappe au speed-ball est plus ou moins le même (le joueur aura seulement moins de temps de préparation dans le cas du super-solo, car il devra frapper immédiatement après sa première frappe).

Notre objectif est triple : premièrement, mettre en évidence le point d'impact optimal; deuxièmement, faire une analyse cinématique du mouvement du bras et du corps à la frappe; troisièmement, déterminer la part de chacun des segments du haut du corps dans la vitesse totale.

Le premier objectif est très simple à prouver d'un point de vue biomécanique mais très important à prendre en compte afin d'avoir un jeu qui soit le plus pertinent possible. Le point d'impact optimal, comme nous le verrons, est le point d'impact où, pour une même force appliquée à la balle, celle-ci repartira avec une vitesse maximale.

Le deuxième objectif nous permettra de décomposer le mouvement et donc de comprendre son fonctionnement. Pour enseigner un mouvement correct, il faut savoir de quoi celui-ci est composé. Or en conditions réelles, le mouvement est trop rapide pour pouvoir être clairement identifié. Nous nous appuyerons donc sur la vidéo pour décomposer les différentes phases de la frappe. Comme nous l'avons précisé précédemment, l'orientation de la frappe est différente des autres sports de raquettes. Néanmoins, pour tenter une comparaison, le mouvement le plus ressemblant serait celui du smash au badminton.

Nous verrons qu'une similitude existe entre ce mouvement, le mouvement du super-solo et le mouvement du fouet.



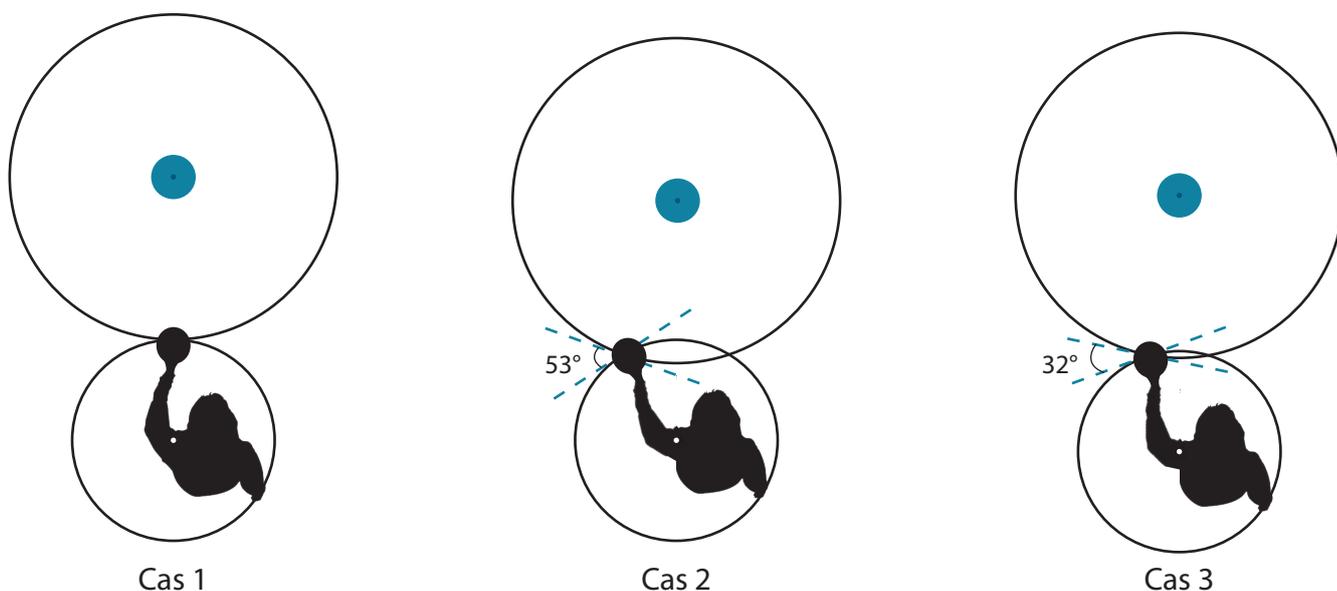
Le dernier objectif se veut une confirmation du second, par une mise en évidence du rôle successif des différents segments corporels. La part de ces segments du point de vue de la vitesse viendra appuyer ce que nous avons avancé.

Aucune étude n'ayant été faite à propos du speed-ball, nous ne pourrions nous inspirer d'aucun résultat antérieur. Nous nous appuyerons donc sur une analyse vidéo ainsi que sur l'utilisation d'un logiciel permettant de déterminer des coordonnées ainsi que des angles (InDesign CS4). La caméra utilisée (Easypix GoXtreme) a une fréquence de 60 Hertz, ce qui nous permettra d'être suffisamment précis au vu de ce que nous cherchons à trouver. Cependant, le matériel à notre disposition ne nous permet pas de filmer en trois dimensions, aussi nos calculs seront des approximations sur un seul plan. Dans les cas où les résultats seraient trop biaisés, nous avons préféré réduire la donnée à 0. Les résultats sont mis en gras.

Point d'impact optimal

Le point d'impact optimal correspond au point où, pour une même force fournie, le joueur renvoie une balle qui soit la plus rapide possible. Ce point d'impact optimal est beaucoup plus facile à appréhender d'un point de vue biomécanique que pratique. Cependant, expliquer le problème pourra aider le joueur dans sa résolution. En effet, l'un des problèmes que le joueur de speed-ball doit surmonter est la fatigue musculaire, présente dans les deux disciplines. Réussir à frapper la balle à une certaine vitesse en utilisant moins de force est bienvenu pour diminuer cette fatigue.

Concernant le cas que nous allons étudier, nous prendrons la longueur de la balle ($1m52 * 2 = 3m04$) et la distance allant de l'épaule au milieu de la raquette, soit $0,94$ m, comme diamètres des deux cercles représentant respectivement la trajectoire de la balle et celle du centre de la raquette. Les trajectoires seront vues du dessus et seront schématisées par un cercle parfait.



Dans le cas 1, le point d'impact est optimal, **100%** de la force générée par le joueur servira à donner de la vitesse à la balle. Dans le cas 2, les tangentes des deux cercles au point d'impact forment un angle de 53° , donc seul **43,0%** de la force générée par le joueur servira à faire gagner de la vitesse à la balle, le reste servira seulement à augmenter la tension du fil. Dans le cas 3, la frappe est un peu moins mauvaise mais seul **61,5%** de la force générée servira à faire gagner de la vitesse à la balle.

Notre objectif sera bien entendu de faire prendre conscience au joueur de ce fait. Notre tâche sera facilitée car il est aisé de "sentir" lorsque la balle est frappée près du point d'impact optimal : le mât ne vibre pas, le son est différent et on a une impression de facilité.

Notre méthode de calcul a été la suivante :

$$\cos(53) = 0,6018$$

$$\cos(90-53) = 0,7986$$

$$0,6018 / (0,6018 + 0,7986) * 100 = 43,0 \%$$

Éléments de cinématique



9/12 du temps total

2/12 du temps total

1/12 du temps total

Cette succession de photos représente une frappe revers main droite (attention, l'intervalle de temps entre les différentes photos n'est pas le même).

Les mouvements se succèdent donc ainsi (les vitesses linéaires sont mesurées au point le plus distal des segments, soit 0,17 m pour le tronc; 0,36 m pour le bras; 0,22 m pour l'avant-bras et 0,23 m pour la main+raquette; nous avons fait une approximation en considérant que la longueur des segments ne varie pas sur le plan étudié) :

- Pendant la première période, on observe une rotation externe du tronc (**1,11m/s**) avec abduction de l'épaule (**2,30m/s**) en même temps qu'une flexion du coude (**-1,05m/s**) et du poignet (**-2,35m/s**).
- Pendant la seconde période, la rotation du tronc (**1,31m/s**) et l'abduction de l'épaule (**1,85m/s**) continuent, de manière moins significative pour l'épaule, tandis que le coude (**2,37m/s**) et le poignet (**3,20m/s**) entament une extension.
- Pendant la troisième période, on voit surtout une extension du poignet (**9,24m/s**) et un quasi alignement.



10/14 du temps total

3/14 du temps total

1/14 du temps total

Ici, c'est une frappe main droite coup droit qui est réalisée (attention, même remarque).

Les mouvements s'enchaînent plus ou moins de la même manière :

- Pendant la première période, on observe une rotation interne du tronc (**1,93m/s**) avec une adduction de l'épaule (**1,09m/s**), le coude (**0,13m/s**) et le poignet (**0m/s**, car approximation non pertinente) restant fléchis.
- Pendant la seconde période, la rotation interne (**0,86m/s**) et l'adduction (**0,78m/s**) sont nettement ralenties tandis que le coude (**3,83m/s**) entame une extension et que le poignet (**0,01m/s**) reste fléchi.

- Pendant la troisième période, la flexion du poignet (**11,37m/s**) entraîne un alignement des segments.



Durant toute la durée de la frappe, les membres inférieurs ne créent presque aucun mouvement du haut du corps. le tronc quant à lui réalise une inclinaison latérale (**34°** et **26°** en revers et coup droit).

C'est ici que nous constatons une faible similitude avec le mouvement de smash au badminton. En effet, le baddiste fait d'abord une flexion de l'épaule, puis une extension du coude pour terminer par une flexion du poignet, en laissant bien en arrière les segments les plus distaux. Comme nous le verrons dans la partie suivante, ces mouvements ressemblent à celui du fouet.

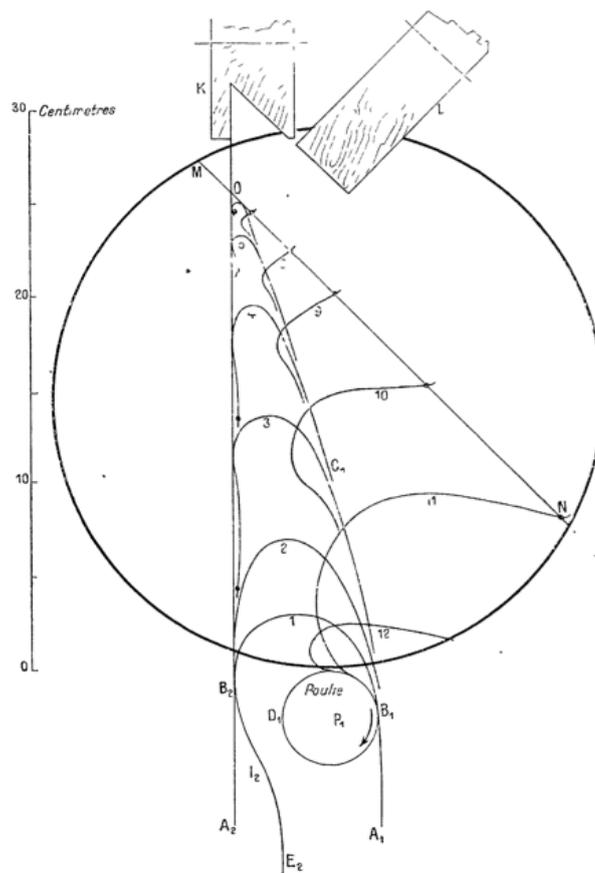


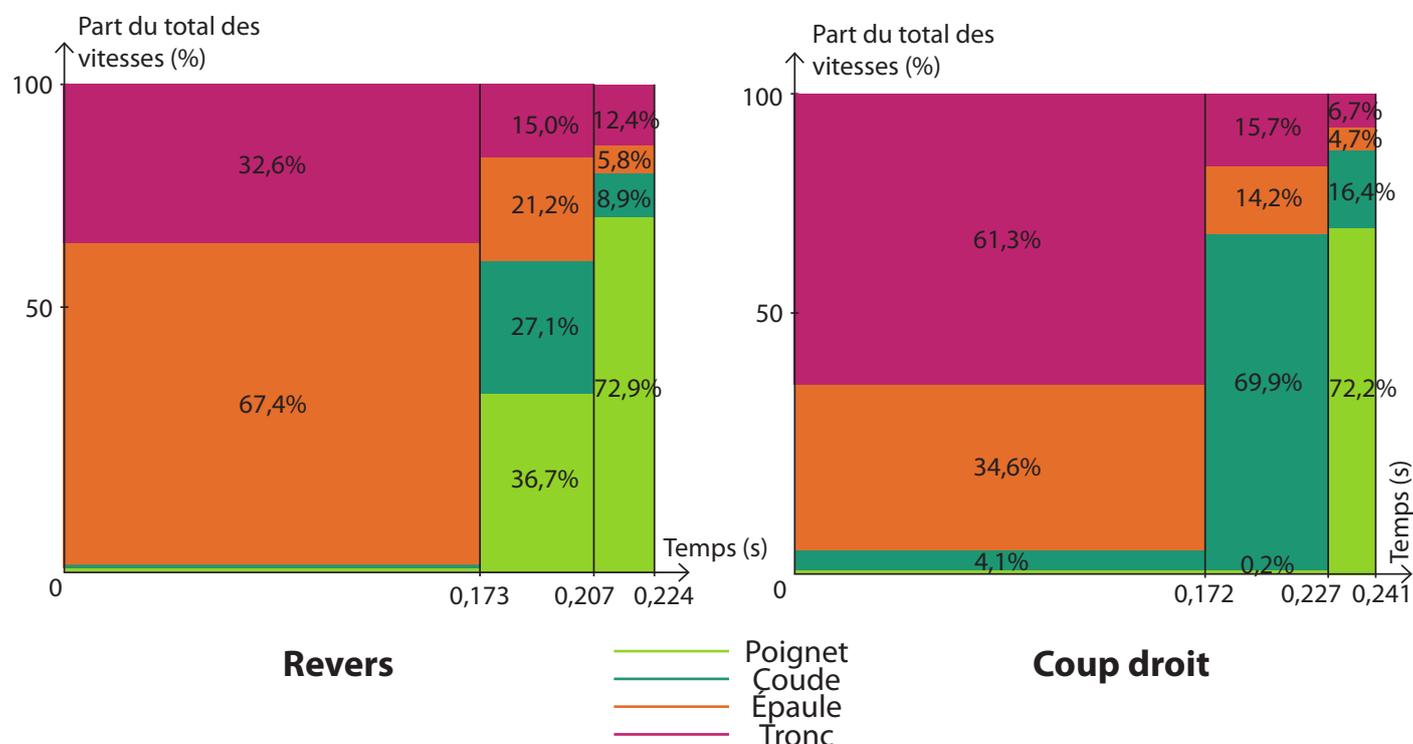
Fig. 2.

Z. Carrière. Le claquement du fouet. J. Phys. Radium, 1927, 8 (9), p. 368.

Remarque : le fouet, fixe en A1, débute sa trajectoire par le dessin 1 pour terminer par le dessin 12.

Contribution des différents segments à la vitesse globale

Par observation cinématique, nous avons remarqué un enchaînement de mouvements bien précis, tant en coup droit qu'en revers. Notre objectif est ici de mettre en évidence cet enchaînement en précisant la part de la vitesse de chaque segment dans le total des vitesses, et ce à chaque période. Une rotation négative (qui s'éloigne du point d'impact) sera ramenée à 0 pour ne pas avoir un total supérieur à 100%.



Le constat est ici assez clair. Le joueur sollicite d'abord ses muscles rotateurs du tronc et abducteurs ou adducteurs de l'épaule. Ce n'est qu'ensuite que les muscles fléchisseurs ou extenseurs du coude interviennent, avec dans le cas du revers les extenseurs du poignet. Enfin, les extenseurs et fléchisseurs du poignet agissent pleinement.

Observation faite, ce mouvement ressemble beaucoup à celui du fouet. Dans son article datant un peu mais toujours valable, Carrière* (1927) nous dit que le fouet de son dispositif a une période où les courbes sont montantes et une autre où elles sont descendante. Pour la comparaison avec la frappe de speed-ball, nous ne nous intéresserons qu'à la partie montante (de 1 à 6 sur le schéma précédent). Carrière nous dit que pendant la période montante, le rayon de courbure diminue jusqu'au moment de l'annulation du rayon, appelé "point critique". En fait, la rigidité de la corde stoppe ce rayon à un millimètre environ, il n'est donc jamais vraiment nul. Au fur et à mesure que ce rayon de courbure diminue, la vitesse augmente jusqu'au "point critique" où elle est maximale (plus de 350m/s selon Carrière; on a depuis lors montré qu'elle pouvait atteindre deux fois la vitesse du son**).

* Z. Carrière. Le claquement du fouet. J. Phys. Radium, 1927, 8 (9), pp.365-384.

**Science, P. la. (s. d.). [Pour la science N°285 - juillet 2001] Les îles australes, laboratoires de l'évolution, pp.106-107.

Le mouvement des différents segments du haut du corps est similaire lors de la frappe au speed-ball. En effet, la vitesse se propage de la partie la plus proximale du corps (le tronc) jusqu'à la partie la plus distale (la raquette) où nous obtenons d'ailleurs les plus grandes vitesses (respectivement **9,24** et **11,37** m/s pendant les 0,017 secondes précédant la frappe en revers et coup droit). Dans notre cas, le rayon de courbure n'est évidemment pas parfaitement dessiné, mais nous pouvons dire qu'il est au début de la frappe égal à la longueur de l'ensemble des segments (soit 0,98 m), puis qu'il ne comprend ensuite plus que le bras, l'avant-bras et la main+raquette (soit 0,81 m), ensuite seulement l'avant-bras et la main+raquette (0,45 m) pour terminer avec la main+raquette seule (0,23 m). C'est dans le mouvement en revers que la ressemblance est la plus frappante.

Il nous semble donc pertinent d'appeler le mouvement de la frappe au speed-ball un fouetter, ou mouvement de fouet.

Conclusions

Notre objectif était de caractériser la frappe au super-solo en coup droit comme en revers. Notre étude nous a permis de faire ressortir trois points importants :

Premièrement, le point d'impact entre la raquette et la balle, pour être optimal, doit voir la tangente au cercle formé par la balle et celle au cercle formé par le bras confondues. Du point de vue du joueur, cela signifie que le bras doit être aligné avec le fil au moment où la raquette touche la balle. Cela demande une certaine maîtrise du couple anticipation-coïncidence.

Deuxièmement, les membres inférieurs ne jouent pas de rôle significatif dans le gain de vitesse, cependant nous pouvons penser qu'ils sont extrêmement importants lors de l'inversion du mouvement, qui est de mise lors du super-solo.

Troisièmement, les différents segments du membre supérieur qui va frapper ne sont pas sollicités de la même manière tout au long de la frappe. Ils fonctionnent à la manière d'un fouet, par une sollicitation principalement des segments les plus proximaux en premier pour aller vers une sollicitation des segments distaux.

Ces points seront à prendre en compte lors de l'entraînement du joueur de speed-ball. Des exercices tels qu'un super-solo où le joueur laisse passer la balle une fois devant lui entre chaque frappe permettront d'appréhender le couple anticipation-coïncidence ainsi que de gérer le fouetter du bras porteur de raquette.

Dans une perspective future, il serait intéressant de pouvoir filmer un joueur de speed-ball expert avec une caméra à très haute fréquence ainsi qu'avec un dispositif permettant de filmer en trois dimensions. Nous n'avons pu ici mentionner la rotation de l'épaule ou du poignet, car nous n'avons pas les moyens d'étudier ces mouvements. De plus, une plus haute fréquence de prise de vue permettra de ne pas omettre certains détails que nous n'avons pu appréhender.