

ENTRAÎNEMENT

La musculation
excentrique:
trois fois
plus efficace!

DIÉTÉTIQUE

Les envies bizarres
de l'ultra-endurance

DOSSIER

Comment gagner de la vitesse

Les leçons du badminton

BIOMÉCANIQUE

Le secret de Lavillenie

PSYCHOLOGIE

Enquête sur la génération susceptible

FRANCE METRO 5,90 € - AND 5,90 € - BEL/LUX 6,90 € - DOM 6,90 € - ESP/ITA/GR/PORT. CONT. 6,90 € - D 6,90 € - CH 11 FS - CAN 9,99 \$ cad - NCAL/5 900 CFP - POL/5 950 CFP

L 12403 - 143 - F: 5,90 € - RD



Le sport le plus rapide du monde!

Tan Boon Heong,
recordman du monde !

Le badminton est le sport le plus rapide du monde. L'été passé, le Malaisien Tan Boon Heong a établi un nouveau record de vitesse avec un volant flashé à 493 kilomètres/heure. Comment est-ce possible?

Le badminton est un sport hors norme à tous points de vue. La vitesse d'abord. Il devance désormais le hockey sur glace et le golf au classement des sports les plus rapides du monde. Nous verrons d'ailleurs dans cet article comment font les joueurs pour insuffler une telle énergie au volant. Mais d'abord, quelques mots sur cette discipline et le formidable succès qu'elle connaît depuis ces dernières décennies. Car figurez-vous que le badminton n'est considéré comme sport en France que depuis 35 ans. La Fédération (FFBaD) a été créée en 1979. Elle réunissait à l'époque quelques centaines de pratiquants que l'on considérait à peine comme des sportifs, tellement leur discipline était alors perçue comme un simple sport de plage. Les adeptes des autres sports de raquettes (tennis, squash, tennis de table) rechignaient aussi à s'y mettre, par crainte de la régression technique que ce passage aurait irrémédiablement engendrée... Du moins, c'est ce que l'on croyait! Bref, le badminton véhiculait de nombreux préjugés, ce qui rend son succès récent d'autant plus épatant. Les joueurs affiliés étaient quelques centaines aux premières heures de la fédération, disions-nous. Ils se comptaient déjà par milliers au début des années 1980. Puis la barre des 70.000 joueurs licenciés fut dépassée en 2000 et on se situe aujourd'hui autour de 180.000 joueurs, ce qui place la pratique du badminton en France au niveau des fédérations beaucoup plus anciennes et prestigieuses comme l'escrime, le cyclisme ou même l'athlétisme. Cette croissance annuelle à deux chiffres ne trouve pas d'équivalent dans le monde sportif. D'autant que ces chiffres ne tiennent évidemment pas compte de tous ceux qui jouent pour le plaisir en dehors du cadre fédéral. Il y a deux ans, le badminton a dépassé le handball au classement des sports les plus pratiqués au sein de l'UNSS (Union nationale du sport scolaire). Autre preuve de cet engouement, tous les halls de sport consacrent désormais une ou plusieurs soirées par semaine à l'accueil de ces nouveaux fous du volant. Combien sont-ils exactement? L'estimation est hasardeuse. Disons que le badminton pointe actuellement au top 3 des sports les plus pratiqués en France. Bizarrement, ce succès ne doit rien aux médias. On voit très rarement du badminton à la télévision. On ne relève pas non plus de phénomènes d'identification aux champions tricolores comme cela avait été évoqué pour des succès comparables en tennis ou en judo. Les résultats des joueurs français sur la scène internationale restent modestes. Quant à l'incorporation du badminton au programme olympique en 1992, il ne semble pas qu'elle ait eu un énorme impact sur la pratique. Cette décision avait surtout été prise pour entériner ses succès dans le monde. Le volet vitesse est moins évident. En fait, le badminton ne doit rien à personne et l'on ne peut comprendre l'engouement qu'il suscite qu'en analysant les qualités intrinsèques du jeu, au premier rang desquelles on pointera précisément les formidables différences de vitesse qui rendent les échanges si ludiques et si spectaculaires.

A la vitesse du TGV

Certaines disciplines sont fastidieuses en phase d'apprentissage ou nécessitent de nombreux pré-requis. Pas le badminton. On s'amuse et on transpire dès la première séance. Quant aux exigences athlétiques, elles augmentent avec le niveau de pratique. Au début, le badminton n'est pas très fatigant, il faut bien l'admettre. La grande difficulté consiste à toucher le volant et les débutants jouent de façon assez statique. A mesure que l'on progresse, le volant gagne de la vitesse et les choix stratégiques nécessitent aussi de se déplacer davantage. Au plus haut niveau, le jeu se transforme en une danse éreintante! Le badminton figure en effet parmi les sports les plus durs. Quelques chiffres permettent de s'en persuader. Un match de simple dure aux alentours de 40 minutes avec un temps de jeu effectif de l'ordre de 35%. Tout au long des échanges, les joueurs grimpent à 98% de leur fréquence cardiaque maximale (1). Leurs



LIN DAN, LE SOLDAT ROUGE

«Brillant, volatile et glamour, le Chinois Lin Dan pourrait être l'homme qui donnera au badminton une dimension internationale», prophétisait le quotidien anglais *The Guardian* en 2008.

Bien vu! Six ans plus tard, il est effectivement considéré comme la plus grande – la seule? – superstar de ce sport. Deux médailles d'or olympique, cinq titres de champion du monde. Il possède aujourd'hui le plus riche palmarès de tous les temps. Certaines victoires font même figure d'exploit comme son titre aux derniers Mondiaux de Canton alors qu'il sortait d'une pause-carrière de 10 mois qui l'avait fait dégringoler à la 288ème place des classements mondiaux. Il faut se souvenir aussi du match d'anthologie livré en finale des Jeux de Londres face à son grand rival, le Malaisien Lee Chong Wei. L'affaire s'était conclue dans le troisième et dernier set sur le score 21-19. Un match de géants! Aujourd'hui, on le considère à l'équivalent du tennisman Suisse Roger Federer dans le monde du badminton. Quoique d'autres références historiques lui seraient davantage. «Il est le John McEnroe chinois», déclarait à son propos l'Indonésien Taufik Hidayat, champion olympique à Athènes en 2004 qui, à l'instar de beaucoup de ses collègues n'a jamais porté le Chinois dans son cœur. «Lin Dan est le joueur le plus grossier, immoral et inculte que j'ai jamais rencontré», s'insurgeait par exemple l'entraîneur de la Corée du Sud Li Mao en finale de la Super Série de Séoul en janvier 2008. Quelques minutes auparavant, les deux hommes s'étaient violemment invectivés. Le joueur avait fait mine de casser sa raquette sur la tête du coach. La même année, Lin Dan avait aussi roué de coups son entraîneur Ji Peng Xin pour cause de désaccord stratégique. On imagine qu'en Chine, un tel acte de rébellion aurait condamné n'importe quel autre athlète à la désérence. Pas lui! Lin Dan peut tout se permettre. Bagarres, déclarations tapageuses et même des crises d'hystérie comme après sa victoire aux Jeux de Pékin. A l'issue du dernier point, «Super Dan» s'était roulé sur le sol du gymnase de l'Université des Technologies avant de retirer ses chaussures et de les jeter dans le public puis d'enchaîner les saluts militaires devant chaque tribune. Sans doute voulait-il ainsi rappeler son grade de lieutenant-colonel dans l'Armée chinoise, une institution qu'il avait rejointe à l'âge de 12 ans pour pouvoir se consacrer entièrement à sa carrière de joueur. Mais on se trouve bien loin de l'habituelle rigueur soldatesque. Ce joueur incarne au contraire une jeunesse chinoise désireuse de rompre avec les codes en vigueur. Adepte de coupes de cheveux extravagantes et de tatouages, Lin Dan forme avec l'ancienne championne de badminton Xie Xingfang l'un des couples les plus «bankable» du show-business chinois. Son compte Twitter totalise 16 millions de followers! Sa popularité est telle qu'il a été obligé de faire déposer son nom en tant que marque pour empêcher les détournements. Pour la presse étrangère, il est la «rock-star du bad». D'ailleurs, il ne rate jamais une occasion de se produire sur scène soit pour des défilés de haute couture, soit pour faire admirer ses talents au piano. Début 2013, il a même sorti un premier single. L'album devrait suivre bientôt. Entre ces diverses activités il compte bien se consacrer à son ultime défi sportif: réussir la passe de trois aux Jeux de Rio en 2016. «Avant de prendre ma retraite, je veux aider le badminton à devenir aussi populaire que le tennis», dit-il. Il est tout à fait capable d'y arriver! **Olivier Beauvais**

Les supporters de l'équipe canadienne formée par Michelle Li et Alex Bruce, 4^{ème} aux derniers JO, scandaient pour les encourager: Bruce-Li, Bruce-Li!



formidables aptitudes physiologiques ainsi qu'une lecture du jeu quasiment parfaite expliquent qu'il soit désormais si difficile de les prendre en défaut. Il en résulte un net allongement de la durée des points. Entre les Jeux d'Atlanta en 1996 et ceux de Londres en 2012, on est ainsi passé de 5 à 10 secondes en moyenne et la fréquence des frappes a également augmenté de plus de 30%. En clair, les joueurs optent plus rarement pour des échanges hauts en fond de court (les «clears» dans le jargon du sport) et choisissent des trajectoires plus offensives, ce qui élève le nombre d'actions pour un temps donné. Les aptitudes aérobies s'en ressentent avec des volumes de consommation maximale d'oxygène qui atteignent 60 à 65 ml/min/kg chez les joueurs de l'élite, soit des valeurs tout à fait comparables à celles d'un demi-fondeur de niveau interrégional, voire national (2). Les performances au plan musculaire sont plus impressionnantes encore. Pour se déplacer sur ce terrain aux dimensions réduites (13,40 x 5,20 mètres), le joueur n'a pas la possibilité de courir comme au tennis. Non, il est obligé de procéder par petits bonds successifs entrecoupés de pas chassés et de fentes pour réceptionner les amorties au filet. Tous les régimes de contractions musculaires sont sollicités: concentrique en phase d'accélération, excentrique pour le freinage et isométrique pour stabiliser le corps lors du jeu court. Sans oublier la pliométrie. Car on saute beaucoup dans le cours de ces parties. Pour mieux comprendre l'intensité de ces actions motrices, reprenez qu'une fente avant pour réceptionner une amortie impose une



Contrairement à l'idée reçue, le mouvement de poignet contribue peu à la vitesse totale de la tête de raquette. Ses principales composantes sont les rotations de l'épaule et de l'avant-bras, comme le montre le schéma.

pression totalisant, au niveau du tendon rotulien, 12 fois le poids du corps, et 5 fois au niveau du tendon d'Achille (3). Le haut du corps n'est pas en reste. Les joueurs professionnels sont effectivement capables d'incliner au volant une vitesse de 300 km/h. Encore mieux! Le dernier record officiel, validé par le World Guinness Book et mesuré par la société Yonex, est détenu par le Malaisien Tan Boon Heong avec une vitesse du volant à la sortie de la tête de raquette de pas moins de 493 km/h! On approche à petit pas de la vitesse de pointe du TGV.

Les quatre clés du smash

Lorsqu'on observe ces virtuoses du volant, on se demande comment ils parviennent à concilier un profil énergétique orienté vers les efforts en aérobie comme les coureurs de fond et une vitesse de bras qui appartient clairement à un registre différent, plus proche de celui du sprinteur. La réponse réside essentiellement dans la technique. Pour taper fort, il faut maîtriser un pattern d'actions spécifiques, très aisément transposable ensuite vers d'autres disciplines sportives qui imposent elles aussi d'envoyer un projectile loin ou vite, qu'il s'agisse d'établir

une performance métrique (javelot) ou de marquer des points en empêchant son interception par l'équipe adverse (handball, volley). Lorsqu'on regarde attentivement un joueur de badminton de haut niveau en train de réaliser un smash, on s'aperçoit qu'il démarre son geste en se positionnant de profil par rapport au filet. Il le terminera de face ou même tourné dans l'autre sens. Ce faisant, il aura donc réalisé une rotation du tronc (entre 90 à 180 degrés) tout à fait comparable à celle que l'on effectue par exemple dans un sport comme le baseball. Au badminton, le geste se termine en outre par une rotation interne extrêmement rapide de l'avant-bras. Pendant longtemps, une croyance dans le milieu de l'entraînement voulait que la majeure partie de la vitesse résultait d'un bon «cassé» du poignet. Dans les années 80, les premières analyses du mouvement grâce à des caméras à haute vitesse ont mis fin à ce mythe. Des travaux scientifiques ont démontré en effet que, lors d'un smash, 53% de la vitesse de la tête de raquette étaient donnés par la rotation interne de l'avant-bras (ce que l'on appelle la pronation radio-ulnaire) associée à la rotation de l'épaule. Le poignet comptait pour des broutilles (4), même si le mythe

reste tenace dans des sports pour lesquels le geste est comparable (5). A mesure qu'ils peaufinaient leur modèle, les chercheurs sont ainsi parvenus à dégager les quatre grands principes biomécaniques qui régissent la vitesse du volant en badminton :

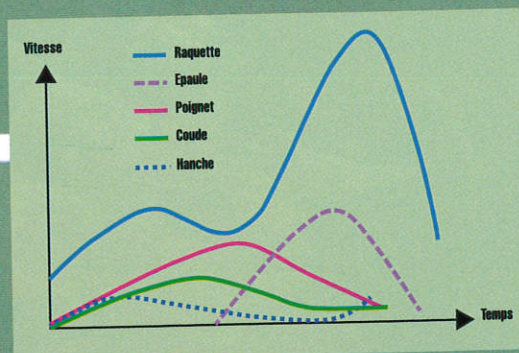
1/ le principe d'adjonction des vitesses

Le principe d'adjonction des vitesses stipule que la vitesse terminale du geste dépend de l'intégration de toutes les vitesses des séquences précédentes. Cela débute avec la poussée des pieds sur le sol (segment proximal) jusqu'à l'action des doigts sur la raquette (segment distal) (6). Pour réaliser un smash puissant, le champion de badminton démarrera donc son geste par le mollet, la cuisse et les fessiers. Puis il réalise une rotation centrale de l'ensemble du corps, suivie d'une rotation interne de l'épaule et enfin de l'avant-bras (voir schéma ci-dessus). Chacune de ces différentes vitesses s'additionne aux autres et détermine in fine celle de la tête de raquette au moment de la frappe.

2/ La torsion dorsale

Le deuxième principe mécanique qui sous-tend la performance est l'effet de torsion dorsale (4). Il s'agit d'une action continue

2102 KOPUOT



La vitesse totale de la tête de raquette intègre toutes les vitesses précédentes: hanches, épaules, coude, poignet.

qui consiste à dissocier les deux ceintures: lombaire et scapulaire. Pour faire simple, disons qu'elles ne tournent pas ensemble au même moment. Il existe un décalage temporaire entre les deux. Dans un premier temps, les hanches pivotent dans le sens opposé à la frappe. On se met de profil. Ensuite, on entame une rotation rapide du bassin vers l'avant alors que les épaules restent de profil. Pendant quelques millisecondes, ces deux ceintures se désolidarisent. Il s'ensuit une rotation forcée de la colonne vertébrale qui étire toute la chaîne musculaire dorsale et accroîtra la vitesse de bras au dernier moment lorsqu'on ramène avec violence l'épaule arrière vers l'avant. Ce principe de torsion dorsale est commun à toutes les activités de lancer (9). On peut mieux saisir sa subtilité anatomique en imaginant le tronc comme une lame métallique souple scellée à un socle. Si on prend sa partie haute et qu'on la tord vers l'arrière, elle va revenir très vite vers l'avant. Mais si à cette action vers l'arrière, on ajoute une torsion, elle va revenir encore plus vite. Notons toutefois que cet effet de torsion-détorsion (on parle de «visé-

dévisé» dans le lancer de disque) n'est visible qu'au-delà d'un certain niveau d'expertise.

3/ L'impulsion optimisée

Pour ce troisième effet, on part du principe suivant. La qualité de l'impulsion dépend en définitive du bon enchaînement des différentes séquences et de la vitesse à laquelle elles se produiront. En effet, on peut maîtriser chaque geste à la perfection: poussée sur les appuis, rotation décalée des ceintures lombaires et scapulaires, extension du coude, rotation du bras. Si on ne respecte pas la planification à la milliseconde près, le résultat risque d'être décevant. Prenons l'exemple de la torsion-détorsion du dos. Elle doit s'effectuer le plus rapidement possible afin d'utiliser au mieux les propriétés musculaires élastiques et les réflexes proprioceptifs inhérents à ce type de mouvement. Si on attend trop longtemps, on perd irrémédiablement tout le bénéfice du mouvement.

4/ Le pré-étirement musculaire

Cela nous conduit tout droit au quatrième principe: l'effet de pré-étirement musculaire.

Lors de l'analyse des vitesses segmentaires, un phénomène curieux apparaît sous la forme d'une chute de la vitesse de la tête de raquette vers le milieu du mouvement. (schéma ci-dessus) Ce phénomène a été identifié dans les années 90 grâce aux moyens d'analyse tridimensionnelle (10). Les biomécaniciens réalisèrent ainsi que les joueurs procèdent à un étirement rapide des masses musculaires juste avant la frappe. Pour cela, ils enchaînent une phase très courte de rotation externe de l'épaule et de l'avant-bras suivie des rotations internes qui donneront toute sa puissance au geste. Cette rotation externe a pour but d'étirer l'ensemble des muscles de l'épaule et de l'avant-bras afin d'augmenter, par voie réflexe, la force de contraction. On peut comparer cela à l'usage d'une catapulte: on étire l'élastique avant de le relâcher. Le gain de force ainsi obtenu est lié d'une part à la mise en place du fameux réflexe myotatique et d'autre part à la capacité du système musculo-tendineux d'emmagasiner l'énergie lors de l'étirement pour la restituer en phase de raccourcissement. Mais attention! Pour que cela fonc-

tionne, il faut impérativement que cet étirement soit bref et précède le raccourcissement de quelques fractions de seconde. C'est seulement à cette condition qu'on arrivera à doter la tête de raquette d'une vitesse optimale qui, chez les meilleurs, avoisine les 70 mètres par seconde au moment de la frappe!

A l'école des gros frappeurs

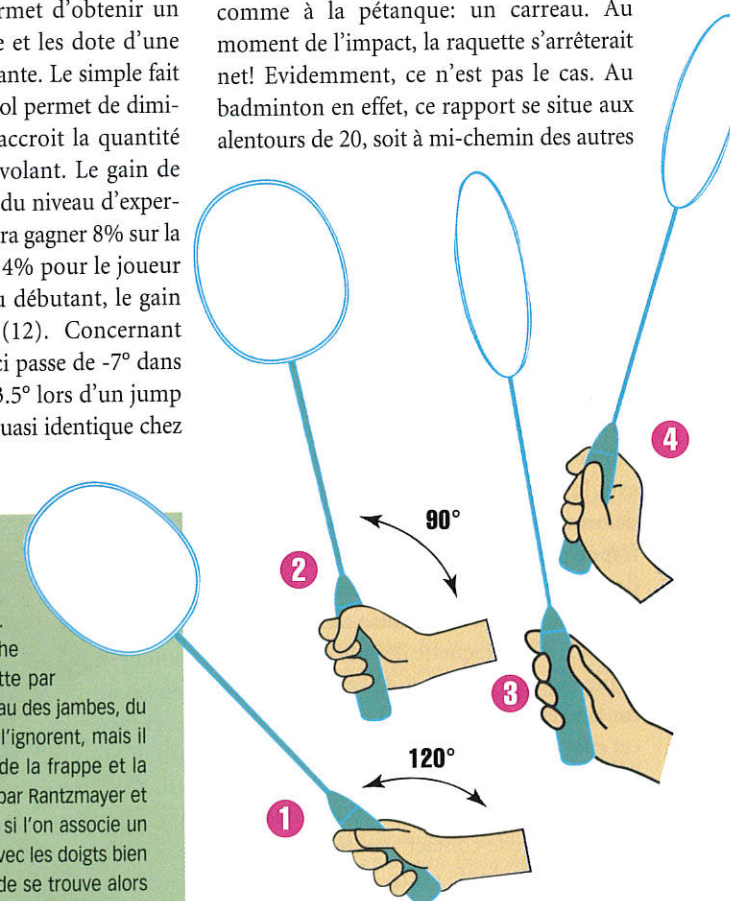
Voilà pour l'aspect biomécanique. D'autres laboratoires tentèrent ensuite de faire le lien avec les observations de terrain, en complétant l'analyse cinématique de mesures sur l'activité des principaux groupes musculaires grâce aux procédés d'électromyographie. Lors d'un smash, ils purent ainsi comparer le geste de l'expert et celui du débutant (11). En début du mouvement, ceux-ci recèlent peu de différences. Les sujets poussent sur le sol de façon assez similaire. Les spécificités apparaissent plutôt en fin de mouvement. Ainsi les bons joueurs montrent une activité musculaire bien mieux orchestrée des muscles distaux et surtout un relâchement beaucoup plus important après la frappe alors que le geste du débutant conserve toute sa tension. Voilà qui n'étonnera pas tous les joueurs de badminton qui font à chaque match l'expérience du manque de puissance qu'induit le simple fait de se crispier. Très souvent, il suffit de penser à taper fort pour produire à l'inverse un smash totalement poussif. Tout le secret réside dans le relâchement. D'autres travaux ont montré que la vitesse angulaire du coude était bien plus grande chez les élites que chez des adversaires pourtant confirmés qui continuent malgré eux à jouer «petit bras». Enfin, on observe que le temps total du mouvement est très nettement

raccourci à mesure que l'on franchit les paliers de l'excellence (12). C'est d'ailleurs ce qui frappe lorsqu'on visionne le geste de Tan Boon Heong sur internet. Tout se déroule à toute allure! Voilà pour la théorie. En pratique, évidemment, cela nécessite des heures et des heures d'entraînement. Pour s'en convaincre, il suffit d'observer comment le mouvement évolue en cours d'apprentissage. Le débutant frappe très souvent son volant de face par simple extension de l'avant-bras. Sa prise de raquette est inappropriée avec un index qui court souvent le long du manche comme s'il tenait une poêle. Ensuite, les joueurs plus aguerris greffent petit à petit de nouvelles séquences à ce geste basique. Ils entament un début de rotation du corps et un début de rotation de l'avant-bras, mais sans la mise en place d'un pré-étirement et très souvent sans transfert de poids du corps vers l'avant. Ce n'est donc qu'au sein de l'élite que l'on retrouve ces quatre principes mis en œuvre et personnalisés selon leurs qualités neuromusculaires spécifiques. En outre, la plupart des bons joueurs ajoute un saut à ce geste déjà complexe. Cela leur permet d'obtenir un meilleur angle d'attaque et les dote d'une frappe encore plus puissante. Le simple fait de décoller les pieds du sol permet de diminuer l'effet de recul et accroît la quantité d'énergie inculquée au volant. Le gain de vitesse dépend là encore du niveau d'expertise. Un joueur élite pourra gagner 8% sur la vitesse du volant contre 4% pour le joueur intermédiaire. Quant au débutant, le gain est nul voire négatif (12). Concernant l'angle du volant, celui-ci passe de -7° dans un smash en appui à -13.5° lors d'un jump smash, alors qu'il reste quasi identique chez un joueur intermédiaire.

LES DOIGTS DANS LA PRISE

La façon dont on tient la raquette - ce que l'on

appelle le grip - exerce une influence non négligeable sur la qualité d'une frappe. En badminton, elle change continuellement. La main court le long du manche selon les coups à réaliser (coup droit ou revers) ou la position de la raquette par rapport au corps. On peut ainsi jouer des coups devant ou derrière soi, au niveau des jambes, du torse, des épaules ou par-dessus la tête. Et le smash? Beaucoup de joueurs l'ignorent, mais il existe une prise de raquette qui va considérablement influencer la qualité de la frappe et la vitesse donnée au volant. Le terme «grip puissant» a été introduit initialement par Rantzmayer et Niesner en 1987 pour expliquer ce phénomène (8). Ils ont ainsi démontré que si l'on associe un angle avant-bras/raquette supérieur à 90° et une prise puissante, c'est-à-dire avec les doigts bien fléchis et en contact total avec le manche, la contribution de l'action du coude se trouve alors maximisée. Cette rotation du coude et des articulations radio-ulnaires produira un mouvement de la tête de raquette sur un arc bien plus grand, ce qui n'est pas possible avec une prise dite traditionnelle laquelle est généralement surnommée «la prise poignée de main».



- 1/ Prise universelle pour le jeu long.
- 2/ Prise marteau pour le smash
- 3/ Prise revers pour le jeu long
- 4/ Prise revers pour les amorties

sports de raquettes puisque le tennis est à 5 et le tennis de table à 33. Voilà pour le rapport de force. Les pertes énergétiques, quant à elles s'évaluent par un coefficient de restitution défini par le rapport des vitesses avant et après le choc. Il est remarquable de noter que ce coefficient de restitution E est quasiment identique dans les trois grands sports de raquette (tableau ci-dessous) avec une vitesse du projectile, presque deux fois plus élevée lorsqu'elle sort de la raquette que lorsqu'elle y arrive. Ceci étant, les moyens

littéralement exploser sous la tension. Une expérience intéressante consiste à acheter une raquette bon marché et demander au magasin qu'on la corde à 15 kilos de tension. En général, elle cèdera après quelques échanges. Dès qu'on se met à jouer un peu sérieusement, on doit réaliser cet investissement matériel. Trois grands types de raquettes se partagent le marché. Les premières sont en aluminium. Elles sont solides, rigides et relativement lourdes et ne sont utilisées qu'en milieu scolaire avec des débutants. Leur poids dépasse souvent les 115 grammes. La deuxième catégorie de raquette est composée de matériau à moitié aluminium et à moitié graphite. Elles sont plus légères, plus souples et conviennent à des pratiques de loisirs en club. Enfin, le must reste les matériaux composites, comme le tout graphite, qui les rend à la fois légères, souples et maniables,

Paramètre	Badminton	Tennis	Tennis de table
Restitution E	0.85	0.8	0.85
Masse raquette M	.1	.3	.1
Masse volant m	.005	.06	.003
M/m	20	5	33
Vitesse raquette V	45	40	30
Vitesse raquette après V'	41	28	28
Vitesse volant v'	79	50	52

par lesquels la vitesse est transférée à l'engin et sa valeur doublée diffèrent fondamentalement entre le tennis et badminton. Les deux utilisent le principe du transfert d'énergie: un bras de levier et une partie déformable qui va absorber puis restituer l'énergie cinétique acquise. La raquette du tennisman utilise pour cela le principe du trampoline grâce à la tension souple du cordage: la balle s'enfonce dans le tamis puis repart rapidement dans l'autre sens. En raison du faible poids du volant, ce phénomène est moins évident en badminton. En revanche, on peut compter sur un effet catapulte. La tige est relativement souple et se déforme au moment du smash juste avant le contact avec le volant. La déflexion, c'est-à-dire la déformation de la raquette pendant la frappe peut atteindre 10 centimètres avant de reprendre sa position initiale (14). Une équipe de chercheurs danois a montré que le bénéfice d'une raquette flexible par rapport à une raquette rigide est de l'ordre de 15% sur la vitesse du volant (15). Pour optimiser cet effet, le cordage doit être tendu: entre 11 et 15 kg contre 25 kg en tennis. Pour bénéficier d'un bon effet catapulte, il faut impérativement que le contact avec le volant soit extrêmement bref, entre 2 et 4 millisecondes. Cela constitue un véritable défi pour les fabricants de raquette qui doivent trouver des matériaux légers, déformables mais suffisamment costauds pour ne pas



Le manche plie après la cognée

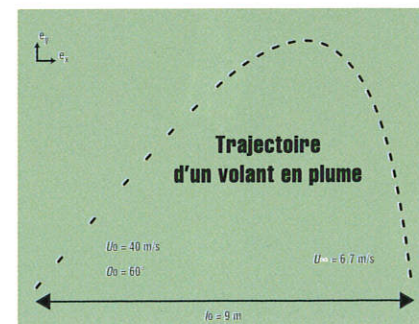
Le bouchon et la trainée

Une fois le volant sorti de la raquette, sa constitution assez atypique va lui faire traverser de curieuses étapes avant d'arriver au sol. Dans un premier temps, il se retourne, de telle manière que le bouchon se trouve toujours en tête. Ensuite le volant va osciller autour d'un axe horizontal, toutes plumes serrées, avant de se stabiliser dans cette trajectoire puis freiner très brutalement. Explication? Les deux forces qui agissent sur lui, à savoir son poids et les forces de frottement, possèdent des points d'impact très différents. Sur un volant de badminton, le centre de masse est situé sur le bouchon, alors que les forces de frottement vont s'appliquer au centre du volume, bien plus bas sur la jupe. On retrouve ce type de propriétés physiques chez les parachutistes qui vont osciller dans les airs avant de prendre une trajectoire plus rectiligne ou encore chez les akènes de pissenlit. Notez qu'une équipe de chercheurs de l'école polytechnique est parvenue récemment à modéliser ce curieux manège sous forme d'équation (16). La deuxième grande particularité liée au volant en plume est que les forces de frottement qui vont agir sur lui sont environ 50 fois supérieures aux forces gravitaires. C'est donc un sport fortement dominé par l'aérodynamique. A titre de comparaison, le tennis a un facteur 11, le football 1,7 alors que le handball et le basket-ball ont un facteur inférieur à 1. La trajectoire produite par un volant n'est par conséquent pas une parabole mais une courbe asymétrique, dont la première partie est quasiment linéaire et la deuxième une asymptote verticale, proche de la chute libre. La figure de droite représente une chronophotographie à 200 images par seconde et montre bien ce phénomène: le volant part avec une très grande vitesse (ici 40 m/s) que l'on déduit par l'espace entre les premières images du volant. Par la suite, celui-ci se rétrécit, ce qui signifie qu'il parcourt moins de distance dans le même intervalle de temps. Sa vitesse, de l'ordre de 7 mètres par seconde au sommet de la trajectoire, se maintiendra ainsi lorsqu'il touchera le sol. Au final, il aura perdu près de 85% de sa vitesse initiale, contre 50% en tennis. En d'autres termes, quand un gros serveur en tennis envoie une balle à 200 km/h à la sortie de sa raquette, elle aura encore une vitesse de 100 km/h lorsqu'elle touchera le sol. En badminton, si vous vous trouvez en face de Tan Boon



Le badminton est le seul sport mixte aux Jeux. Entre sexes, on ne se fait d'ailleurs pas de cadeau. Ici le Coreéen Lee Yong-dae, médaille d'or aux Jeux de Pékin.

Heong et de son smash à près de 500 km/h, il n'en restera toujours que 75 km/h lorsque le volant touchera le sol. On parle de mur aérodynamique pour décrire cette curieuse trajectoire asymétrique initialement décrite par Nicolas Tartaglia (17). En effet, le volant agit alors de la même manière que le font les particules d'eau qui sortent à très grande vitesse d'une lance à incendie ou encore des trajectoires des feux d'artifice. Outre la grande perte de vitesse et sa trajectoire asymptotique verticale, la troisième conséquence de ce mur est qu'à partir d'une certaine vitesse initiale, taper plus fort dans le volant ne le fera pas aller plus loin. Les joueurs de badminton connaissent bien ce curieux phénomène lorsqu'ils testent les volants en début de match. Pour ce faire, ils se placent au fond du terrain et frappent le volant par en dessous pour regarder où celui-ci arrive dans le terrain adverse. Pour que le volant soit considéré comme jouable pour le match, il doit retomber à l'intérieur du terrain dans une zone comprise entre 53 (maximum) et 99 centimètres (minimum) de l'autre ligne de fond. Faites le test et vous



constaterez rapidement que même en frappant de plus en plus fort, il n'ira pas plus loin. Mais alors, que faire si le volant n'arrive pas dans la zone dite jouable? Comme vous l'aurez compris, le volant est très sensible à l'aérodynamique, la température est alors une variable majeure dans sa trajectoire. En effet, la résistance à l'avancement est liée à la densité de l'air. L'air chaud étant moins dense que l'air frais, le volant ira plus loin dans un gymnase chaud (plus de 20°) que dans un gymnase froid (moins de 16°C). Pour s'adapter à ses différences de température, les fabricants de volants ont serti le bouchon du volant d'une bague de couleur: la verte correspond à un volant lent pour les gymnases à température élevée, la bague bleue correspond à un volant à vitesse moyenne pour les gymnases à température modérée, tandis que la bague rouge est pour le volant à vitesse rapide (gymnase à température basse). Si malgré cela, le volant dépasse la zone test, il restera au joueur à «casser» les plumes vers l'extérieur pour augmenter les forces de frottement. Il s'agit de plier le bout d'environ une plume sur quatre (à un demi-centimètre du bord). Si le volant est trop lent, on pliera alors la plume vers l'intérieur. Notez qu'il est évidemment interdit de procéder à de telles manipulations au cours du jeu dans le but d'accélérer ou au contraire de ralentir les échanges. Les arbitres y veillent. De toute façon, les volants sont changés au moins une douzaine de fois par partie.

Guillaume Laffaye, Maître de Conférences HDR à l'Université Paris-Sud.

Références

- [1] D. Liddle, M. Murphy, W. Bleakley, *A comparison of the physiological demands of singles and doubles badminton: a heart rate and time/motion analysis*, J. Hum. Mov. Stud. 30 (1996) 159-176.
- [2] O. Faude, T. Meyer, F. Rosenberger, M. Fries, G. Huber, W. Kindermann, *Physiological characteristics of badminton match play*, Eur. J. Appl. Physiol. 100 (2007) 479-85.
- [3] G. Laffaye, *Comprendre et progresser en Badminton*, Chiron, Paris, 2011.
- [4] B.A. Gowitzke, D.B. Waddell, *Biomechanical studies of badminton overhead power strokes—a review*, Biomech. Sport. IX. (1991) 267-272.
- [5] T. Debanne, G. Laffaye, *Coaches' beliefs and knowledge: training programs used by French professional coaches to increase ball-throwing velocity in elite handball players*, Int. J. Sports Sci. Coach. 8 (2013).
- [6] Y. Wei, *Analysis of the motive velocities of upper limb in smash, driven clear and drop spike of badminton*, J. Biomech. 25 (1992) 721.
- [7] A. Lees, *What biomechanics can tell the coach?*, in: IV World Coach. Conf., Valencia, 2001: pp. 19-30.
- [8] J. Rantzmayer, H.W. Niesner, *Coming to grips with reality*, World Badm. 15 (1987) 26-27.
- [9] R. van den Tillaar, G. Ettema, *A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball players*, J. Appl. Biomech. 23 (2007) 12.
- [10] H.P. Tang, K. Abe, K. Katoh, M. Ae, *20 Three-dimensional cinematographical analysis of the badminton forehand smash: movements of the forearm and hand*, Sci. Racket Sport. (1995) 113.
- [11] S. Sakurai, T. Ohtsuki, *Muscle activity and accuracy of performance of the smash stroke in badminton with reference to skill and practice*, J. Sports Sci. 18 (2000) 901-914.
- [12] C.L. Tsai, S.S. Chang, *Biomechanical analysis of differences in the badminton smash and jump smash between Taiwan elite and collegiate players*, in: XVI Int. Symp. Biomech. Sport., 1998: pp. 259-262.
- [13] J. Viitasalo, H. Mononen, K. Norvapalo, *Athletics: Release parameters at the foul line and the official result in javelin throwing*, Sport. Biomech. 2 (2003) 15-34.
- [14] M. Kwan, M.S. Andersen, M. de Zee, J. Rasmussen, *Dynamic Model of a Badminton Stroke*, Eng. Sport. 7 (n.d.) 563-571.
- [15] M. Kwan, M. de Zee, J. Rasmussen, *Dynamic effects of badminton racket compliance*, J. Biomech. 41 (2008) S88.
- [16] C. Cohen, B. Darbois-Texier, G. Dupoux, E. Brunel, D. Quéré, C. Clanet, *The Aerodynamic Wall*, Proc. R. Soc. A. (2013).
- [17] N. Tartaglia, Nova Scientia, Venise, 1537.