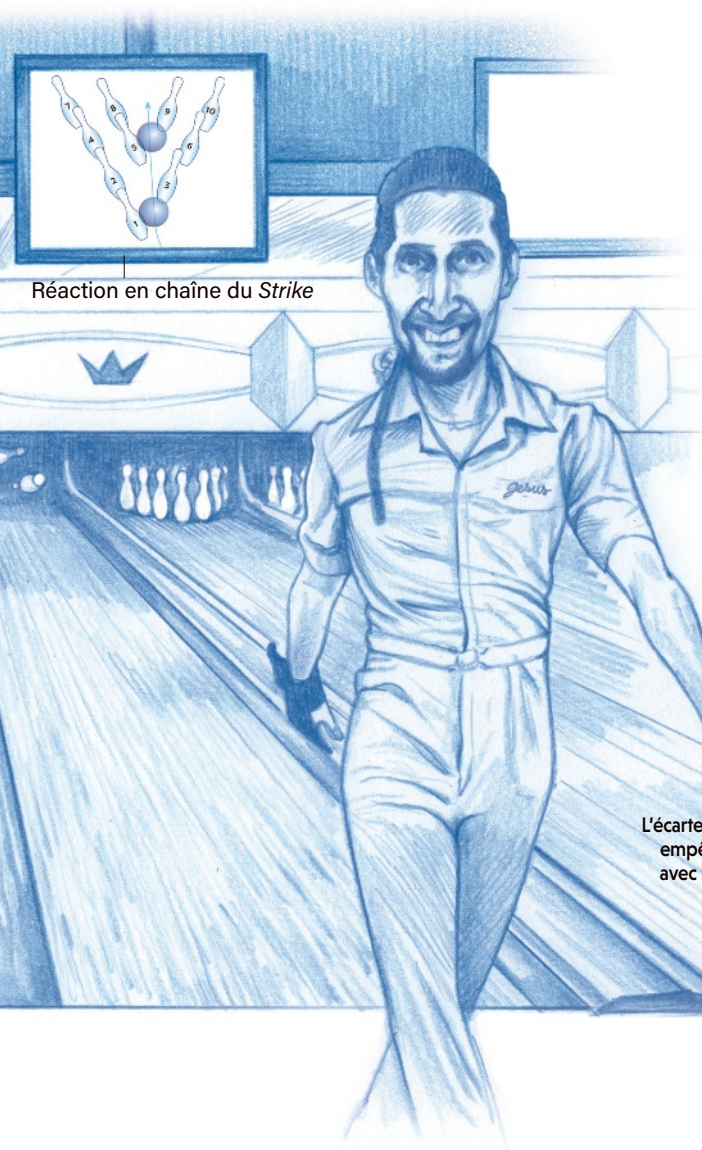
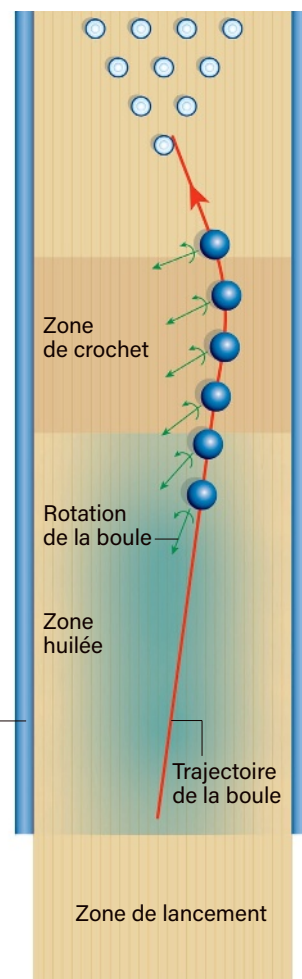




Réaction en chaîne du Strike

LA TRAJECTOIRE IDÉALE

Pour optimiser les chances de *strike* il est préférable d'arriver légèrement de biais sur la quille 1 (schéma ci-contre à gauche). Pour obtenir l'angle optimal de 6° , les experts du bowling donnent lors du lancer une vitesse de rotation importante à leur boule (ci-contre, à droite, en vert). Durant la première partie de la trajectoire, la boule glisse sur la piste car celle-ci est recouverte d'huile (en bleu, avec une intensité de couleur proportionnelle à l'épaisseur d'huile) avec un profil d'huilage qui dépend de l'occasion (amateur, compétition...). Lorsque la boule arrive sur la partie non huilée, les forces de frottement ont pour effet de donner à la trajectoire une forme parabolique, en crochet, et de modifier intensité et direction de la rotation. Dans la dernière partie de la trajectoire, la boule roule et a ainsi une trajectoire rectiligne.



L'écartement des 10 quilles (dans l'écran à gauche) empêche de faire un *strike* en heurtant toutes avec la boule. On y parvient grâce à une réaction en chaîne (dans l'écran à droite) : dans sa chute, chaque quille entraîne une autre située derrière. C'est ce que vient de faire Jesús Quintana, héros du film *The Big Lebowski*, des frères Cohen.

comprise entre 1 531 et 1 645 grammes, celle de la boule doit être nettement supérieure. Plus la boule est légère, plus elle est déviée et ralentie lors des chocs. Le règlement impose que le coefficient de restitution (le rapport entre les vitesses relatives de la quille et de la boule respectivement après et avant la collision) doit être compris entre 65 et 75%. Les bons joueurs préfèrent donc des boules lourdes, mais sans excès : l'impact d'une boule trop lourde sur la piste pourrait l'endommager, nous y reviendrons. Surtout, cela poserait des problèmes de santé avec des efforts excessifs sur l'articulation du poignet. Pour cette raison, la réglementation limite la masse à 16 livres et le choix des joueurs expérimentés se porte vers des boules de 14 à 15 livres (entre 6 et 7 kilogrammes). Ainsi, la déviation

maximale de la direction de la boule lors du choc avec une quille est comprise entre 0 et 10° .

UNE TRAJECTOIRE AUX PETITS OIGNONS

Avec une boule de masse adaptée, le lanceur doit ensuite bien viser afin de frapper la quille 1 par exemple légèrement sur sa droite de sorte que cette quille parte vers la gauche, et se débrouiller pour qu'après la collision la boule soit déviée vers la quille 3 sur sa droite. Si on donne à la boule une trajectoire rectiligne parallèle aux bords de la piste, la zone cible à atteindre fait 1,3 centimètre de largeur (la moitié d'une latte du plancher) : un challenge, même pour les experts.

Comment accroître ses chances de faire un *strike*? La solution est géométrique : atteindre les quilles de biais.

L'expérimentation montre que l'angle d'arrivée idéal est de 6° par rapport à l'axe de la piste. Le problème est que pour y parvenir en lançant la boule en ligne droite, il faudrait se placer au-delà du milieu de la piste d'à côté : l'angle maximal possible atteignable sur une piste donnée, compte tenu de sa largeur et de sa longueur, est de $1,67^\circ$.

Se décaler ne suffit donc pas. Seule option, donner une trajectoire courbe à la boule. Si on fait tourner la boule sur elle-même selon un axe parallèle à l'axe de la piste (de sa position, le joueur

Les auteurs ont notamment publié : **En avant la physique !**, une sélection de leurs chroniques (Belin, 2017).



droitier la voit tourner dans le sens contraire des aiguilles d'une montre), le frottement, solide, entre la boule et la piste provoque une force latérale, régie par les lois de Coulomb: dès qu'il y a glissement entre la boule et la piste, la force de frottement est égale au produit du poids de la boule par le coefficient de frottement entre la boule et la piste. Comme cette force est constante, les lois de la dynamique montrent que la trajectoire de la boule est une parabole, mais dès que le glissement cesse et que la force s'annule, elle devient rectiligne uniforme (à vitesse constante). Dans ces conditions, il est théoriquement possible d'avoir une trajectoire qui s'achève avec les 6° désirés sans que la boule ne sorte de la piste et ne tombe dans les gouttières. Mais la sensibilité de la déviation à la valeur du coefficient de frottement et la brièveté de la phase parabolique, compte tenu des vitesses (de translation et de rotation) qu'on peut donner à la boule, la rendent impossible à obtenir en pratique.

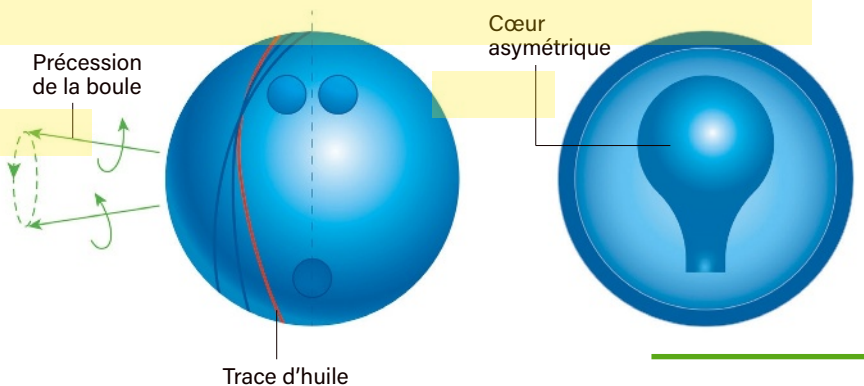
DE L'HUILE, MAIS PAS TROP

C'est là qu'un élément invisible à l'œil non averti intervient: la tête de piste (c'est-à-dire le début) est recouverte d'huile. L'objectif est d'abord de réduire le plus possible la force de frottement lors de l'impact de la boule avec la piste juste après le lancer. Malgré une piste et une boule déjà traitées pour réduire le frottement, sans huile, l'échauffement local atteindrait 500 °C et serait destructeur à la longue. Huiler la piste réduit encore plus les frottements et donc l'échauffement, mais complique alors l'exécution d'une trajectoire courbe. C'est pourquoi la piste n'est pas huilée sur toute sa longueur. En pratique, il existe de très nombreuses façons de répartir l'huile qui rendent le jeu plus facile (on huile plus le milieu que les bords, ce qui rabat les boules vers le centre) ou plus difficile (huilage uniforme sur toute la largeur). Le résultat est que la trajectoire de la boule se déroule en 3 phases: une partie rectiligne, où la boule glisse sur l'huile tout en tournant sur elle-même, puis une trajectoire parabolique (appelée le *hook*, c'est-à-dire le «crochet») sur la piste sèche, et enfin une trajectoire rectiligne, où la boule se met à rouler sans glisser.

Tout semble réglé, mais hélas, le diable se niche dans les détails: durant toute sa trajectoire sur la partie huilée, la

LES SECRETS D'UNE BOULE

Lors de la première phase de la trajectoire, les endroits de la surface de la boule qui entrent en contact avec la piste se recouvrent d'huile (à gauche). Pour éviter que ces surfaces n'entrent à nouveau en contact avec la piste et permettre aux boules d'« accrocher » dès qu'elles atteignent la zone non huilée, celles-ci sont conçues de sorte que leur axe de rotation effectue un mouvement de précession. Pour cela le cœur des boules est constitué d'un noyau, composé d'un matériau dense, qui n'a pas de symétrie sphérique (à droite).



surface de la boule qui entre en contact avec la piste se couvre d'huile. Puisque la boule est animée d'un mouvement de rotation, il s'agit d'un cercle. Mais une fois arrivée sur la partie sèche de la piste, c'est cette même surface qui entre en contact avec le bois: la boule va continuer à glisser et ne va pas aussi bien accrocher que si elle aussi était sèche. Ce n'est que lorsque toute l'huile accumulée se sera redéposée sur la piste que la boule accrochera vraiment.

La solution à cela est de se débrouiller pour que la surface de la boule qui entre en contact avec la piste soit toujours «sèche». Comment? Avec une boule dont l'intérieur n'est pas homogène. Au centre de la boule se trouve un noyau plus dense que le reste et de forme non sphérique. Cela engendre un mouvement de précession: l'axe de rotation de la boule n'est plus fixe. Le résultat est que c'est toujours une portion de surface sèche qui entre en contact avec la piste. Résultat, le *hook* se produit dès que la boule arrive sur la partie sèche de la piste. On trouve toute une diversité de formes de noyaux. Ajoutez à cela les différentes possibilités de revêtement extérieur, de leur état de surface... et vous disposerez d'un choix considérable de boules, que vous soyez expert ou non. De quoi réussir un jeu parfait, soit douze *strikes* consécutifs, et mériter un total... respect! ■

BIBLIOGRAPHIE

C. Frohlich, *What makes bowling balls hook?*, American Journal of Physics, 2004.

D. C. Hopkins et J. D. Patterson, *Bowling Frames: Paths of a Bowling Ball*, American Journal of Physics, 1977.