

huit couché) soit beaucoup plus facile. On apprend à jongler avec trois balles en quelques heures ou en quelques journées, mais avec quatre balles, la durée d'apprentissage atteint plusieurs mois, et il faut parfois plusieurs années pour affiner le toucher et le lancer, jusqu'à devenir capable de jongler avec cinq balles.

Le record mondial du plus grand nombre d'objets avec lesquels on ait jonglé (où chaque objet est lancé et rattrapé au moins une fois, connu sous

le nom de «flash») est de 12 anneaux, 11 balles ou 8 massues. Le record dépend du type d'objets utilisés, parce que la facilité de prise diffère, de même que la marge d'erreur possible afin d'éviter les collisions.

Les limites dans la courbe d'apprentissage

La pesanteur est la principale force que le jongleur doit maîtriser : chaque balle doit être lancée suffisamment haut pour

que le jongleur ait le temps de s'occuper des autres balles. Le temps passé en l'air par une balle est proportionnel à la racine carrée de la hauteur du lancer. La vitesse de lancer – et la hauteur maximale que la balle doit atteindre – augmente rapidement avec le nombre d'objets avec lesquels on jongle.

L'imperfection inévitable des gestes engendre des erreurs de trajectoire et de synchronisation. Si l'on jongle trop bas, les balles sont plus rapprochées, ce qui augmente les risques de collisions. On doit alors lancer et rattraper rapidement les balles, ce qui peut provoquer des erreurs. Inversement, si on lance les balles plus haut, on dispose de plus de temps pour éviter ou corriger les erreurs, mais les erreurs sont amplifiées. Pour des lancers de quelques mètres seulement, une erreur de deux ou trois degrés sur la direction du lancer provoque une erreur de 30 centimètres sur le point de retom-



2. LA PLUS ANCIENNE REPRÉSENTATION DE JONGLEURS connue a été retrouvée dans la tombe du prince Beni Hassan XV, qui régna sur le Moyen Empire d'Égypte au XVIII^e siècle avant notre ère.

Les mathématiques de la jonglerie

L'une des méthodes utilisées par de nombreux jongleurs pour résoudre les figures qu'ils exécutent est la notation d'échange de position inventée aux alentours de 1985 par Paul Klimek et Michael Day. L'échange de position est une notation compacte qui représente l'ordre dans lequel les objets sont lancés et rattrapés dans chaque cycle de jonglerie, partant du principe que les lancers surviennent selon des rythmes qui sont espacés de manière égale dans le temps.

Considérons, par exemple, la cascade à trois balles. La première balle est lancée aux temps 0, 3, 6..., la deuxième aux temps 1, 4, 7..., et la troisième aux temps 2, 5, 8... La notation d'échange de position utilise le temps entre les lancers de chaque balle pour caractériser la figure. Dans cette cascade, le délai entre les lancers de toute balle est de trois temps, donc son échange de position est 3333..., ou juste 3. La notation de la figure nommée douche (première balle 0, 5, 6, 11, 12..., deuxième balle 1, 2, 7, 8, 13..., troisième balle 3, 4, 9, 10, 15...) se compose de deux chiffres, 51, où 5 se rapporte à la durée du lancer haut, et 1 au temps nécessaire pour faire passer la balle d'une main à l'autre dans la partie inférieure de l'arc de cercle. D'autres échanges de positions à trois balles sont 441, 45141, 531 et 504 (un 0 représente un repos, où aucun rattrapage ni aucun lancer n'est effectué).

La manière la plus aisée de développer l'échange de position pour comprendre la façon dont les balles sont véritablement lancées est de tracer un diagramme de demi-cercles sur une ligne de temps numérotée. Les points correspondant aux nombres pairs sur la ligne représentent les lancers de la main droite, les nombres impairs les lancers de la main gauche.

Par exemple, considérons l'échange de position 531. Écrivons les nombres 5, 3 et 1 plusieurs fois de suite, chaque nombre étant inscrit sous le point suivant de la ligne numérotée en partant de 0 (voir le schéma supérieur de l'encadré, page ci-contre). Le nombre situé au-dessous du point 0 est 5 ; à partir de là, on trace un demi-cercle de cinq unités dont le diamètre va jusqu'au point 5, qui repré-

sente un lancer assez haut pour passer cinq unités de temps en l'air. Le nombre au-dessous du point 5 étant un 1, on trace un demi-cercle de diamètre 1 du point 5 au point 6. Comme le point 6 correspond au nombre 5, le prochain demi-cercle va du point 6 au point 11. On obtient ainsi le trajet dans le temps de la première balle, qui est la même que la balle dans la figure douche 51, décrite précédemment. On répète le procédé à partir des points 1 et 2, afin de trouver le trajet des deux balles restantes. Le résultat est que les première et troisième balles se déplacent toutes les deux selon une figure douche, mais dans des directions opposées, et la deuxième balle serpente entre les deux douches dans un rythme correspondant à une cascade. Si l'on exclut cette dernière balle, on obtient le simple échange de position à deux balles.

Toutes les séquences de nombres ne peuvent pas être traduites en véritables figures de jonglerie. Par exemple, dans la séquence 21, les deux balles atterrissent simultanément dans la même main (bien que des variantes plus compliquées de notation d'échange de position permettent que plus d'une balle soit lancée ou rattrapée en même temps, une prouesse que les jongleurs appellent multiplexage).

La notation d'échange de position a permis l'invention de certaines figures qui deviennent progressivement populaires, parce qu'elles sont spectaculaires, comme la figure 441, ou parce qu'elles sont utiles pour la maîtrise d'autres tours, comme la figure à quatre balles 5551 en tant que prélude à l'apprentissage de la cascade à cinq balles. Plusieurs programmes informatiques animent des échanges de positions arbitraires et identifient les figures réalisables. De tels programmes permettent aux jongleurs de visualiser une figure avant de s'y essayer, ou simplement de jeter un coup d'œil à des figures impossibles à réaliser par un être humain.

Les chaînes de nombres qui se dégagent des figures réalisables possèdent des propriétés mathématiques étonnantes. Par exemple, le nombre de balles nécessaires pour une figure particulière est égal à la moyenne numérique des nombres de la séquence d'échange de position. Ainsi la figure 45141 nécessite l'emploi de $(4 + 5 + 1 + 4 + 1)/5$,