

bée.

Le théorème de Shannon résume les contraintes temporelles de la jonglerie, définissant les relations qui existent entre les moments où les mains sont vides ou pleines, et le temps que chaque balle passe en l'air : avec plus de balles, on a moins de liberté pour varier la rapidité de la figure, et, quand on jongle avec un grand nombre de balles à une certaine hauteur, une variation minime de la vitesse de lancer détruit la figure que l'on souhaite exécuter.

Les spécialistes de la psychomotricité ont étudié comment les jongleurs coordonnent leurs bras pour bouger en rythme et à la même fréquence, malgré toutes ces contraintes. Ils empruntent notamment des concepts à la théorie mathématique des oscillateurs couplés (voir *Oscillateurs couplés et synchronisation biologique*, par Steven Strogatz et Ian Stewart, *Pour la Science*, février 1994).

Le phénomène principal de l'oscillation couplée est la synchronisa-

tion : la tendance de deux membres à se mouvoir à la même fréquence. Le type particulier de coordination manifesté par les mains en train de jongler dépend de la figure réalisée. Dans la cascade, par exemple, le croisement des deux balles entre les mains requiert que l'une des mains attrape à la même cadence que l'autre main lance une balle. Les mains travaillent en alternance : une main attrape une balle après que l'autre en a lancé une.

En revanche, la figure de la fontaine (quatre balles, deux par main) peut être exécutée de deux manières : en lançant (et en attrapant) les balles simultanément avec les deux mains (synchrone) ou bien en lançant une balle avec une main et en rattrapant une autre balle avec l'autre main en même temps (asynchrone). En principe, on peut exécuter la fontaine avec des fréquences différentes pour chaque main, mais cette coordination est difficile en raison de la tendance des membres à se

synchroniser.

Quelles sont les contraintes physiques et temporelles de la jonglerie? Un modèle réaliste doit aussi inclure au moins trois facteurs, qui compliquent la prise en compte de ces contraintes. Tout d'abord, l'oscillation de la main qui jongle n'est pas uniforme, parce qu'elle contient une balle pendant seulement une partie de son mouvement. D'autre part, la nécessaire précision du lancer et du rattrapage n'est obtenue qu'au prix de modifications des mouvements. Enfin, la synchronisation se fonde sur une combinaison d'informations visuelles, sensibles et mémorielles.

Ces trois facteurs rendent les figures de jonglerie variables : même chez un jongleur chevronné, deux lancers ou deux rattrapages ne sont jamais identiques. L'analyse de cette variabilité fournit des indications précieuses sur la stratégie générale qui permet d'exé-

c'est-à-dire trois balles. Le nombre d'échanges de positions réalisables qui sont longs de n chiffres en utilisant b balles (ou moins) est b à la puissance n . Malgré sa simplicité, la formule a été étonnamment difficile à prouver. La théorie des échanges de positions ne parvient pas à décrire aussi complètement que possible toutes les figures de jonglerie possibles, parce qu'elle prend uniquement

en compte l'ordre dans lequel les balles sont lancées et rattrapées. Elle ignore d'autres aspects de la jonglerie, tels que la situation et le style de lancers et de rattrapages. Un grand nombre des figures les plus populaires, comme le lancer d'une balle au-dessous de la jambe ou derrière le dos, font partie d'une cascade normale et possèdent la même notation d'échange de position.

