

en tour (voir l'encadré page précédente). Pour éviter cette torsion et la compenser, les *ropers* font rouler le haut de la corde entre leurs doigts.

Cet aspect maîtrisé, nous pouvons reprendre les tentatives pour exécuter la figure. Nouveau problème: la boucle fond jusqu'à disparaître. Pourquoi? Parce que dans le tour de la boucle plate, la corde est soumise à deux forces antagonistes: son poids, qui la fait pendre verticalement et réduit le diamètre de la boucle, et la force centrifuge, qui écarte la corde de l'axe de rotation, la tend et augmente le diamètre de la boucle. Pour maintenir constante la taille de la boucle, il faut donc assurer un équilibre entre ces deux forces. Est-ce aisé? Pour le comprendre, comparons le poids de la boucle et la tension dans la corde.

FORCE CENTRIFUGE, TENSION ET POIDS

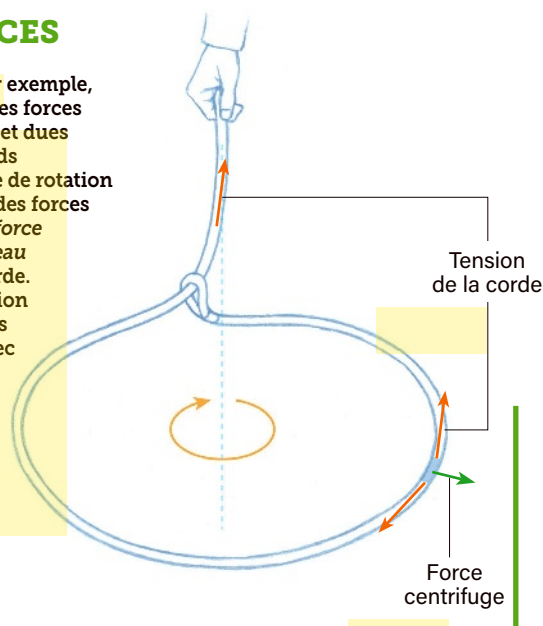
En étudiant l'équilibre dans un anneau de corde en rotation, on montre que la tension de la corde est égale au produit de la masse par unité de longueur de la corde et du carré de sa vitesse linéaire. Le poids de l'anneau de corde est égal au produit de sa masse par l'accélération de la pesanteur. En exigeant l'équilibre de ces deux forces, on estime la vitesse de rotation de la corde en fonction du rayon de la boucle. Pour la corde de 4,6 mètres de long dont la boucle en occupe 80%, on obtient une vitesse de rotation de 1,6 tour par seconde. Un chiffre que confirment les simulations numériques effectuées sur un modèle complet de la corde.

Cette vitesse minimale nécessaire, déjà significative, augmente lorsqu'on réduit le diamètre de la boucle et nécessite alors un bon contrôle du mouvement du poignet. Cela explique l'erreur majeure de tous les débutants, qui commencent avec une boucle trop petite. La tentation est alors grande de travailler avec une boucle de taille fixe en empêchant la corde de glisser dans le honda. Ce dispositif, que nous n'osons pas appeler «lasso», a été riche en enseignement, comme l'a montré l'étude de Pierre-Thomas Brun et ses collègues, physiciens à l'université Paris-Sud et à Sorbonne Universités, en 2014.

Les simulations et les expériences réalisées avec un robot montrent un comportement intéressant nommé «bifurcation». À très faible vitesse, la corde reste pendue selon la verticale. À partir d'une certaine vitesse de rotation, cette solution devient instable. Selon la longueur de la boucle, deux formes peuvent alors

ÉQUILIBRE DE FORCES

Dans le tour de la boucle plate, par exemple, il doit s'établir un équilibre entre les forces centrifuges agissant sur la boucle et dues à sa rotation sur elle-même, le poids de la corde et sa tension. La vitesse de rotation de la boucle détermine l'intensité des forces centrifuges (on a représenté ici la force centrifuge s'exerçant sur un morceau de corde), donc la tension de la corde. Et au niveau de la main, cette tension doit quasiment compenser le poids de la corde. On calcule ainsi qu'avec une corde longue de 4,6 mètres et dont la boucle représente 80 %, la vitesse de rotation à imprimer à la boucle est d'environ 1,6 tour par seconde.



émerger. Pour les boucles courtes, la corde prend une forme incurvée, dite «coudée», où la boucle demeure fermée mais se redresse dans le plan horizontal. Lorsque la boucle est plus grande, la corde prend la configuration dite «cintre», le bout de corde libre étant vertical et la boucle s'ouvrant selon une forme ovale dans le plan vertical. Quelle que soit la forme prise, si l'on augmente encore la vitesse de rotation, on obtient *in fine* la figure de la boucle plate.

Quelles sont les conséquences de la libération de la corde au niveau du honda? Il subsiste un peu de frottement de la corde sur elle-même, qui permet justement de stabiliser la taille de la boucle. Cependant, comme il s'agit d'un frottement solide, il y a un effet de seuil, comme lorsqu'on pousse une caisse sur le sol: il y a mouvement uniquement si l'on exerce une force horizontale suffisante.

La prise en compte de cela a des conséquences importantes sur la réalisation d'une boucle plate. Si la boucle est trop petite, moins de 73 % de la longueur de la corde, il est impossible de la stabiliser quelle que soit la vitesse de rotation: elle rétrécit systématiquement. Si la boucle est bien grande (plus de 80 % de la longueur de la corde), la stabilisation est possible, mais dans un domaine assez étroit de vitesses de rotation, typiquement entre 1,4 et 1,7 tour par seconde. Ces deux éléments viennent confirmer que la maîtrise du lasso est effectivement une tâche difficile! ■

BIBLIOGRAPHIE

P.-T. Brun, N. Ribe et B. Audoly, **An introduction to the mechanics of the lasso**, *Proceedings of the Royal Society A*, vol 470, article 20140512, 2014.

C. Bunks, **The Lasso. A Rational Guide to Trick Roping**, 1996 (<http://www.juggling.org/books/lasso/>).