

LES AUTEURS



JEAN-MICHEL COURTY et ÉDOUARD KIERLIK
professeurs de physique à Sorbonne Université, à Paris

L'ASCENSION DE LA CHAÎNE FONTAINE

Une longue chaînette glissant hors d'un bocal suspendu au-dessus du sol se soulève spontanément. Le phénomène a intrigué les physiciens, qui ont fini par le comprendre.

En 2013, une vidéo de Steve Mould, un présentateur anglais d'émissions scientifiques, est devenue rapidement virale. Qu'y voit-on ? Une longue chaînette quitte un récipient surélevé pour s'écouler vers le sol ; très vite, elle s'élève au-dessus du bord du récipient sans le toucher, au lieu de glisser contre lui comme le fait une simple corde (voir la figure ci-contre). Ce phénomène inattendu a provoqué la surprise du public... et interrogé les physiciens : d'où provient la force qui fait monter la chaînette ?

UNE POUSSEE INATTENDUE EXERCÉE PAR LE RÉCIPIENT

La réponse est troublante : c'est le récipient, pourtant immobile, qui projette la chaînette vers le haut ! Comme nous le verrons, la vidéo d'une brique de bois propulsée vers le haut grâce à un tir

de carabine confirme cette explication et permet de mieux saisir les mécanismes à l'œuvre.

Cherchons d'abord à reproduire l'expérience avec la chaînette. Les premiers résultats ont été obtenus avec des chaînettes en métal, semblables à celles qui retiennent les bondes d'évier.

Dans ce cas, de petites boules métalliques sont reliées entre elles par de petites tiges. L'ensemble de la chaîne reste souple, même si les segments qui la constituent sont parfaitement rigides. On place la chaîne dans un bocal et l'on fait pendre l'une de ses extrémités par-delà le bord, avec assez de longueur pour que la chaîne soit entraînée progressivement hors du récipient sous l'effet de son propre poids.

Après quelques instants, et notamment après que l'extrémité a touché le sol, un « régime permanent » s'établit : la chaîne s'élève au-dessus du récipient en formant

une arche et quitte le bocal à vitesse constante. La force motrice de ce phénomène est le poids de la partie de la chaîne qui se trouve en l'air entre le bocal et le sol. Elle est donc constante et d'autant plus grande que le bocal est surélevé.

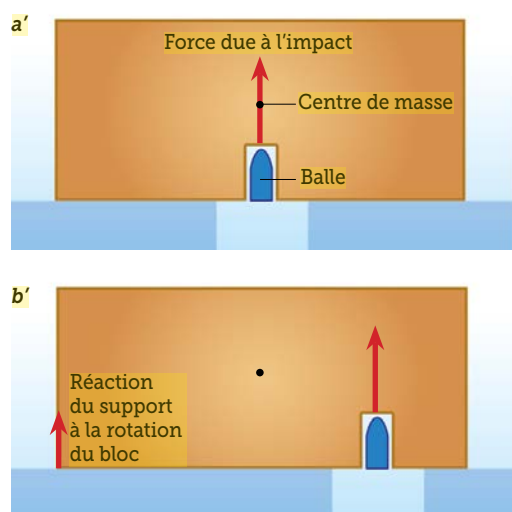
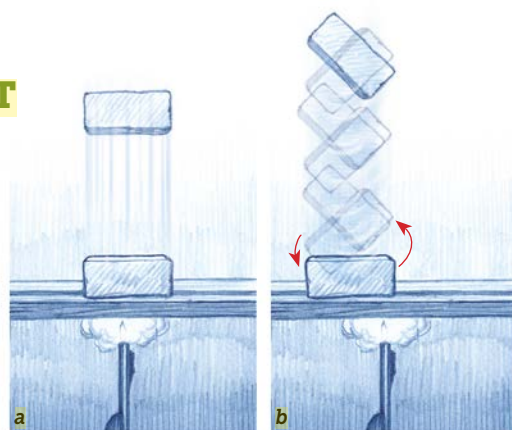
On constate ainsi que plus on soulève le bocal, plus la chaîne le quitte rapidement et plus la hauteur de l'arche est importante, selon une loi grossièrement proportionnelle. De plus, lorsqu'on incline le récipient, la chaîne s'échappe non plus selon la verticale, mais en faisant un angle par rapport à l'horizontale.

Effectuons un premier bilan des forces en jeu lorsque le dispositif est en

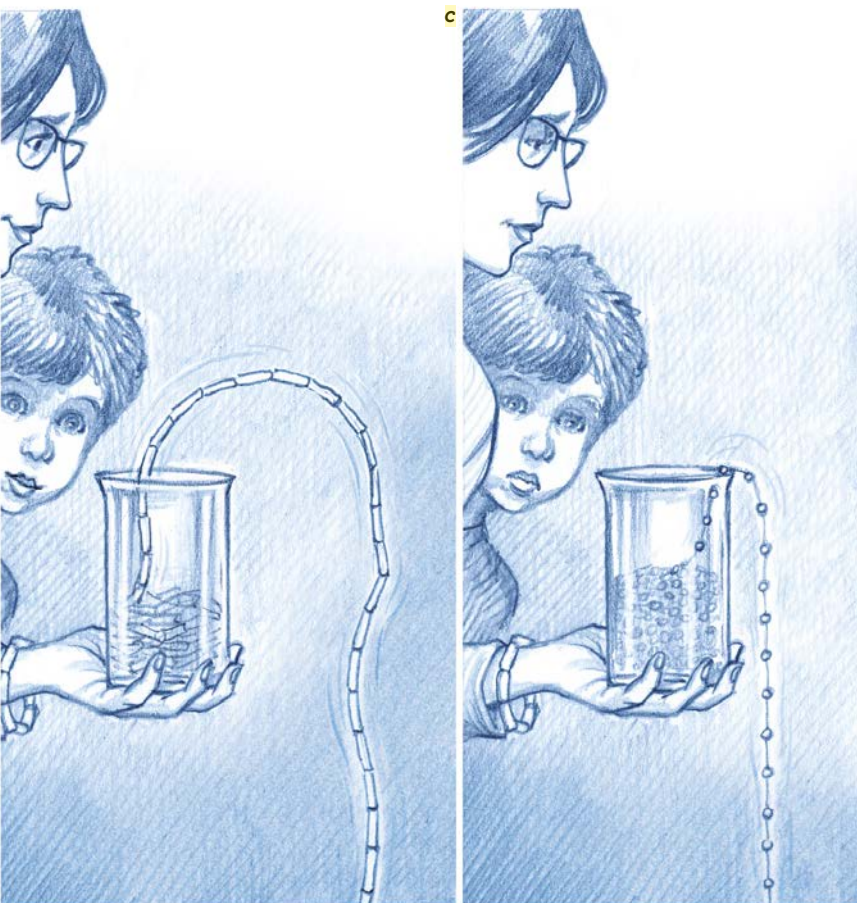


LE COUP DE POUCE DU SUPPORT

Une expérience simple montre que la force de réaction exercée sur un objet par son support fournit parfois un supplément de vitesse. On tire une balle verticalement dans un bloc de bois posé sur une planche, soit de façon centrée (a et a'), soit assez loin du centre de masse du bloc (b et b'). Dans ce dernier cas, la force due à l'impact de la balle exerce un couple qui fait tourner le bloc sur lui-même. Mais au début, cette rotation est bloquée au niveau de l'arête de gauche : le bloc bute sur le support et rebondit sur lui, ce qui lui procure un élan supplémentaire. De ce fait, le bloc monte en l'air plus haut que si le tir était centré.



Une chaînette formée de segments métalliques articulés (a) ou de macaronis enfilés (b) se déverse en formant au-dessus du bocal une arche surélevée. L'effet ne se produit pas avec une chaînette moins rigide (c) ou une corde.



régime permanent. Les parties de la chaînette posées dans le bocal ou sur le sol sont entassées et ne présentent aucune tension; elles ne sont donc soumises qu'à leur poids, lequel est compensé par la réaction du support.

Pour la partie de la chaîne en mouvement, il paraît raisonnable de supposer qu'elle ne subit que son poids, qui tire et met en mouvement les segments initialement immobiles par l'intermédiaire de la tension, et la force de réaction du bord du bocal. Mais un calcul rapide montre alors que la chaîne ne saurait s'élever.

Pour interpréter l'expérience, il faut donc faire intervenir une poussée

supplémentaire, que seul le fond du récipient peut exercer. Mais par quel mécanisme?

LA RIGIDITÉ LOCALE JOUE UN RÔLE ESSENTIEL

Comme on peut aisément le vérifier, l'effet disparaît lorsqu'on utilise une corde ou un fil, qui restent appuyés sur le bord en se dévidant. On suspecte donc que la rigidité locale ou l'aspect composite de la chaîne jouent un rôle. Lequel?

Le physicien anglais John Biggins, de l'université de Cambridge, a vérifié que si l'on relie des billes de métal par des fils souples, aucune élévation ne se produit.

En revanche, si l'on enfle des pâtes de type macaronis le long d'un fil de nylon, expérience que chacun peut reproduire dans sa cuisine, l'effet subsiste, bien qu'il soit moins spectaculaire, sans doute parce que les pâtes n'ont pas l'élasticité, et donc la capacité de rebond, du métal. Cela nous incite à examiner de plus près l'effet de la rigidité des segments.

Une expérience *a priori* sans grand rapport a permis d'y voir plus clair. Il >

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

