

> entrelacs placés en dessous; en outre, l'énergie libérée par bâtonnet est suffisante pour que l'onde ne soit pas perturbée par des bâtonnets retombés au hasard sur la structure.

La plupart de ces bombes de bâtonnets ont été inventées au début des années 1980 par l'Américain Timothy Fort, plus connu sous son surnom de Kinetic King. La structure la plus populaire qu'il a créée est l'«entrelacement cobra».

Pour tous les autres entrelacements, l'onde de destruction ne conduit qu'à la projection désordonnée des bâtonnets. Pour l'onde cobra, la structure se plie, se soulève et prend une forme caractéristique qui se propage comme un ébranlement le long d'une corde, en laissant derrière elle chaos et destruction. Ce phénomène tient au fait que l'entrelacement cobra définit un sens privilégié le long de la structure.

Pour le comprendre, considérons d'abord la situation élémentaire d'un bâtonnet immobilisé par trois autres: deux à ses extrémités, qui passent dessous, et un à son milieu, qui passe dessus. Quand on enlève l'un des bâtonnets extrêmes, on a un puissant effet de levier qui propulse et éjecte le bâtonnet considéré vers le bas, c'est-à-dire dans la direction d'appui du bâtonnet central. Par réaction, la structure subit une force vers le haut.

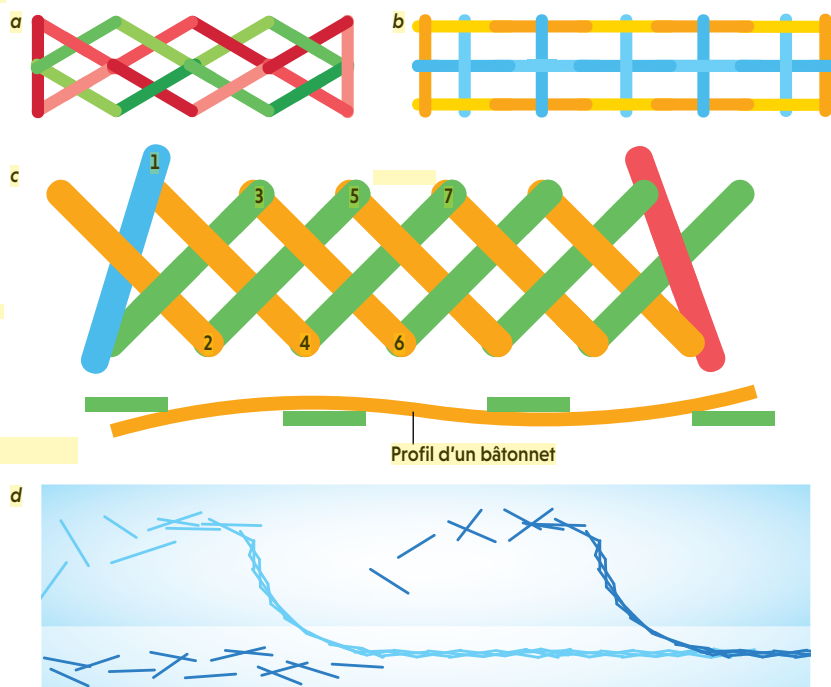
Si l'on prend, posée à plat, une structure comme celle obtenue en additionnant les carrés (nommée *ortho weave*, ou entrelacement orthogonal, voir l'encadré ci-contre, figure b) et qu'on la déstabilise en lui soustrayant un bâtonnet, on comprend qu'à cause de l'alternance des dessus-dessous, la moitié des bâtonnets seront propulsés vers le haut et l'autre moitié vers le bas. Aucune direction n'est privilégiée et la poussée moyenne exercée sur la structure par les bâtonnets éjectés est nulle.

UNE ONDE DE SOULÈVEMENT ET DE DESTRUCTION

Observons maintenant la structure de l'entrelacement cobra (figure c ci-dessus). Chaque bâtonnet est, cette fois, immobilisé par quatre autres, avec des appuis aux extrémités dans des sens opposés, mais tels que les extrémités de gauche (respectivement de droite) de tous les bâtonnets sont poussées dans le même sens, vers le bas (respectivement le haut) sur la figure. Conséquence: tous les bâtonnets sont projetés dans la même direction lorsque la structure se détruit, vers le bas si l'on déstabilise la structure à partir de la gauche. Ainsi, la poussée moyenne

DESTRUCTION AVEC OU SANS ONDE COBRA

Dans des structures telles que celles dessinées en a et b, l'entrelacement des bâtonnets présente une symétrie par rapport à l'axe transversal passant par le milieu de la tresse. Dans un tel cas, le retrait de l'un des bâtonnets déstabilise la construction de telle façon que les bâtonnets sont éjectés en tous sens. La situation est différente avec la structure représentée en c, où l'entrelacement présente un sens privilégié. Détaillons ce qui se passe lorsqu'on retire le bâtonnet 1 (en bleu). Le bâtonnet 2 n'est alors plus tenu que par les bâtonnets 3 et 5, qui font levier; l'extrémité gauche du bâtonnet 2 se redresse et est propulsée avec force vers le bas; le bâtonnet est ainsi éjecté. Le bâtonnet 3 se retrouve alors dans la même situation: il n'est plus tenu que par deux bâtonnets, les numéros 4 et 6. Il est à son tour propulsé vers le bas puis éjecté. Et ainsi de suite. Lorsque la structure est posée sur le sol, l'éjection se fait avec un appui sur le sol: les bâtonnets rebondissent, ce qui contribue à soulever la structure, et l'onde cobra (représentée en d à deux instants successifs) se constitue ainsi.



exercée sur la structure n'est plus nulle et, dans le cas où l'on déstabilise la structure à gauche, la force subie est vers le haut et la structure se soulève.

Pourquoi cela donne-t-il naissance à un ébranlement de forme caractéristique et comment les propriétés de l'onde sont-elles reliées à celles des bâtonnets et à leur agencement? Cette question difficile a intéressé récemment plusieurs équipes de physiciens (voir la bibliographie). Le lecteur curieux constatera que leurs conclusions diffèrent sur plusieurs points, notamment sur la relation entre la vitesse de l'onde et les dimensions des bâtonnets ou la vitesse d'éjection de ces derniers. L'onde cobra n'a manifestement pas encore révélé tous ses secrets. ■

BIBLIOGRAPHIE

J.-P. Boucher et al., **Popsicle-stick cobra wave**, *Physical Review Letters*, vol. 119, article 084301, 2017.

J. Sautel et al., **The physics of a popsicle stick bomb**, *American Journal of Physics*, vol. 85, pp. 783-790, 2017.

De nombreuses vidéos spectaculaires sont visibles sur Internet, par exemple : www.youtube.com/watch?v=GtnZc1dujgg