

Instabilité de vrillage et génération de courbure chez les plantes à vrilles

Émilien Dilly¹, Julien Derr², Sébastien Neukirch³, Dražen Zanchi¹

¹ Laboratoire MSC, Université Paris Cité, 10, rue Alice Domon et Léonie Duquet, 75013 Paris

² Laboratoire Reproduction et Développement des Plantes, École Normale Supérieure de Lyon, 15, parvis René Descartes, 69342 Lyon

³ Institut Jean Le Rond d'Alembert - Sorbonne Université, 4, Place Jussieu 75252 Paris Cedex 05

emilien.dilly@etu.u-paris.fr

Les plantes à vrilles, telles que les cucurbitacées (concombre, courgette, bryone), la vigne ou la passiflore, sont pourvues d'organes filiformes spécialisés, les vrilles, qui leur permettent de s'accrocher et de grimper. Après s'être attachée, par le biais d'une croissance différentielle sur sa section, la vrille continue de se courber. À une courbure critique, la tige droite devient instable, une connexion hélicoïdale se forme (voir fig 1.a.). C'est l'instabilité de vrillage.

Pour reproduire cette instabilité, une expérience simple consiste à prendre une tige hélicoïdale élastique, la dérouler et la tirer de manière à la rendre droite. En rapprochant les deux extrémités, deux hélices de chiralités opposées apparaissent, reliées par une connexion appelée perversion (fig. 1.b). L'analyse non linéaire des équations de Kirchhoff pour les tiges inextensibles a démontré que cette instabilité de vrillage se manifeste à une valeur de tension axiale imposée finie [1]. Nos travaux rapportent des résultats sur la génération de ces perversions dans les tiges hélicoïdales en élastomère. Nous établissons expérimentalement et théoriquement un diagramme d'existence de tels objets en fonction de la rotation et de l'élongation imposées à la tige, en confirmant notamment le critère d'instabilité de vrillage [2].

Contrairement aux tiges en élastomère, chez les plantes, l'instabilité de vrillage est induite non pas par la réduction de la force axiale imposée aux extrémités, mais par la génération de courbure due à la croissance différentielle. Nous modélisons la dynamique du vrillage par un système bilame avec une lame en croissance et l'autre de longueur constante, la croissance étant elle-même sensible aux contraintes internes et donc à la tension imposée à ses extrémités. En imposant une force constante à la vrille et en suivant sa géométrie, nous décrivons la dynamique du vrillage et nous montrons l'existence d'une tension critique à partir de laquelle la vrille ne vrille plus. Nous expliquons cette observation à l'aide du critère d'instabilité mentionné précédemment et d'une loi phénoménologique de mécanosensibilité de la croissance.

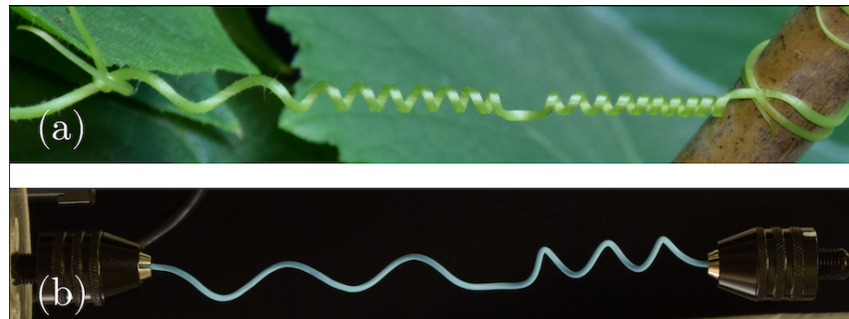


Figure 1. (a) Vrille de concombre présentant deux motifs hélicoïdaux reliés par une perversion (b) Tiges en élastomère avec perversion

[1] Tyler McMillen and Alain Goriely, *J. Nonlinear Sci.* 12, 241 (2002).

[2] Émilien Dilly, Sébastien Neukirch, Julien Derr, and Dražen Zanchi *Phys. Rev. Lett.* 131, 177201