



Des spirales de bulles

Les auteurs ont découvert ce motif par hasard en expérimentant avec une huile de silicone de haute viscosité (30 000 centistokes), à un débit élevé (0,14 millilitre par seconde) et à de faibles hauteurs de chute (3 à 4 centimètres). Les spirales ont toujours cinq branches. Elles naissent parce que le centre de l'enroulement n'est pas fixe, mais décrit un cercle. Aux points de croisement entre les boucles successives du filament liquide qui s'enroule, des bulles d'air sont facilement piégées. La position des points de piégeage migre lentement autour d'un cercle tandis que les bulles précédentes sont entraînées radialement par le fluide qui s'étale. Les spirales résultent de la combinaison de ces deux mouvements.

par un bilan de forces différent (voir l'encadré page 32).

Ayant déterminé les grands types d'enroulements, nous pensions avoir brossé un tableau assez complet – à tort. Des expériences complémentaires, menées à titre exploratoire et sans idées préconçues, ont révélé des phénomènes nouveaux et remarquables.

Le premier est l'apparition de magnifiques ondes spirales de bulles d'air dans la mince couche de fluide qui s'écarte du filament en train de s'enrouler (voir la photographie ci-dessus). Elles se forment quand les boucles successives du filament sont légèrement décalées l'une par rapport à l'autre, piégeant de petites poches d'air. Mais nous ne comprenons toujours pas ce qui confère à ces spirales leur forme précise, ni pourquoi elles ne se créent que dans une plage étroite de valeurs de la viscosité, du débit et de la hauteur de chute du fluide.

Nous avons également joué avec des huiles de silicone de viscosité beaucoup plus faible. Ces fluides s'enroulent beau-

coup plus rapidement (jusqu'à 2 000 fois par seconde) et il nous a donc fallu des caméras rapides pour enregistrer leur comportement. Les fluides peuvent s'enrouler et même se plier de façons bien plus complexes (voir l'encadré page 34). Un état donné persiste longtemps en l'absence de perturbation, mais bascule soudainement dans un autre si l'on donne au dispositif un petit coup bien sec.

Dans toutes les expériences décrites ci-dessus, le fil de liquide tombait sur une surface immobile. Mais d'autres effets peuvent apparaître si la surface et la source de liquide sont en mouvement relatif, comme ont pu l'observer l'artiste américain Jackson Pollock avec ses tableaux d'*action painting* ou les fabricants de textiles avec des fils de polymère fondu.

Couler sur un tapis roulant

En 2006, à l'Université de Cambridge en Grande Bretagne, nos collègues Keith Moffat, Sunny Chiu-Webster et John Lister ont étudié ces situations en utilisant une sorte de « machine à coudre du fluide ». Ce dispositif extrude un filament de fluide visqueux sur un tapis qui roule horizontalement à vitesse constante. À grande vitesse, le fil tiré laisse une trace rectiligne sur le tapis. Mais quand le tapis avance plus lentement, des motifs irréguliers plus complexes émergent : des méandres, des boucles qui alternent, des doubles enroulements et même une forme en W.

Nous avons encore beaucoup de chemin à faire avant de comprendre parfaitement les cordes liquides. L'une des grandes priorités est de comprendre le mécanisme qui engendre les ondes spirales de bulles. Pourquoi le centre de l'enroulement se met-il à décrire une trajectoire distincte ? Un autre objectif est de modéliser l'enroulement secondaire complexe qui se produit dans les fluides de faible viscosité.

Nous projetons aussi d'étendre notre exploration à des systèmes plus exotiques, notamment des fluides complexes qui réagissent de façon inhabituelle aux forces appliquées, ainsi que des fluides électriquement chargés qui s'enroulent à des échelles micrométrique ou nanométrique dans un champ électrique. À en juger par nos expériences passées, bien d'autres surprises nous attendent. ■

■ SUR LE WEB

Instructions pour réaliser vos propres expériences et des liens vers des vidéos d'enroulements de cordes liquides : ScientificAmerican.com/feb2014/coils

■ BIBLIOGRAPHIE

A. Javadi et al., *Delayed capillary breakup of falling viscous jets*, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 110, 144501, 2013.

N. M. Ribe, M. Habibi et D. Bonn, *Liquid rope coiling*, *Annual Review of Fluid Mechanics*, vol. 44, pp. 249-266, 2012.

P.-Th. Brun, *Dynamique des filaments élastiques et visqueux*, thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, 17 septembre 2012.

A. Herczyński et al., *Painting with drops, jets, and sheets*, *Physics Today*, vol. 64, pp. 31-36, juin 2011.

Mieux traiter le glaucome

Christophe Baudouin, Alexandre Denoyer et William Rostène

Les traitements actuels de cette maladie de l'œil ont leurs limites. Mais de nouvelles pistes se dessinent pour les améliorer et pour en proposer d'autres, qui agiraient à un stade plus précoce.

Le glaucome est l'une des maladies graves de l'œil les plus fréquentes. Deuxième cause de cécité dans le monde après la cataracte, il touche 50 à 60 millions de personnes, dont 6 à 7 millions sont aveugles. On estime qu'environ 800 000 personnes sont traitées en France pour un glaucome, mais que 400 000 à 500 000 autres présentent cette maladie sans le savoir.

Le glaucome est en effet une pathologie sournoise que l'on ne ressent en général pas : il est souvent indolore et atteint la vision de façon progressive, en commençant par les côtés. Ce n'est que dans les formes tardives, très avancées, que l'on se rend compte d'un déficit visuel menaçant. En revanche, la perte de vision est définitive : lorsque la vision centrale est atteinte, le handicap visuel est majeur et irréversible. Ainsi, seul un dépistage systématique passé la quarantaine permet le diagnostic et, donc, une réponse thérapeutique précoce et adaptée.

Le glaucome est une neuropathie optique, c'est-à-dire une maladie qui détruit le nerf optique. Dans la plupart des cas, cette

destruction est causée par une surpression oculaire chronique. Aujourd'hui, les traitements médicamenteux – qui constituent la première thérapie, avant le laser et la chirurgie – se bornent à réduire la pression oculaire afin d'éviter la neuropathie optique ou d'empêcher sa progression vers la cécité. Mais ces traitements – des gouttes instillées dans l'œil – ont leurs limites, car, utilisés sur le long terme, ils peuvent endommager la surface oculaire.

Depuis quelques années, l'amélioration de ces traitements est ainsi devenue un enjeu scientifique et pharmacologique de premier plan. Parallèlement, une meilleure compréhension des mécanismes en jeu dans la survenue du glaucome ouvre de nouvelles perspectives pour traiter de façon précoce la pathologie, voire pour la faire régresser. Du dépistage, toujours plus précis, aux nouvelles pistes de traitement, voici les dernières avancées thérapeutiques dans la prise en charge de cette maladie.

Il existe deux grandes familles de glaucomes selon l'anatomie de l'œil, et plus particulièrement de l'angle iridocornéen – la structure formée par la cornée

L'ESSENTIEL

- Deuxième cause de cécité dans le monde, le glaucome est une destruction progressive du nerf optique liée à une surpression oculaire.
- Les traitements visant à réduire la pression oculaire sont la première ligne thérapeutique, avant les lasers et la chirurgie.
- Mais leur administration au long cours peut endommager la surface oculaire, notamment à cause des conservateurs.
- De nouvelles approches offrent des pistes pour éliminer les conservateurs ou pour cibler les causes de surpression oculaire.