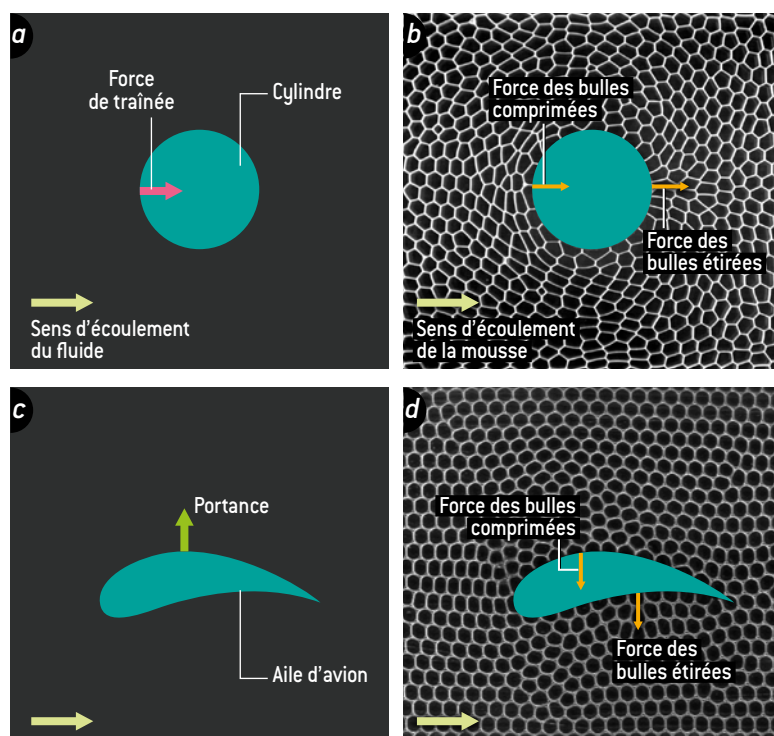


UNE MOUSSE QUI S'ÉCOULE NE SE COMPORTE PAS COMME UN FLUIDE



Les chercheurs ont comparé le comportement d'un fluide (air ou eau) et d'une mousse lors d'un écoulement face à un obstacle. Si l'obstacle est un cylindre (le pilier d'un pont ou un gratte-ciel), le fluide exerce sur lui une force de traînée (a). Avec une mousse, d'autres forces apparaissent. En amont, les bulles élastiques sont comprimées et, par réaction, appuient plus sur l'obstacle (b). À l'inverse, en aval de l'obstacle, les bulles sont étirées et tirent sur l'obstacle.

Si l'obstacle a une forme d'aile d'avion, un fluide crée une force, la portance, qui permet aux avions de voler. Le fluide s'écoule plus vite au-dessus de l'aile qu'en dessous, ce qui diminue la pression sur la partie bombée et crée un effet d'aspiration vers le haut (c). Avec de la mousse, un effet contraire émerge. Les bulles au-dessus de l'aile sont écrasées sur l'aile et poussent vers le bas ; celles en dessous sont étirées et entraînent aussi l'aile vers le bas (d).

Cylindre : C. Raudasteel, Cheddadi et al., Eur. Phys. J. E (2011) 34 : 1 ; avec l'aimable autorisation d'EPJ ; Aile d'avion : Benjamin Dolet

La mousse et l'acier, des points communs utiles

Dans les années 1950, le Britannique Cyril Smith, spécialiste de la métallurgie, a mis en évidence une analogie entre les vieillissements de la mousse de savon et de l'acier. Les propriétés d'un acier dépendent beaucoup de sa structure en petits grains cristallins, une structure qui, telle celle de la mousse, évolue au cours du temps en vieillissant. Smith étudia ces structures à partir de la mousse de savon, plus facile à observer à l'œil nu qu'un acier au microscope.

Ainsi, la même mousse peut être élastique, plastique ou visqueuse, selon la perturbation appliquée. Certes, d'une mousse à l'autre, les propriétés particulières changent. Telle mousse est plus rigide, telle autre tolère des déformations plus grandes, telle mousse enfin casse si on essaie de la déformer trop vite. Ces différences proviennent de la proportion d'eau, de la composition du savon ou de la distribution des tailles des bulles, par exemple. Mais fondamentalement, le triple comportement élastique, plastique et visqueux est lié à la structure même de la mousse, plus précisément à sa nature cellulaire. Il y a ainsi une certaine universalité.

Une soufflerie à mousse

Comment étudier un tel triple comportement, aussi complexe qu'insaisissable ? Il faut d'abord le caractériser et le décrire, mais une difficulté est à surmonter : les bulles d'une mousse usuelle à trois dimensions diffusent la lumière, ce qui la rend opaque comme un brouillard. Une solution, que nous explorons, consiste à utiliser les rayons X, qui la traversent sans être déviés et en visualisent l'intérieur. Cela nécessite

des équipements importants. Une autre solution a été proposée en 2001 par Georges Debrégeas, Hervé Tabuteau et Jean-Marc di Meglio, de l'institut Charles Sadron à Strasbourg. Ils se sont inspirés d'un dispositif utilisé pour les études statiques : la mousse est prise entre deux plaques de verre parallèles. Cette « mousse à deux dimensions », faite d'une seule couche de bulles, est facile à observer tant à l'œil nu qu'avec une caméra. Pour introduire un aspect dynamique, ils ont confiné la mousse entre deux cylindres concentriques d'axe perpendiculaire à la couche de mousse. Le cylindre interne tourne, entraînant ainsi la mousse, tandis que l'autre est fixe (un dispositif utilisé pour étudier l'écoulement de Taylor-Couette en mécanique des fluides). Les chercheurs visualisaient simultanément les changements de chaque bulle proche du cylindre qui tourne et l'écoulement d'ensemble à l'échelle de la mousse. Ils ont observé, par exemple, des mouvements de cisaillement au sein de la mousse. Mais le fait d'utiliser une seule configuration géométrique ne permet pas de recenser toutes les caractéristiques de la dynamique des mousses. Il est nécessaire de multiplier les géométries des dispositifs.