

> soucier d'un phénomène crucial dans la lubrification, à savoir la présence d'une force qui tend à rapprocher les surfaces – le poids du bloc de métal dans notre exemple.

Cette force crée dans le fluide une surpression par rapport à son environnement, surpression qui chasse le liquide de la région comprise entre les deux surfaces. En combien de temps? La question est difficile, car le temps calculé est très sensible au choix fait dans la modélisation.

LE FILM LUBRIFIANT EST CHASSÉ... PLUS OU MOINS VITE

Cependant, les estimations indiquent que lorsque le film d'eau est soumis à une force pressante de 300 newtons sur 250 centimètres carrés, il faut de l'ordre de 0,05 seconde pour qu'une épaisseur initiale de 2,5 millimètres soit divisée par 10 (0,25 millimètre), et de l'ordre de 5 secondes pour qu'elle soit divisée par 100 (0,025 millimètre).

Autrement dit, lorsque nous marchons dans une flaque d'eau, l'eau est chassée de sous notre pied. La semelle entre-t-elle alors en contact avec le sol? Tout dépend de la taille des aspérités de ce dernier.

Sur un trottoir ou sur un sol irrégulier, le contact solide-solide se fait très certainement: le temps pour que l'épaisseur du film soit de l'ordre de grandeur des aspérités est court (moins d'une seconde); dans ce cas, on retrouve vite du frottement solide, et nous ne glissons pas.

Au contraire, certains carrelages mouillés sont traîtres, car leur surface est tellement lisse que, le temps de l'appui du pied au sol, le film d'eau s'amincit mais reste suffisamment épais pour qu'il n'y ait pas de contact solide-solide: nous glissons donc.

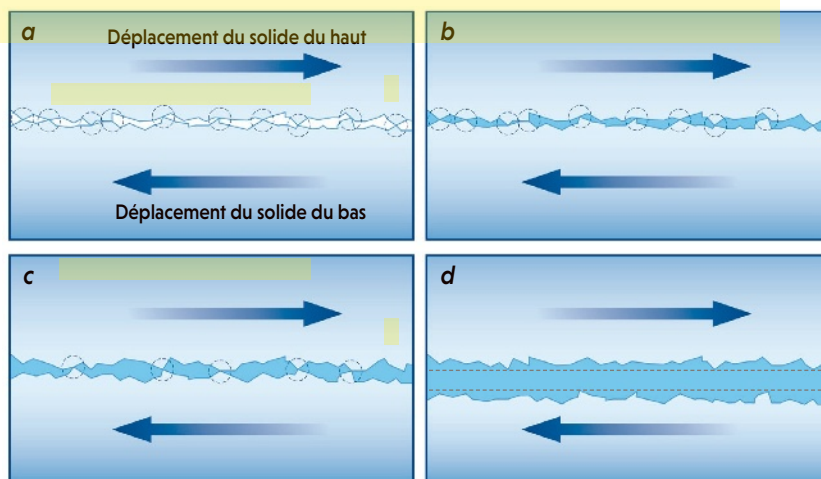
Dans le cas d'une flaque d'huile (d'olive), liquide près de 100 fois plus visqueux que l'eau, les temps de chasse sont à multiplier par un facteur de l'ordre de 100, à épaisseur identique. Il restera donc toujours un mince film de fluide entre la chaussure et le sol, et nous gliserons presque toujours.

Nous sommes désormais parés pour revenir au problème soulevé par la glace et l'existence d'un mince film d'eau à sa surface. Compte tenu de ce qui précède, les physiciens ne comprenaient pas pourquoi ce film d'eau ne s'échappait pas rapidement sur les côtés de la zone de contact entre le patin ou le ski et la glace.

Pour élucider ce mystère, Lydéric Bocquet et ses collègues ont utilisé comme sonde une bille de verre fixée sur une branche de diapason afin de mesurer

FROTTEMENT SANS FILM LIQUIDE OU AVEC

Lorsque deux solides glissent l'un sur l'autre, le poids du solide supérieur se répartit sur les points de contact (cercles en pointillé) entre les deux surfaces (a); le frottement est un « frottement solide ». Ce frottement n'est que très peu réduit en présence d'un liquide qui ne fait que remplir les interstices créés par les aspérités microscopiques (b). Un régime mixte de lubrification s'installe lorsque le liquide est plus abondant (c). Quand le liquide présent forme une couche assez épaisse pour que les aspérités des solides ne soient plus en contact (d), la lubrification est complète. Encore faut-il que le liquide lubrifiant ne soit pas chassé trop rapidement sous la pression exercée par le solide supérieur.



in situ les propriétés physiques de ce film d'eau. Ils ont ainsi estimé non seulement l'épaisseur de ce film, mais aussi la force de frottement (par l'analyse des vibrations de la bille parallèlement à la surface de contact) et la viscosité du fluide présent (par l'analyse des vibrations perpendiculaires à cette même surface).

Les résultats sont étonnants. D'abord, le film est bien plus mince qu'envisagé: son épaisseur est inférieure à 1 micromètre environ. Or plus on confine un fluide, plus les effets de la viscosité se font sentir et plus les temps caractéristiques pour l'amincir augmentent.

Par ailleurs, la viscosité du fluide présent au-dessus de la glace est, selon les conditions expérimentales, 10 à 100 fois supérieure à celle de l'eau liquide. Des analyses complémentaires suggèrent que cette viscosité plus élevée serait due à la présence de nanoparticules de glace dans le film d'eau: le frottement aurait pour effet non seulement de faire fondre la glace, mais aussi de l'abraser. Le fluide aurait ainsi une consistance plus proche d'un granité ou de la neige fondue. Très mince et plus visqueux que l'eau liquide, il serait donc un bien meilleur lubrifiant. ■

BIBLIOGRAPHIE

L. Canale et al., **Nanorheology of interfacial water during ice gliding**, *Physical Review X*, vol. 9, article 041025, 2019.

É. Guyon et al., **Hydrodynamique physique**, 3^e édition, CNRS Éditions/EDP Sciences, 2012.