

> 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.

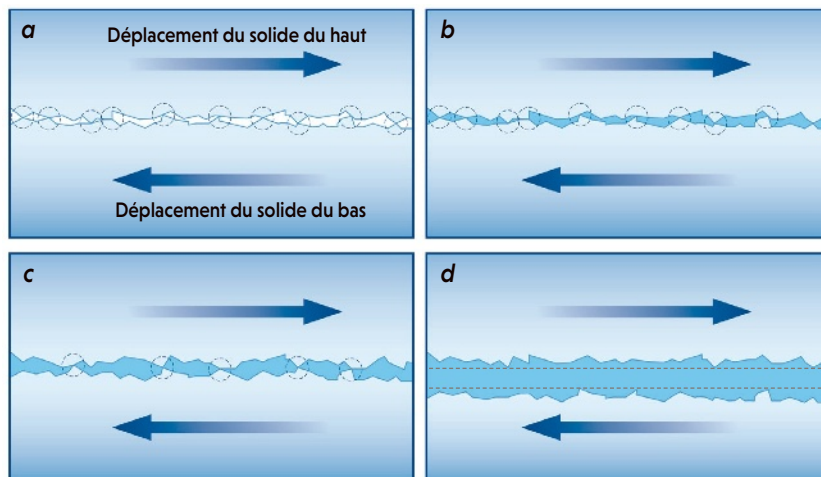
Dans le cas d'une flaque d'huile (d'olive), liquide près de 100 fois plus visqueux que l'eau, les temps de chasse sont à multiplier par un facteur de l'ordre de 100, à épaisseur identique. Il restera donc toujours un mince film de fluide entre la chaussure et le sol, et nous gliserons presque toujours.

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.

POUR LA SCIENCE

Édition française de Scientific American

**COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION
DÈS MAINTENANT !**



N° 506 (déc. 19)
réf. PL506



N° 505 (nov. 19)
réf. PL505



N° 504 (oct. 19)
réf. PL504



N° 503 (sept. 19)
réf. PL503



N° 502 (août 19)
réf. PL502



N° 501 (juillet 19)
réf. PL501



N° 500 (juin 19)
réf. PL500



N° 499 (mai. 19)
réf. PL499



N° 498 (avr. 19)
réf. PL498



N° 497 (mar. 19)
réf. PL497



N° 496 (févr. 19)
réf. PL496



N° 495 (jan. 19)
réf. PL495



À retourner accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Service VPC – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email : pourlascience@abopress.fr



OUI, je commande des numéros de Pour la Science,
au tarif unitaire de 9,90 €.

1 / JE REPORTE CI-DESSOUS LES RÉFÉRENCES à 5 chiffres
correspondant aux numéros commandés :

1^{re} réf. _____ 0 1 x 9,90 € = 9,90 €
2^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
3^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
4^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
5^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
6^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €

TOTAL À RÉGLER _____ €

Groupe Pour la Science – Siège social : 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris
Cedex 14 – Sarl au capital de 32000 € – RCS Paris B 311 797 393 – Siret : 311 797 393 000 23 – APE 5814 Z

Offre valable jusqu'au 31/07/2020 en France Métropolitaine uniquement. Pour l'export, rendez-vous sur notre site internet boutique.pourlascience.fr. Les prix affichés incluent les frais de port et les frais logistiques.

Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société Pour la Science. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. Pour la Science ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à Pour la Science. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante : <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit « RGPD ») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pourlascience.fr.

2 / J'INDIQUE MES COORDONNÉES

☐ M. ☐ Mme

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Téléphone _____

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

3 / JE CHOISIS MON MODE DE RÈGLEMENT

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ Carte bancaire

N° _____

Date d'expiration _____

Clé (les 3 chiffres au dos de votre CB) _____

Signature obligatoire :



RETROUVEZ TOUS LES ANCIENS NUMÉROS SUR
BOUTIQUE.POURLASCIENCE.FR

L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite de biologie
évolutive à Sorbonne Université,
à Paris

LES GÈNES PERDUS DES BALEINES

Comment les cétacés se sont-ils adaptés à une vie exclusivement marine? En perdant certaines fonctions avantageuses pour les mammifères terrestres, grâce à une extinction très ciblée de certains gènes.

En 1943, André Lwoff, microbiologiste à l'institut Pasteur et futur Prix Nobel, publia un ouvrage qui lui attira de nombreuses critiques parmi les évolutionnistes français. Sous le titre *L'Évolution physiologique: étude des pertes de fonctions chez les microorganismes*, il y démontrait que, chez les microorganismes, l'évolution s'accompagne souvent d'une perte de capacités. Comment en était-il arrivé là? Pour étudier les organismes unicellulaires – les «protistes» –, il faut les cultiver. Or, si certaines espèces se multipliaient sans difficulté dans le milieu de culture, d'autres ne prospéraient que si l'on ajoutait à ce milieu diverses molécules, nommées «facteurs de croissance». En s'intéressant à ces facteurs, Lwoff avait montré tout d'abord que beaucoup étaient des vitamines. Puis il avait trouvé que l'un de ces

facteurs n'était autre qu'une molécule produite par la plupart des cellules, le nicotinamide adénine dinucléotide (NAD), et intervenant dans le métabolisme cellulaire.

Lwoff avait alors compris que tous ces facteurs sont des molécules indispensables à n'importe quelle cellule, mais que seules certaines cellules les synthétisent. Les autres doivent les trouver dans leur milieu. Dans son livre, il postulait donc que ces dernières avaient perdu la capacité de synthétiser ces molécules. L'idée affronta une grande hostilité, car pour la majorité des biologistes, l'évolution ne devait être que progrès, c'est-à-dire ajout ou amélioration. Depuis, elle a été largement confirmée chez les protistes. Toutefois, son élargissement aux animaux et aux végétaux restait anecdotique... jusqu'à ce qu'une récente étude sur les cétacés la réanime.



La baleine à bosse est une espèce de cétacé à fanons.



Hervé Le Guyader a récemment publié : **L'Aventure de la biodiversité**, (Belin, 2018).