

4. Que savoir? La lubrification

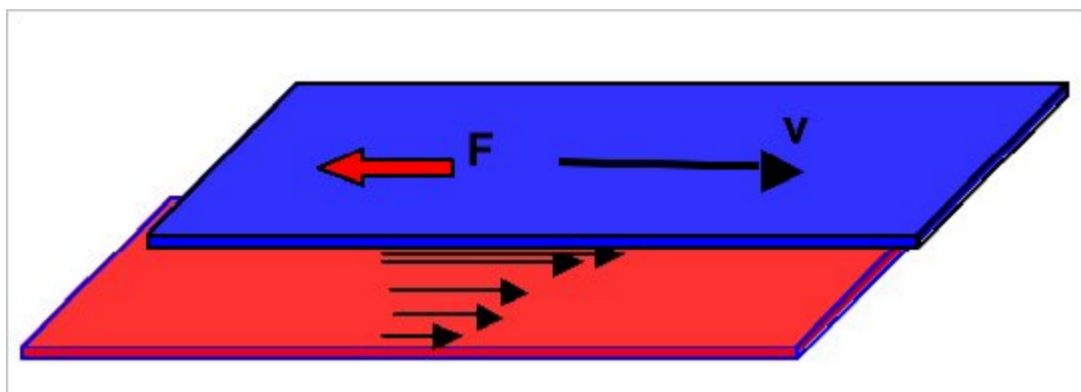
Auteurs : Equipe La main à la pâte (plus d'infos)

Résumé : Cette fiche concerne deux solides entre lesquels existe une couche fluide et doit être distinguée du frottement sec des solides, pour lequel il n'existe pas un troisième corps entre les deux solides en contact. Elle concerne les phénomènes du déplacement mais elle relève de même d'une introduction à la mécanique des fluides en ce qu'elle concerne l'écoulement du fluide présent entre les deux corps.

Publication : 13 février 2013

De quoi s'agit-il?

L'écoulement d'un liquide ou d'un gaz placé entre deux surfaces solides parallèles en mouvement relatif l'une par rapport à l'autre met en jeu des forces de viscosité qui peuvent devenir très élevées si les deux solides sont très proches. On parle alors de lubrification. Il existe de très nombreuses manifestations des effets de la lubrification qui est le régime qui se rencontre en particulier en sciences du vivant (l'utilisation d'une huile de massage par exemple) et dans les « sports de glisse ».



La lubrification intervient dans le « cisaillement simple » d'un fluide contenu entre deux plaques parallèles qui se déplacent l'une par rapport à l'autre à une vitesse V . La force qui résiste à ce déplacement s'exprime par

$$F/S = \eta V/d$$

S est la surface des plaques et d la distance entre celle-ci. La contrainte de cisaillement (qui se mesure en Pascals comme une pression) est le rapport F/S . Les propriétés du fluide entre les plaques sont caractérisées par la viscosité dynamique η qui est une propriété du corps contenu entre les plaques et est en gros mille fois plus élevée pour l'eau que pour l'air.

Que peut-on observer?

- La lubrification intervient toutes les fois qu'un liquide posé entre deux solides assure le glissement.
- Faire sentir l'effet de la viscosité en plaçant une goutte d'huile entre le pouce et l'index et en déplaçant un doigt par rapport à l'autre.
- Lancer une feuille de papier suffisamment légère mais rigide que l'on fait glisser sur une surface lisse. Elle se déplace alors sur une grande distance en restant pratiquement parallèle à la table. Ce sont des forces de pression causées par l'air mis en mouvement sous la feuille sous l'effet de son déplacement qui maintiennent la feuille légèrement soulevée. Si on recommence après avoir percé la feuille d'une dizaine de petits trous, cette surpression de l'air sous la feuille disparaît et la feuille lancée dans les mêmes conditions s'arrête très rapidement. La surpression est induite par l'écoulement qui est induit par le cisaillement entre les plans.
- La mesure de la viscosité peut être faite en mettant en mouvement un liquide placé entre deux cylindres de diamètres différents et concentriques qu'on appelle écoulement de Couette du nom du physicien français qui introduit cette mesure. (voir figure 1 et dans l'histoire). Néanmoins il s'agit d'un matériel un peu sophistiqué et nous proposons une version plus simple.

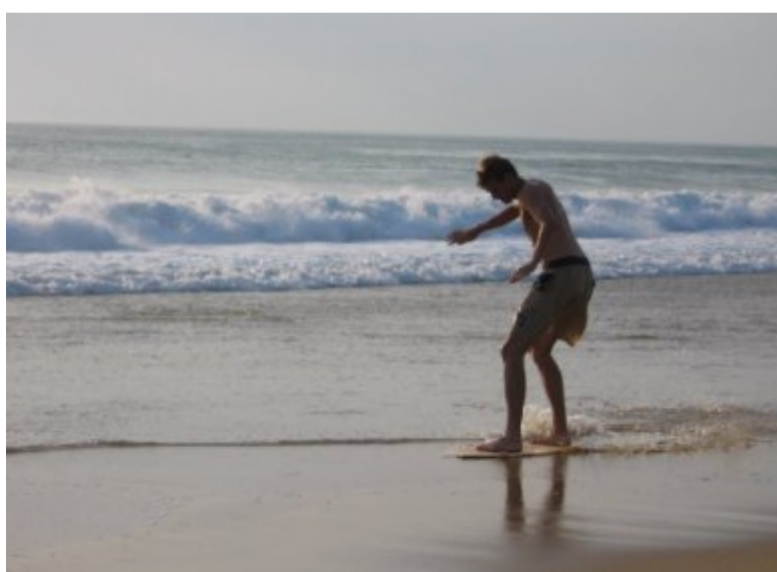
La lubrification et le déplacement

Les sports de glisse font appel à la lubrification. Lorsque le ski glisse sur la neige, de très fines gouttelettes d'eau liquide se forment entre le ski et la neige. Ceci facilite le glissement du ski dont la semelle porte des micro-rainures le long desquelles roulent les gouttes).

La fusion résulte de l'échauffement local provoqué par le cisaillement (comme lorsqu'on se frotte les mains l'une contre l'autre) produit la fusion de l'eau; d'ailleurs la glissance du ski n'est pas très bonne si la neige est trop froide. La couche déposée sur la semelle du ski est non mouillante (le fart) de telle façon que les gouttes ne s'étalent pas sur la surface.

L'aquaplanage sous forte pluie que redoutent les automobilistes (perte d'adhérence des roues même en ligne droite) vient de ce que le relief des pneus est insuffisant pour éliminer l'eau sous les roues.

Le même phénomène est mis à profit dans le « skim-board » (voir la photographie ci-dessous). Un fin film d'eau s'établit entre la planche et le sable tout près du bord de l'eau. L'écoulement du fin film de fluide entre la planche et le sable passe dans un régime appelé hydrodynamique. Il est caractérisé par un très faible coefficient de frottement.



Le skimboarder glisse sur un fin film d'eau situé entre la planche et le sable, de sorte que les frottements sont minimes.

Que peut-on mesurer?

- Que cherche-t-on à faire?

Donner un ordre de grandeur aux effets de lubrification.

- Quel matériel?

Une grande plaque de verre plane et des huiles de viscosités différentes (on peut penser aussi à du miel).

Un disque plan solide ou une bille.

QUE FAIRE

Quel déroulement?

Poser délicatement l'objet sur la plaque sur laquelle on a mis cette huile. Le poids de l'objet rapproche l'objet de la plaque en chassant l'huile sur ces cotés jusqu'au contact. Ce temps avant la mise en contact peut être appréciable pour des huiles très visqueuses.

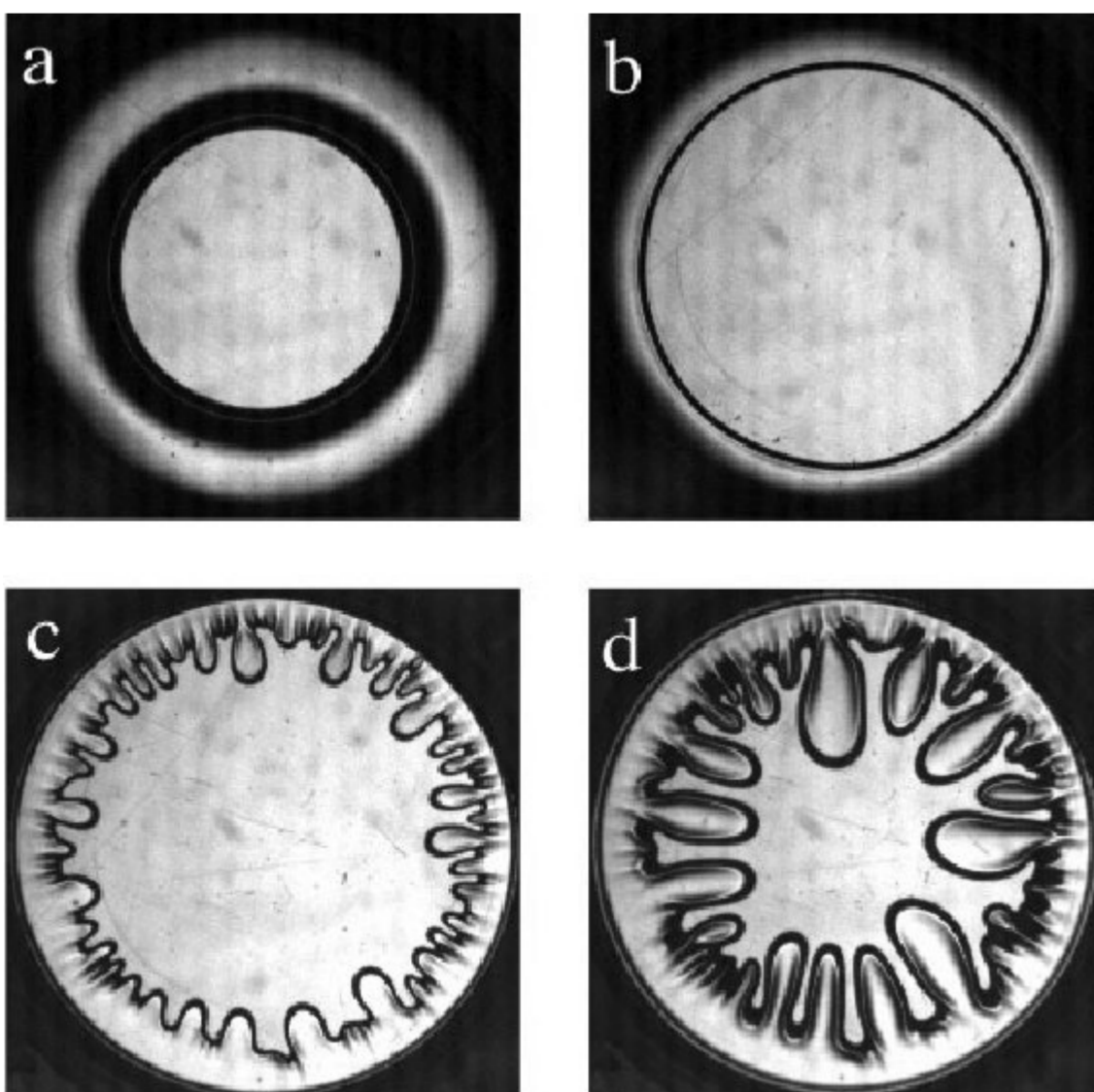
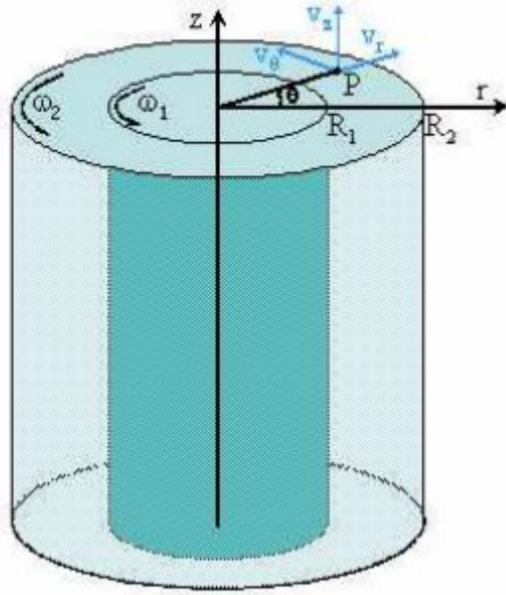
On peut aussi placer une goutte liquide entre une plaque de verre inférieure fixe et une autre plaque. Le liquide est chassé radialement vers l'extérieur en formant un cercle de rayon croissant. Une fois la goutte étalée, on peut soulever la plaque supérieure délicatement par un coin. On constate que le liquide se rapproche du centre mais de façon irrégulière, car l'air beaucoup moins visqueux pénètre plus vite vers l'intérieur.

Explication par l'image

La figure présente un dispositif pour mesurer les effets de lubrification (d'après un document EPFL).

Ecoulement de Couette cylindrique

Cet écoulement se produit entre deux cylindres coaxiaux en rotation à des vitesses angulaires différentes. Le choix de ces deux vitesses angulaires est déterminant en ce qui concerne le régime de l'écoulement.



Vue d'une goutte d'huile silicone colorée de viscosité égale à 100000 fois celle de l'eau, entre deux plaques horizontales (la plaque supérieure est transparente). a-b: étalement de la goutte quand on rapproche les plaques en les maintenant parallèles; c-d: déformations observées quand on les écarte. Le cercle noir autour de la goutte en a est dû à un effet d'optique.

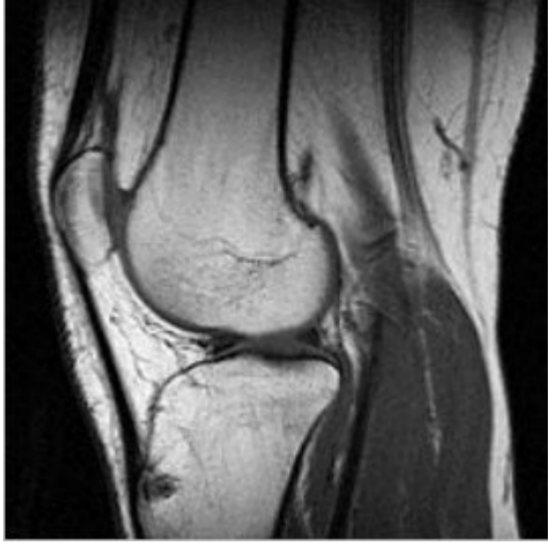
Dans l'histoire?

Addons

Dans un temps court de deux ans entre 1887 et 1889, le professeur Maurice Couette à l'Université d'Angers va faire des expériences importantes pour évaluer la force de viscosité et l'apparition de la turbulence dans une expérience d'écoulement de liquide contenu entre deux cylindres concentriques et mis en mouvement par la rotation d'un cylindre externe seul. Il avait fait ce choix pour éviter l'effet de la force centrifuge sur le liquide si cela avait été le cylindre intérieur qui avait été mis en rotation. En fait, cette dernière configuration est encore plus intéressante car elle fait apparaître, comme l'a montré plus tard le mécanicien britannique G.I. Taylor, des mouvements très réguliers de liquide en cellules toroïdales autour de l'axe dès que la vitesse de rotation du cylindre intérieur dépasse un certain seuil... En étant trop précautionneux Couette est passé à côté de cette dernière découverte! Néanmoins cette instabilité a associé les deux noms en étant baptisée instabilité de Taylor-Couette. Les écoulements de liquide cisailé entre deux cylindres ou entre deux plaques parallèles sont appelés par les mécaniciens écoulements de Couette.

Quels prolongements?

- Le mucus est une sécrétion visqueuse qui permet des déplacements relatifs à l'intérieur des organes des être vivants (poumon, d'où production de morve, intestin...).
- Le liquide synovial, lubrifiant les articulations, permet le déplacement relatif des os (voir la figure ci-dessous).
- Le liquide lacrymal sur la surface de la cornée permet le déplacement des paupières sur la cornée.
- Le liquide pleural entre la plèvre interne solidaire du tissu pulmonaire et la plèvre externe de la cage thoracique
- La péricardite.
- Dans le monde végétal, la pénétration de l'extrémité de la racine dans le sol est facilitée par un mucus qui est produit en bout de cette racine.
- Dans les paliers de lubrification, un cylindre est en rotation par rapport à un autre cylindre fixe. Il existe un liquide visqueux entre les deux qui est mis en rotation. Les pressions dues à l'écoulement du liquide contenu entre ces deux cylindres créent des forces qui s'exercent sur les cylindres.



L'articulation du genou est lubrifiée par un liquide (la synovie) sécrété par les cellules du tissu qui tapisse l'articulation. Les mouvements du genou sont essentiellement des mouvements de flexion (le genou plie) et des mouvements d'extension (le genou se redresse). Les ménisques et les ligaments permettent de conserver la stabilité, sans entraver la mobilité. (Photo obtenue par IRM).

Voir Aussi
Aucun résultat

Du même auteur
Aucun résultat

Commentaires
Aucun commentaire

Source URL: <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/16808/4que-savoir-la-lubrification>