

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

Résumé : L'existence d'une différence entre le coefficient de friction statique et dynamique a des implications très fortes en géophysique. Nous en présentons deux exemples qui se prêtent à des expérimentations simples et concernent tous deux des effets d'instabilités en géologie.

Copyright : Creative Commons France. Certains droits réservés.



Que savoir ? - Les phénomènes du frottement en géosciences. Que savoir ? - Les phénomènes du frottement en géosciences.

Que savoir ? - Les phénomènes du frottement en géosciences.

Etienne Guyon

L'existence d'une différence entre le coefficient de friction statique et dynamique a des implications très fortes en géophysique. Nous en présentons deux exemples qui se prêtent à des expérimentations simples et concernent tous deux des effets d'instabilités en géologie.

Les avalanches

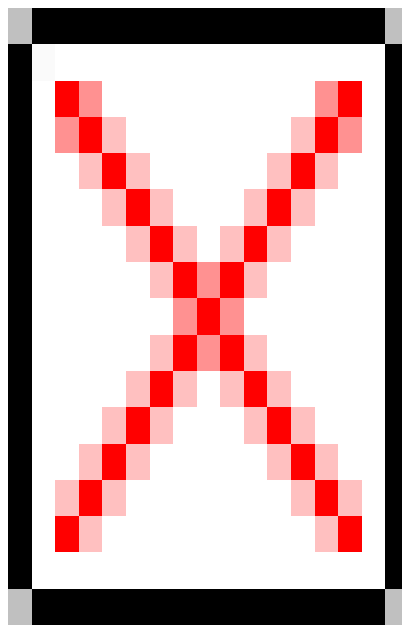
De quoi s'agit-il?

Les milieux granulaires se comportent souvent comme un liquide comme c'est le cas dans un sablier, mais un liquide un peu particulier :

- Le débit du sablier ne diminue pas quand l'épaisseur de sable au-dessus de l'orifice diminue;
- Le sable qui se dépose dans la partie inférieure forme un cône dont l'angle est maintenu constant au fur et à mesure du remplissage par la formation de petites avalanches;
- Enfin, si le sable est composé de grains de tailles différentes les grains se sépareront dans la formation du cône inférieur comme on peut l'observer sur le terrain avec des coulées d'éboulis.

Ces trois propriétés sont illustrées ci-dessous.

Nous ne considérons ici que la seconde propriété.



Écoulement d'un mélange de grains dans un sablier. Les gros grains (colorés) s'écoulent jusqu'au bas de l'avalanche alors que les plus petits (blancs) restent au voisinage du sommet du cône inférieur. (*Ce que disent les fluides* page 145, Editions Belin).

Qu'observer?

Placer du sable dans un récipient transparent de verre de telle façon qu'il forme une couche horizontale. Incliner progressivement cette couche. La couche de sable reste immobile jusqu'à un angle limite statique maximum α_M . Au dessus de cet angle, qui est indépendant de la taille du tas, se forme un écoulement de sable (une avalanche) qui ramène l'angle à une valeur de repos inférieure de quelques degrés α_R . Entre ces deux valeurs d'angles le comportement de la couche est métastable, c'est à dire qu'une légère perturbation locale de la surface pourra déclencher une avalanche locale.

Ces deux angles sont des manifestations de la friction statique (α_M) et dynamique (α_R).

Il faut noter que Charles Augustin Coulomb était ingénieur des fortifications et que c'est en étudiant la forme des talus qu'il fut conduit à étudier les lois du frottement.

On observera sur le terrain (tas de grains de chantiers, avalanches de neige, dunes, éboulis) le caractère universel de ces lois. Par contre les angles limites des avalanches dépendent de la nature des grains. Ils sont plus élevés pour des grains anguleux et en milieu humide qui assure une cohésion entre les grains par capillarité.

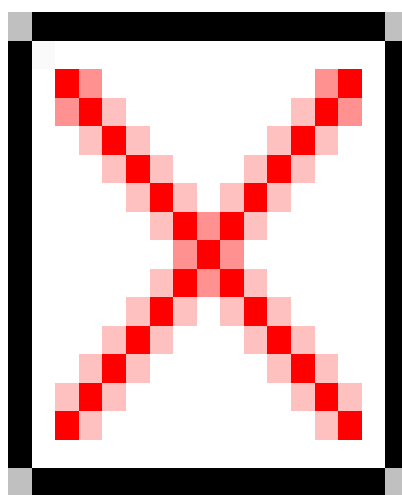


Fig 2 . La couche de grains de café vue de profil a été inclinée progressivement.
Tant que l'angle reste inférieur à une valeur (marquée par des tirets sur la figure supérieure), elle reste fixe.
Pour cette valeur d'angle, une avalanche se forme, marquée par un écoulement superficiel de grains (figure inférieure) qui ramène l'angle à une valeur un peu inférieure.

Une simple expérience permet de comprendre, voire de calculer, la nature de ces deux angles et indirectement, de comprendre la différence entre friction statique et dynamique.

On place sur un plan une série de tiges circulaires de même diamètre régulièrement espacées d'une distance inférieure à leur diamètre ou en contact et fixes sur le plan. Elles modélisent le lit plan de grains. On pose dessus une bille qui peut être de taille égale ou un peu plus grande que ces tiges (Fig.3). En inclinant ces tiges, on constate que la bille reste coincée entre deux tiges tant que l'angle reste inférieur à une valeur maximum (1). Cette valeur correspond au moment où la bille est à la verticale de la tige inférieure (2). Au dessus de cet angle, elle roule (en avalanche, en quelque sorte). On est dans une situation d'instabilité. Par contre si on se place à une valeur très légèrement inférieure à l'angle maximum et qu'on pousse la bille pour qu'elle commence à rouler, l'énergie cinétique qu'elle prend entre deux chocs permet qu'elle continue à rouler jusqu'au bas de la planche (3). Cet état est métastable. Il permet de comprendre pourquoi le coefficient de friction dynamique est inférieur au coefficient statique.

NB. Cette présentation mécanique rend bien compte de la description macroscopique du frottement. Elle ne prend pas en compte les effets microscopiques d'adhésion au niveau des contacts dans le problème réel.

Le stick slip (coller glisser) ou Broutage

De quoi s'agit-il?

Il existe de nombreuses manifestations d'instabilités gênantes dans la vie courante et qui sont dues à la différence entre le coefficient de frottement statique et dynamique tels qu'un embrayage qui broute ou une craie qui grince sur un tableau. C'est le phénomène de stick slip. Il est aussi responsable du bruit que fait un rouleau de scotch que l'on tire rapidement.

Sans doute la manifestation la plus importante de ce phénomène est liée aux séismes qui résultent du frottement des plaques tectoniques qui glissent les unes contre les autres. Ceci se produit au niveau de lignes qui peuvent avoir plusieurs centaines de kilomètres de long (comme la faille de San Andreas en Californie) et peut se produire à des échelles de tailles variables conduisant à des séismes brutaux par l'effet d'accumulation de contraintes de part et d'autres de ces surfaces de discontinuité.

Qu'observer?

La lecture d'une carte géologique au niveau de zones à fortes sismicité montrant le phénomène de décrochage.

Que mesurer?

On peut reproduire de façon contrôlée le phénomène de stick-slip de manière extrêmement simple. On pose un bloc parallélépipédique homogène sur une surface horizontale (par exemple un bloc de bois sur une surface recouverte d'une moquette courte). On tire horizontalement le bloc par un fil à vitesse constante ; mais on interpose entre le bloc et l'extrémité du fil un ressort dont la dureté doit être choisie (un ressort trop dur ne permet pas l'observation).

Pour avoir une vitesse constante on peut utiliser un petit moteur sur lequel le fil s'enroule ou le faire à la main. On observe une succession périodique de glissements et de blocages du patin. Il se tend continûment pendant la période où le patin reste fixe puis se comprime brutalement lorsque le patin décroche. La force que ressent le patin est proportionnelle à cette élongation.

Le patin reste immobile tant que la force est inférieure à la limite d'adhérence égale au produit du poids du patin par le coefficient d'adhérence. Lorsque cette limite est dépassée le patin se met à glisser. Il s'arrête lorsque la force devient inférieure au produit du poids par le coefficient de frottement du bloc.

Source URL: <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/17867/les-phenomenes-du-frottement-en-geosciences>