



© Bruno Clair, laboratoire Ecofog (CNRS/AgroParisTech/Cirad/Inra/Université de Guyane/Université des Antilles)

GÉOSCIENCES

DES SIMULATIONS POUR AVALANCHES DE PLAQUE

Ce type d'avalanche était particulièrement difficile à reproduire sur ordinateur. Grâce à un nouveau modèle, un chercheur l'a décrit avec une grande précision.

Souvent provoquées par le passage d'un seul skieur, les avalanches de plaque sont parmi les plus meurtrières. Prévoir leur déclenchement est d'une importance cruciale dans la prévention des risques en montagne, mais la tâche est difficile. En outre, la modélisation de ce phénomène sur ordinateur était jusque-là incomplète. Johan Gaume, de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), en Suisse, a développé un nouveau modèle mathématique pour décrire ces avalanches avec une précision sans précédent. Il a collaboré avec des spécialistes en modélisation 3D qui ont notamment simulé la neige dans le célèbre film d'animation de Disney, *La Reine des neiges*. Le résultat est fort réaliste.

Les avalanches de plaque se produisent dans un manteau neigeux particulier. Une couche de neige fragile, généralement très poreuse (constituée à 80% d'air), se forme au début de l'hiver à la base du manteau neigeux. Les chutes de neige suivantes enfouissent cette couche sous une plaque de neige plus dense. La configuration est instable. En bas d'une pente raide, un marcheur peut perturber la couche inférieure en créant une fissure, qui se propage très rapidement (jusqu'à 100 mètres par seconde) jusqu'en haut de la pente. La plaque finit par rompre là où l'angle de la pente dépasse l'angle limite de maintien de la plaque sur la couche poreuse. Elle se divise ensuite en plusieurs morceaux qui glissent sur la couche inférieure.

Il est difficile de prévoir ces avalanches par des mesures directes (température, pression, humidité, etc.). En général, les spécialistes savent repérer une couche poreuse, et donc un lieu à risque, mais ils ne sont pas en mesure d'estimer le volume de neige qui sera relâché par l'avalanche.

Pour répondre notamment à cette question, Johan Gaume et son équipe ont développé un modèle mathématique qui décrit les propriétés de la plaque et celle de la couche sous-jacente (notamment leur comportement élastoplastique). Leur simulation porte sur 30 millions de particules, qui représentent les grains de neige dans la plaque et la couche fragile. L'écoulement de l'avalanche est recréé



Sur cette image, l'arrière-plan est une photographie, mais le premier plan est un instantané d'une simulation tridimensionnelle d'avalanche de plaque.

100

KILOMÈTRES PAR HEURE

C'EST LA VITESSE QUE
PEUVENT ATTEINDRE
LES AVALANCHES
DE PLAQUE.
ELLES SONT
NÉANMOINS PLUS
LENTES QUE
LES AVALANCHES
DITES POUDREUSES,
DONT LES NUAGES
DÉVALENT LA PENTE
JUSQU'À
350 KILOMÈTRES
PAR HEURE.

en calculant, pour chaque pas de temps, la position des particules. Une modélisation particulièrement complexe, car les avalanches de plaque se manifestent sur une large gamme d'échelles: leur déclenchement est dû à la présence de microfissures, de longueur inférieure à un millimètre, tandis que les fractures, collisions et frictions entre plaques finissent par donner, à l'échelle macroscopique, un écoulement assimilable à celui d'un fluide visqueux. Malgré ces difficultés, la simulation reproduit avec fidélité les observations.

Le modèle de Johan Gaume présente toutefois une limite de taille: il décrit fidèlement l'avalanche de plaque uniquement pour un déclenchement rapide (provoqué par un skieur ou une explosion). Le chercheur travaille sur un nouveau modèle qui inclura les déclenchements naturels plus lents. Il espère également prédire le volume de neige relâché en fonction de paramètres plus précis tels que la distribution spatiale du manteau neigeux, le type de neige (sèche, humide ou fondante), l'érosion de la neige en aval de la plaque ou le type de dépôt de la neige. ■

L. S.

J. Gaume et al., *Nature Communications*, vol. 9, article 3047, 2018

BIOLOGIE

E. COLI POUR ASSIMILER LE FER

Si certaines souches de la bactérie *Escherichia coli* sont pathogènes, la plupart sont inoffensives. Et d'ailleurs, elles représentent l'une des principales populations bactériennes du système digestif humain. Cependant, on savait qu'*E. coli* produit une molécule, l'entérobactine, qui permet à la bactérie d'assimiler le fer. Les biologistes pensaient qu'*E. coli* captait ainsi le fer au détriment de son hôte. Mais Bin Qi et Min Han, de l'université du Colorado à Boulder, aux États-Unis, suggèrent le contraire: l'entérobactine produite par *E. coli* dans le système digestif s'associerait à une protéine dans les mitochondries des cellules de l'hôte... aidant ainsi ce dernier à assimiler le fer. Ce résultat pourrait inspirer des stratégies thérapeutiques pour les personnes souffrant d'anémie. ■

S. B.

Bin Qi et Min Han, *Cell*, en ligne le 23 août 2018

GÉOSCIENCES

VIE ANCIENNE ET CONTINENTALE

Grace au registre fossile, on estime que la vie sur Terre serait apparue dans les océans il y a 3,8 à 4,3 milliards d'années. Plus récente, la conquête du milieu terrestre par les organismes vivants est pourtant bien moins documentée. Cependant, Martin Homann, du Laboratoire géosciences océan, à Brest, et ses collègues ont découvert des traces de vie microbienne fossilisée dans des roches sédimentaires continentales âgées de 3,2 milliards d'années. Retrouvées en mer au large de l'Afrique du Sud, ces roches se seraient formées dans un lit de rivière, avant d'être emportées.

Les chercheurs ont montré que les microorganismes étaient déjà adaptés au milieu terrestre, où la sécheresse épisodique pouvait déshydrater les cellules et où l'absence de couche d'ozone exposait les organismes à un rayonnement solaire très mutagène. Cette découverte montre que la conquête du milieu terrestre a été bien plus ancienne et rapide qu'on ne l'imaginait. ■

CORALINE MADEC

M. Homann et al., *Nature Geoscience*, vol. 11, pp. 665-671, 2018

PHYSIQUE

LE RESSAUT HYDRAULIQUE REVU ET CORRIGÉ



Dans l'évier, le jet d'eau forme une région très lisse cernée par un bourrelet turbulent. C'est le ressaut hydraulique.

Lorsque l'eau du robinet coule dans l'évier, vous avez peut-être remarqué cette nappe d'eau très mince et lisse autour du jet d'eau; à une distance de quelques centimètres du jet, cette nappe disparaît dans un bourrelet d'eau turbulente. Depuis un siècle, les physiciens pensaient que la position de ce «ressaut hydraulique» était déterminée principalement par la gravité. Cependant, Rajesh Bhagat, de l'université de Cambridge, et ses collègues viennent de montrer que le phénomène dépendrait plutôt de la tension de surface et de la viscosité de l'eau.

Jusqu'à présent, on négligeait ces deux caractéristiques du fluide et on raisonnait que le ressaut se formait là où la vitesse du fluide (qui diminue à mesure qu'il s'éloigne du jet) et la vitesse (constante) des ondes de surface, c'est-à-dire des vagues, sont égales. Or cette dernière, dans la configuration de l'évier, dépend de g , l'accélération de la pesanteur. C'est donc la pesanteur, pensait-on, qui déterminerait la position du ressaut.

Dans le cadre de sa thèse, Rajesh Bhagat étudiait le nettoyage de surfaces par des jets de fluide. Il était ainsi amené à travailler avec des surfaces horizontales, mais aussi inclinées, voire verticales. Dans ces derniers cas, la forme du ressaut restait inchangée par rapport à la configuration horizontale – un résultat surprenant et difficile à expliquer si la gravité joue un rôle important dans la position du ressaut. Avec ses collègues, Rajesh Bhagat a repris les équations qui décrivent le système du fluide dans l'évier, en tenant compte de la viscosité et de la tension de surface. Les équations obtenues montrent que ces facteurs sont dominants, et que la gravité joue un rôle négligeable. Ces physiciens ont testé expérimentalement leur modèle en faisant varier la viscosité du fluide, sa tension de surface et l'angle de la surface, et montré qu'il prédit correctement la position du ressaut. ■

S. B.

R. K. Bhagat et al., *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 851, R5, 2018