

Étude d'avalanches érosives

Gloria Faccanoni, IMATH, Université du Sud Toulon-Var

Anne Mangeney, Laboratoire de Sismologie, Institut de Physique du Globe de Paris

François Bouchut, LAMA, Université Paris-Est - Marne-la-Vallée

La modélisation des avalanches à l'échelle réelle est un enjeu important en terme d'évaluation des risques. Une avalanche de débris se développe le long d'un relief dès qu'une masse se déstabilise sous l'effet d'une perturbation d'origine climatique, sismique, ou volcanique. Sur le terrain, les mesures effectuées sur des dépôts d'avalanches de débris mettent en évidence une extraordinaire mobilité dont l'origine reste jusqu'à maintenant largement controversée. La modélisation de ce phénomène se heurte en effet à deux types de difficultés. La première provient de la complexité des topographies naturelles sur lesquelles les avalanches de débris s'écoulent. La seconde difficulté est liée à la rhéologie complexe de ces milieux granulaires qui se comportent tantôt comme des fluides tantôt comme des solides. De plus, l'avalanche peut éroder le substrat sur lequel elle s'écoule ou déposer du matériel sur la pente. Ces processus sont liés à l'existence d'une transition entre un état statique et un état mobile caractéristique des milieux granulaires dont la modélisation reste un problème largement ouvert.

Pour simuler l'effet des processus d'érosion sur l'écoulement d'une masse granulaire nous étudions deux modèles.

▷ **Modèle simplifié.** Le premier modèle qu'on considère est basé sur les équations de Saint-Venant. La solution analytique développée dans [2], décrivant un matériau qui s'écoule sur un plan incliné rugueux, présente un bon accord avec les expériences de laboratoire [3]. Cette solution est une extension au cas frictionnel de la solution de Ritter [5] pour la description de la rupture d'un barrage sur un fond "sec". Nous avons alors développé une solution analytique décrivant l'écoulement d'une masse granulaire sur un lit couvert d'une fine couche du même matériau (extension cette fois-ci de la solution de Stoker [5] pour la description de la rupture d'un barrage sur un fond "mouillé"). Cependant, dans ce cas, la solution analytique conduit à une diminution de la mobilité de l'avalanche quand l'épaisseur de la couche de grains augmente, contrairement aux observations expérimentales [3]: le modèle n'est plus adapté dès qu'un lit érodable est présent.

▷ **Modèle de fluidisation.** Nous considérons alors un nouveau modèle, proposé initialement par Aranson et Tsimring [1], qui décrit la transition statique/mobile dans le cadre de la théorie des milieux continus via un paramètre d'ordre qui dépend du rapport entre le nombre de contacts statiques et le nombre total de contacts entre les grains. L'originalité de ce modèle consiste à décomposer la contrainte totale en une contribution statique et une contribution mobile dont la proportion dépend de ce paramètre d'ordre. Son évolution est décrite par une équation de transition de phase qui prend la forme d'une EDP de type Ginzbourg-Landau avec une énergie libre bistable. Le système d'équations aux dérivées partielles, donné dans un référentiel lié à la pente, correspond à un système de Navier-Stokes incompressible augmenté de l'équation sur le paramètre d'ordre qui décrit le comportement du milieu granulaire. Un modèle numérique simplifié basé sur cette théorie a déjà permis de reproduire les ondes d'érosion observées expérimentalement pour un milieu granulaire en écoulement sur une couche érodable [4].

Références

- [1] I.S. ARANSON and L.S. TSIMRING, *Continuum theory of partially fluidized granular flows*, Phys. Rev. E, 65 (2002).
- [2] A. MANGENEY, Ph. HEINRICH and R. ROCHE, *Analytical Solution for Testing Debris Avalanche Numerical Models*, Pure Appl. Geophys., 157, 1081-1096, (2000).
- [3] A. MANGENEY, O. ROCHE, O. HUNGR, N. MANGOLD, G. FACCANONI and A. LUCAS, *Erosion and mobility in granular collapse over sloping beds*, Journal of Geophysical Research - Earth Surface (2010, to appear).
- [4] A. MANGENEY, L.S. TSIMRING, D. VOLFSOHN, I.S. ARANSON and F. BOUCHUT, *Avalanche mobility induced by the presence of an erodible bed and associated entrainment*, Geophys. Res. Lett., 34, (2007).
- [5] J.J. STOKER, *Water Waves, The Mathematical Theory with Applications*, Interscience Publishers, Inc., New York (1957).