

Modélisation d'écoulements granulaires denses : le cas des écoulements pyroclastiques.

Thierry Dubois

Bâtiment de Mathématiques, Bureau 127

Tél. : 04 73 40 77 06 - Mél. : Thierry.Dubois@uca.fr

Les écoulements pyroclastiques (PDCs) qui apparaissent lors de certaines éruptions volcaniques, en raison de l'écroulement d'un dôme ou d'une fontaine éruptive, sont des mélanges de gaz, de fragments de roches et de cendres. Les PDCs sont formés d'une partie basale dense surmontée par un écoulement dilué, avec une concentration de particules solides de l'ordre de quelques pourcents du volume total, qui est turbulent. La partie basale bien que dense, avec une concentration en particules pouvant atteindre 60% en volume, se comporte comme un fluide et peut parcourir, même sur des pentes quasi-horizontales, de grandes distances (> 10 km voire 100 km dans certains cas). Avec une avancée du front extrêmement rapide, ces phénomènes sont très destructeurs. Ils représentent un aléa majeur en volcanologie et sont difficiles à prévoir. La raison principale est que les mécanismes physiques en jeu sont mal compris.

Pour modéliser mathématiquement ces écoulements, on utilise les équations de la mécanique *i.e.* les équations de conservation de la masse et de la quantité de mouvement avec des rhéologies, c'est-à-dire des lois constitutives qui expriment le tenseur des contraintes en fonction des champs de pression et de vitesses, obtenues par analogie avec des mesures réalisées en laboratoire à l'aide d'un rhéomètre dans des configurations simples, comme des écoulements cisailés entre deux plaques se déplaçant à vitesse constante en sens opposé. Ces rhéologies, comme la loi $\mu(I)$ [1], sont viscoplastiques. Les matériaux viscoplastiques, comme le miel, le dentifrice, la mayonnaise . . . , se comportent comme des fluides lorsqu'une contrainte (force) supérieure à un seuil leur est appliquée sinon ils s'arrêtent et s'apparentent à des solides. Du point de vue mathématique, une rhéologie viscoplastique n'est pas toujours définie et l'expression de la partie plastique du tenseur est non différentiable. Il convient alors d'introduire des outils mathématiques adaptés et de développer des méthodes permettant de résoudre cette difficulté majeure [2].

Des modèles avec des rhéologies complexes ont été appliqués à la simulation numérique d'écoulements granulaires denses dans des configurations de rupture de barrage [3] et [4]. Pour valider cette approche, les résultats numériques ont été comparés à des expériences de laboratoire réalisées au Laboratoire Magmas et Volcans.

L'objectif de ce cours est, après une introduction aux PDCs et à la modélisation des écoulements granulaires denses, d'étudier les propriétés mathématiques des équations et des méthodes numériques permettant d'en approcher les solutions. La restitution des connaissances et l'évaluation de ce cours se feront par le rendu d'un rapport écrit et par une présentation orale du travail réalisé.

Références bibliographiques

- [1] GDR MIDI, On dense granular flows. Eur. Phys. J. E 14 (4), 341–365, 2004.
- [2] L. Chupin et T. Dubois, A bi-projection method for Bingham type flows, Comput. Math. Appl., 72(5), 1263-1286, 2016.
- [3] L. Chupin, T. Dubois, M. Phan, O. Roche, Pressure-dependent threshold in a granular flow : Numerical modeling and experimental validation, J. Non-Newtonian Fluid Mech., 291, 2021.
- [4] A. Aravena, L. Chupin, T. Dubois, O. Roche. The influence of gas pore pressure in dense granular flows : numerical simulation versus experiments and implications for pyroclastic density currents, Bull. Volcanol., 83 :77, 2021.