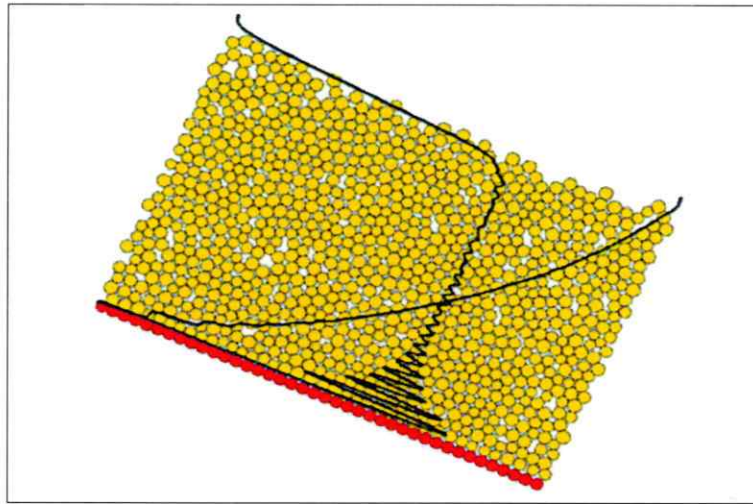




Laboratoire Central  
des Ponts et Chaussées

## Sciences pour le génie civil

SI 16



François Chevoir

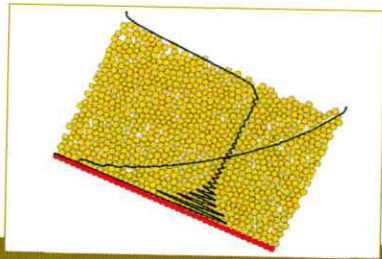
## Écoulements granulaires

Études et recherches des laboratoires des ponts et chaussées

# Sommaire

I	Entrée en matière	25
1	Introduction	27
2	Synthèse	41
II	Cisaillement homogène	67
3	Loi de comportement	69
4	Micromécanique	85
5	Pistes de modélisation	95
III	Plan incliné	105
6	Classification des régimes	107
7	Régime collisionnel	139
8	Régime dense - Structure et cinématique	157
9	Régime dense - Micromécanique	183
IV	Autres géométries	195
10	Introduction	197
11	Ecoulements en conduite verticale	207
12	Cisaillement annulaire	217

V	Seuil	259
13	Seuils d'écoulement	261
14	Blocage de mélanges granulaires en présence d'obstacles	315
VI	Vers les matériaux réels	323
15	Matériaux granulaires cohésifs	325
16	Écoulements granulaires bidisperses sur plan incliné	353
17	Rôle de l'angularité des grains	365
VII	Annexes	375
A	Interactions entre grains	377
B	Simulations discrètes	399
C	Dispositifs expérimentaux	417
D	Techniques expérimentales	431
E	Micromécanique	449
F	Méthodes de traitement des données	455
G	Théorie cinétique	461
	Références	489
	Notations	533
	Index	539



**François Chevoir**

## **Écoulements granulaires**

Ce document présente un bilan des recherches sur les écoulements granulaires menées au LCPC entre 1992 et 2008, avec l'ambition de faire progresser tant la connaissance des lois rhéologiques macroscopique que leur interprétation micro-structurelle (en particulier dans le régime dense). Combinant expérimentations, simulations numériques discrètes et modélisation, la démarche a consisté à partir de systèmes modèles (assemblées de grains secs sphériques et quasi-monodisperses en cisaillement homogène) et à progressivement introduire la complexité, en considérant d'autres géométries d'écoulement (plan incliné, cisaillement annulaire, conduite verticale), les problèmes de blocage et de colmatage, ainsi que l'influence de la forme, de la cohésion et de la polydispersité. Les enjeux de ces recherches concernent à la fois les écoulements gravitaires rapides en montagne, les écoulements industriels confinés (trémies), mais aussi divers processus de frottement (du troisième corps en tribologie au glissement de failles en géophysique).

This document describes the results of a research project on granular flows conducted in the LCPC between 1992 and 2008, with the aim of establishing their macroscopic laws and understanding their origin at the scale of the grains and of their micro-structure (especially in the dense regime). Combining experiments, discrete numerical simulations and modelling, the approach consisted to start from model systems (assemblies of dry spherical quasi-monodispersed grains in homogeneous shear) and to progressively introduce complexity, considering other flow geometries (inclined plane, annular shear, vertical chute), jamming and clogging problems, as well as the influence of grain shape, polydispersity and cohesion. The issues of those researches concern both fast gravity flows in mountains, confined industrial flows (bins and hoppers) and various friction phenomena (from the third body in tribology to slip faults in geophysics).

**Référence : SI 16**

**Prix : 50 Euros HT**

ISSN 1167-4865



N° 9915173  
pour les sites  
de Paris et de Nantes