

ANGULARITE ET ECOULEMENT DE GRANULATS SUR PLAN INCLINE

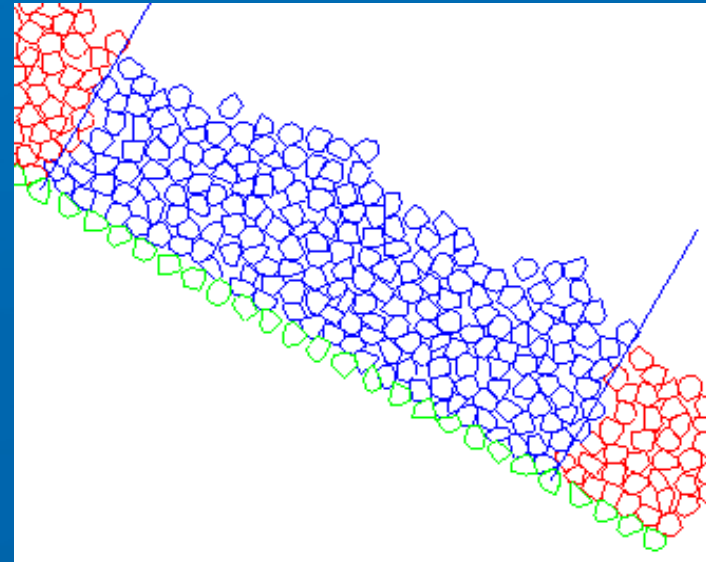
Emilien Azema
LMGC Université de Montpellier

Yannick Descantes et Nicolas Roquet
IFSTTAR - Département MAST/GPEM

Jean-Noël Roux et François Chevoir
Laboratoire Navier, UMR IFSTTAR-ENPC-CNRS

Clôture de l'opération AGREGA

Ifsttar (centre de Nantes) - Mardi 10 décembre 2013

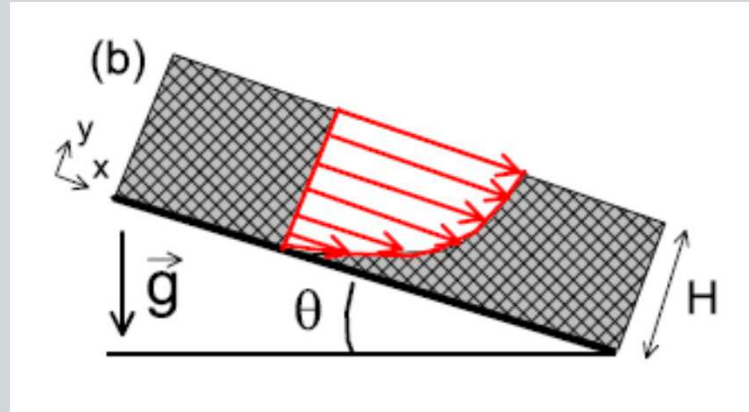


IFSTTAR

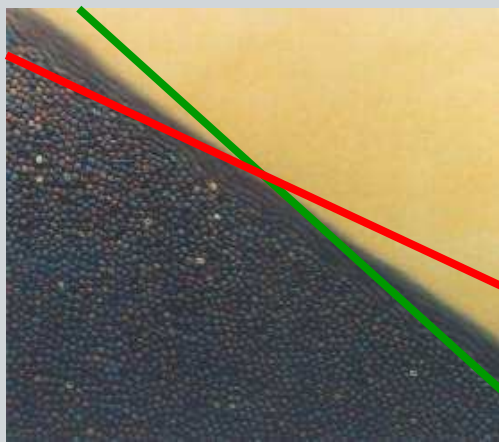
«**erema**»

Le nouvel établissement en marche

ÉCOULEMENT SUR PLAN INCLINÉ

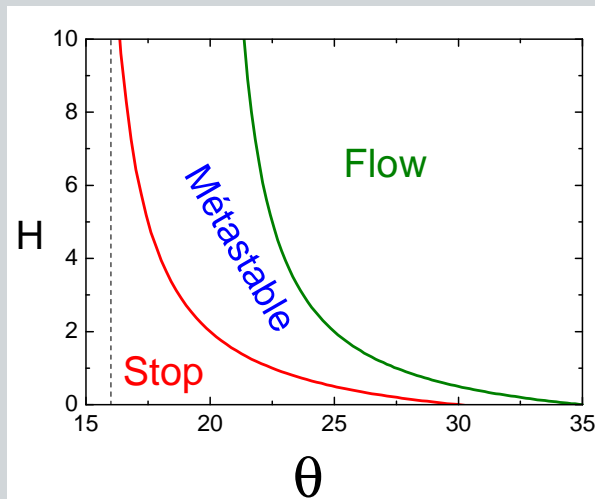


TRANSITION FLUIDE / SOLIDE

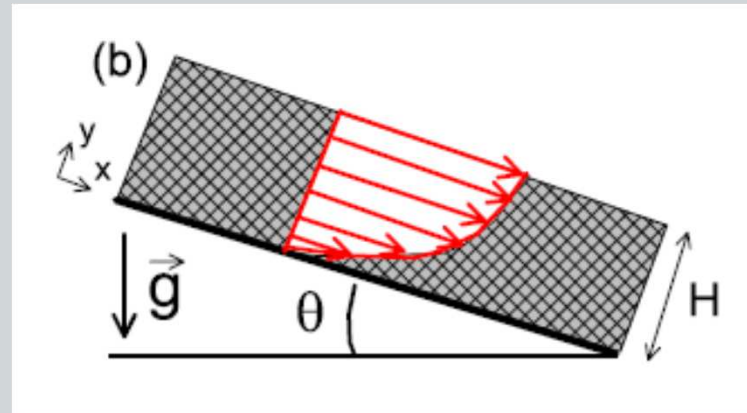


θ_{stop}

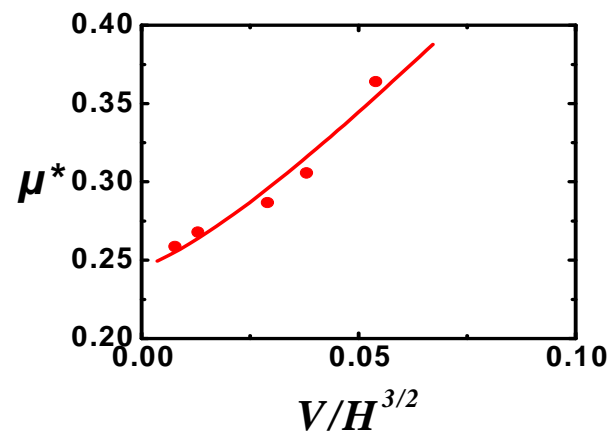
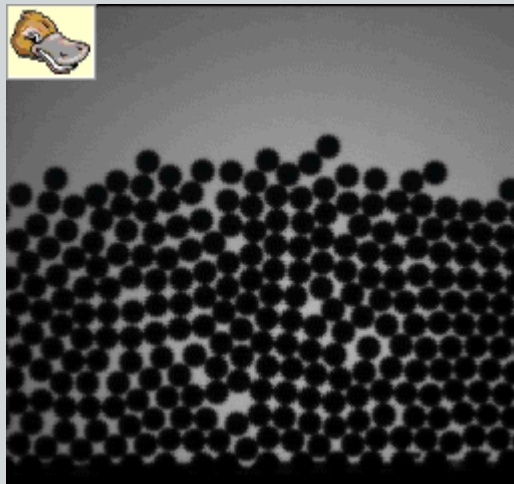
θ_{start}



ÉCOULEMENT SUR PLAN INCLINÉ



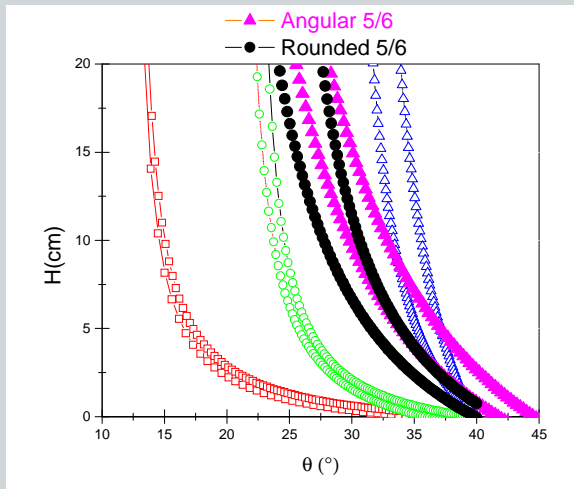
ÉCOULEMENT STATIONNAIRE



$$V(H, \theta) \propto H^{3/2} (\theta - \phi)$$
$$\Leftrightarrow \mu^*(V, H) = \tan \theta \approx \tan \theta_s + a \frac{V}{H^{3/2}}$$



CARACTERISATION DE L'ANGULARITE

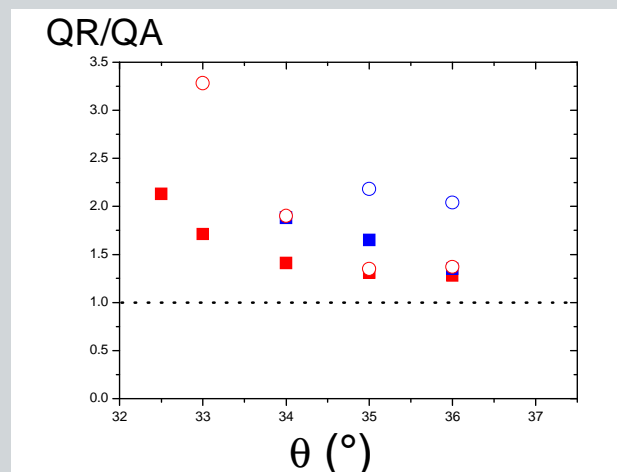


Anguleux

Roulés



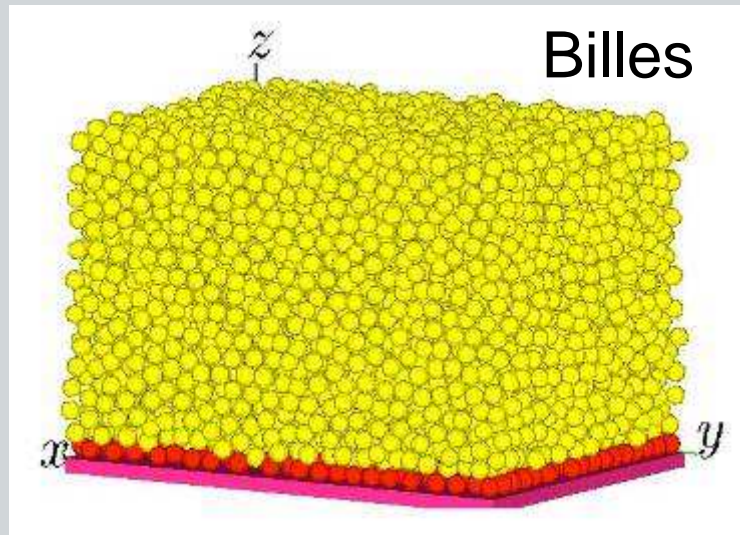
**Caractérisation de la forme
par le débit**



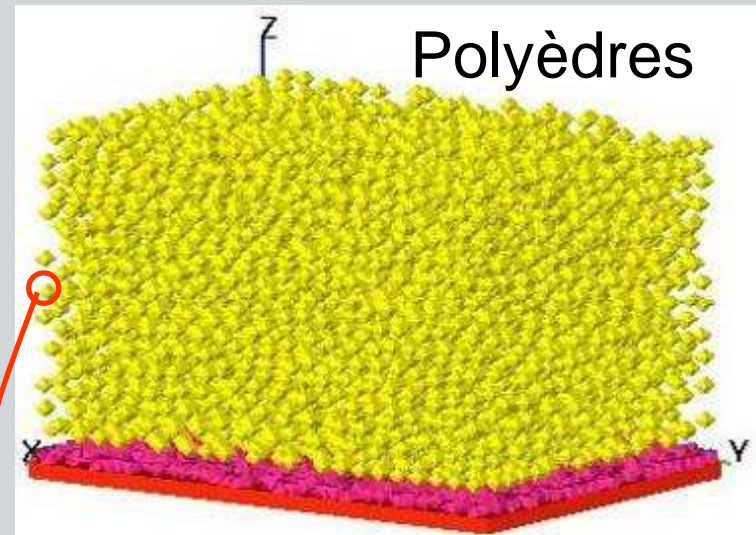
Y. Descantes et al, BLPC, 267, 19-30 (2007).
 L. Tocquer et al., Powders and Grains 2005, 1354-1348.



SIMULATIONS NUMERIQUES



Billes



Polyèdres

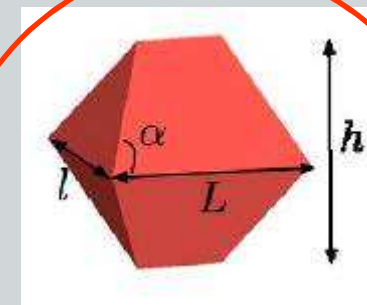
LMGC90

3D

20 000 grains

Coefficient de restitution et de frottement

Conditions périodiques en X et Y



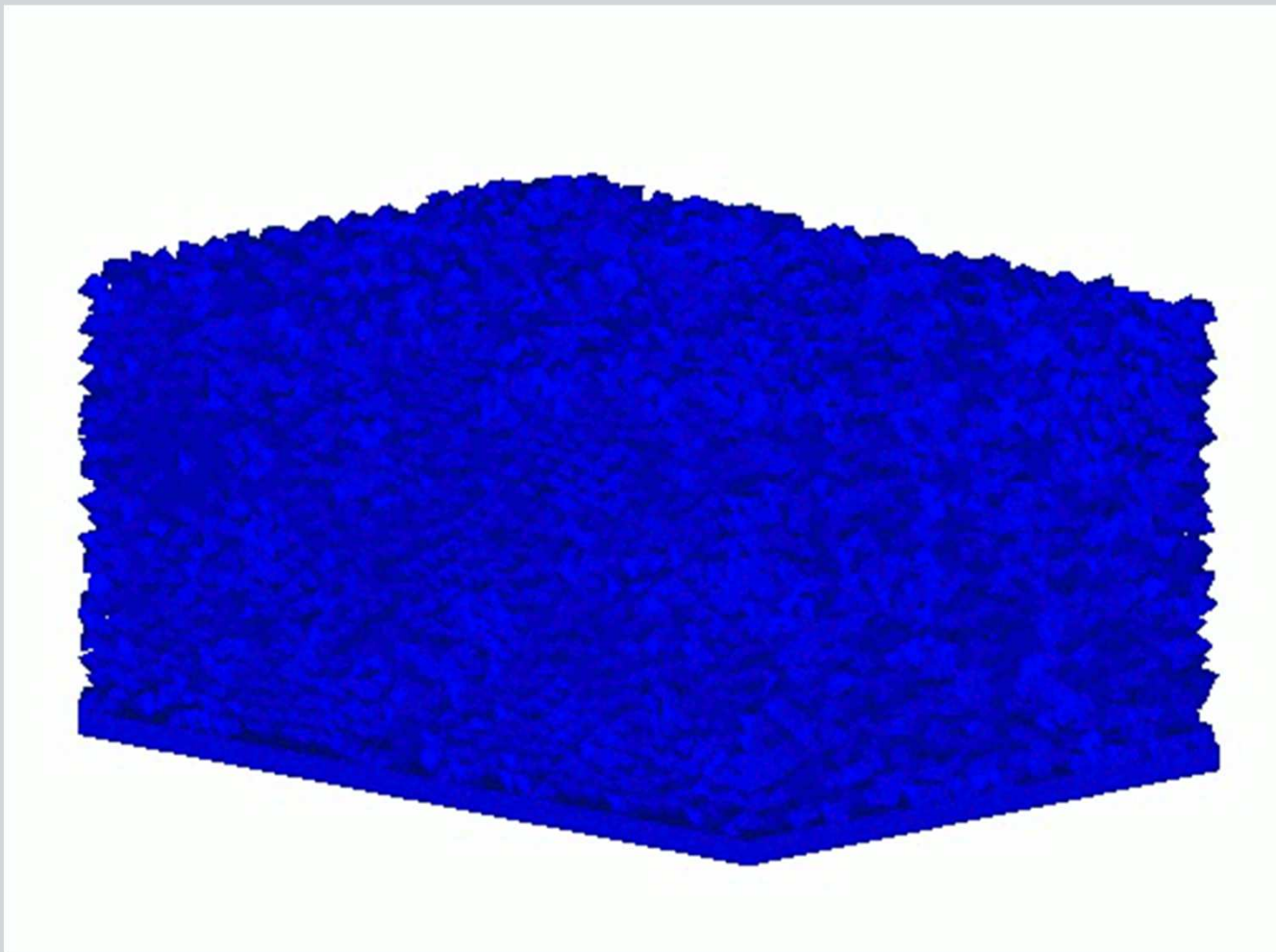
Pinacoïde (Tourenq et Denis, 1982)



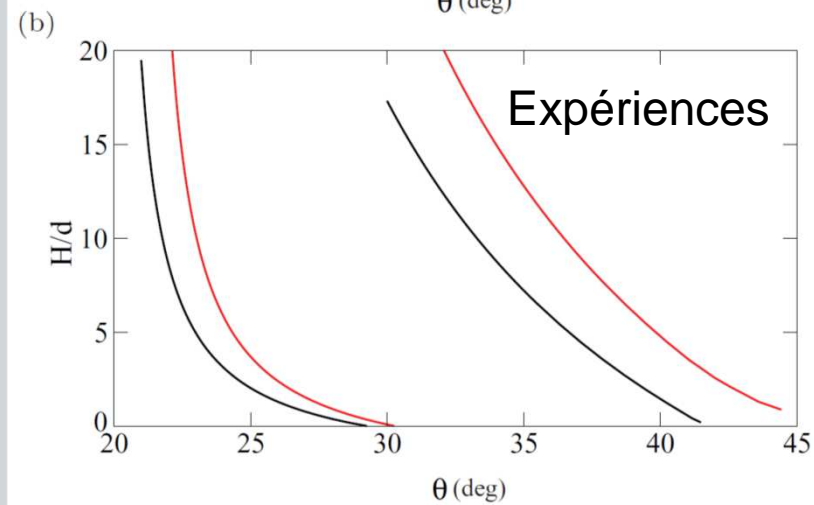
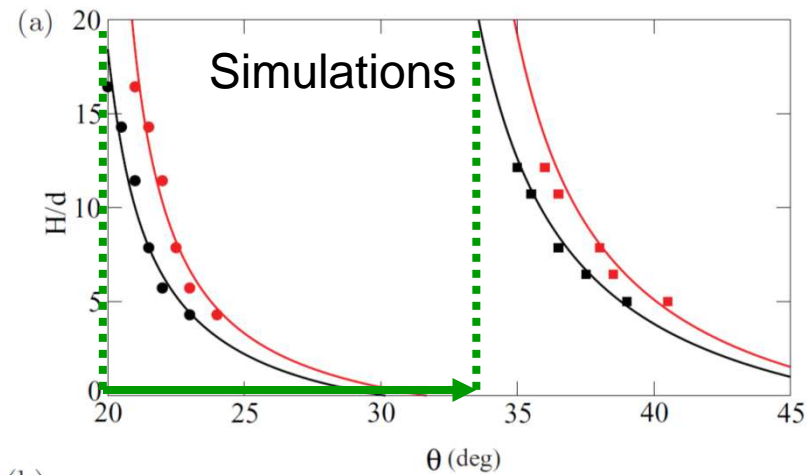
ÉCOULEMENT DE POLYEDRES

«CereMa»

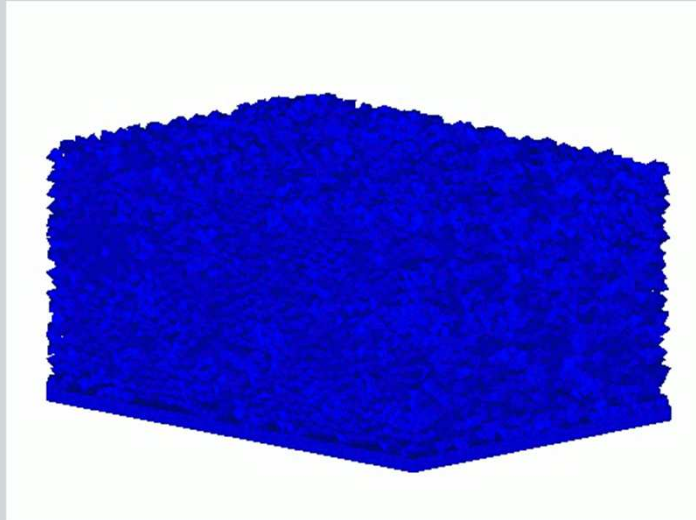
Le nouvel établissement en marche



TRANSITION LIQUIDE/SOLIDE



COMPORTEMENT ?



Information sur la géométrie, les contraintes dans la couche en écoulement :

=> Compacité Φ

=> Coefficient de frottement interne $\mu^* = S/P$

Information sur les vitesses dans la couche en écoulement :

=> Taux de cisaillement : Effets visqueux ?

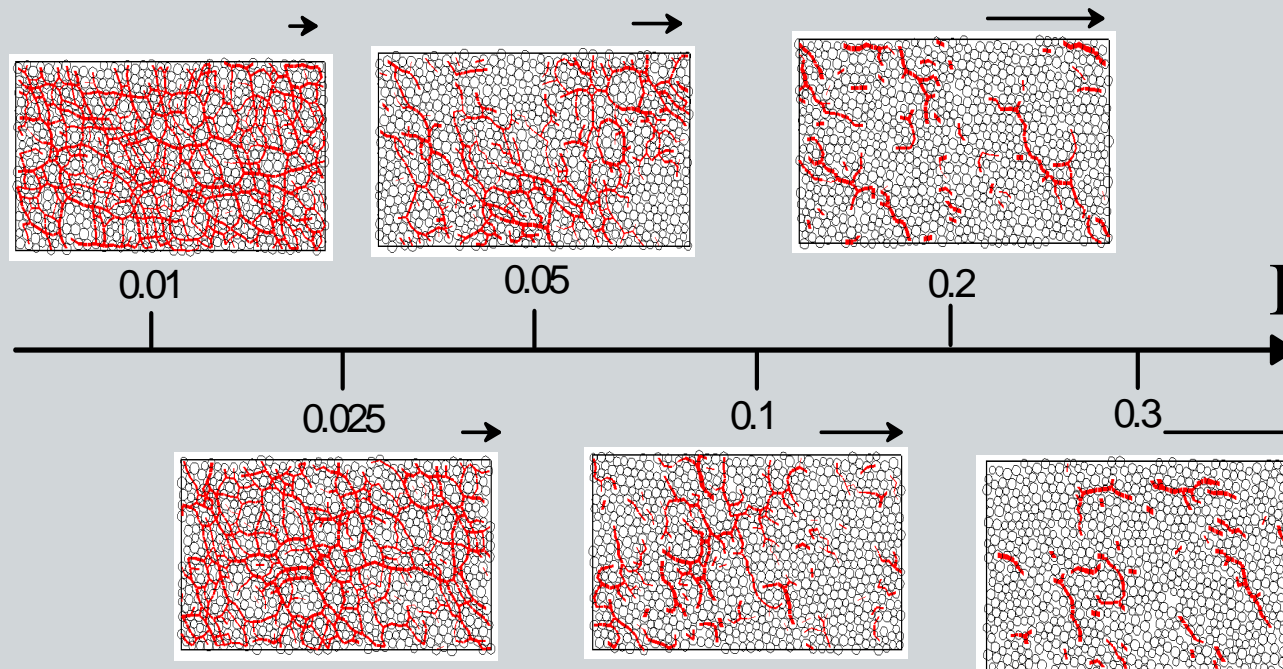


ETAT DE CISAILLEMENT

NOMBRE INERTIEL

$$I = \frac{\text{temps inertiel}}{\text{temps de cisaillement}}$$

Quasi-Statique
Petites déformations
≈ Solide élastoplastique

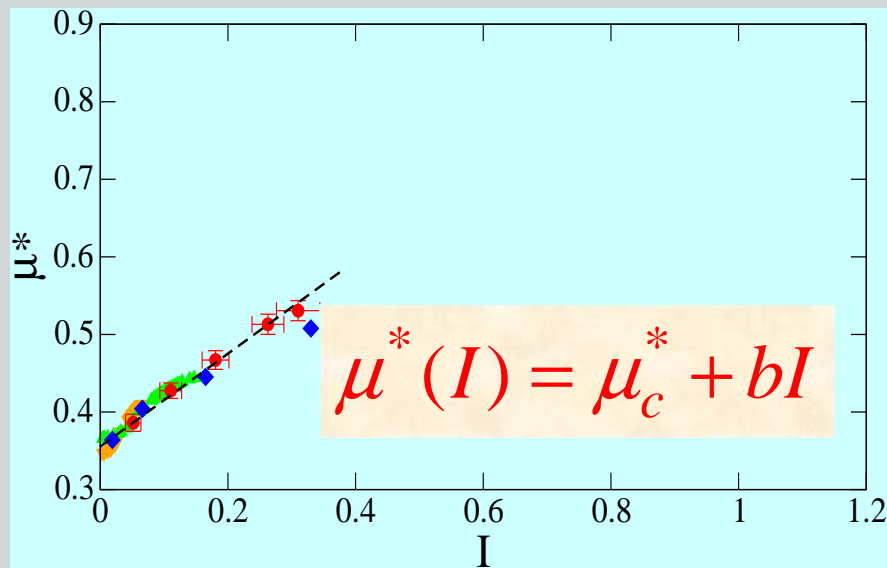


Forte agitation
Collisionnel
≈ Gaz dense

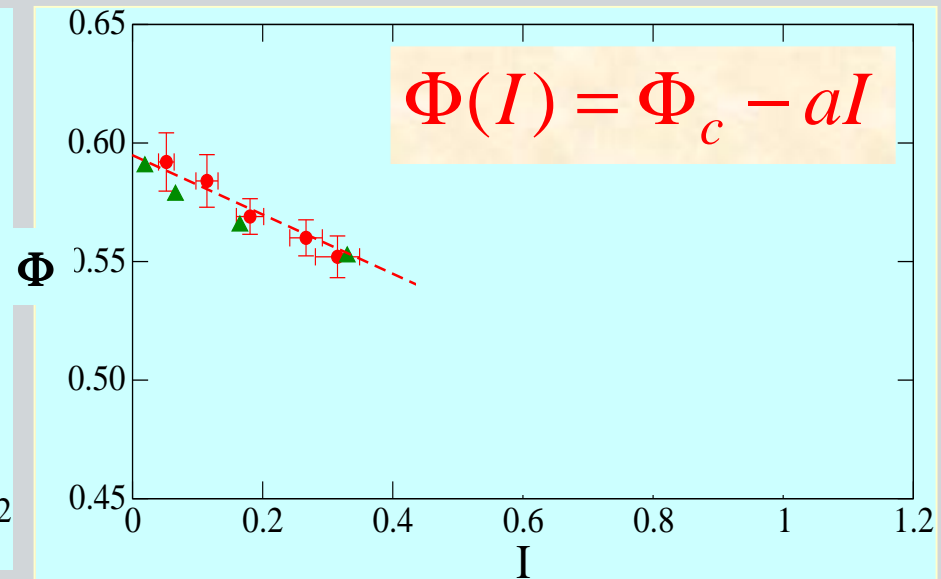


LOI D'ÉCOULEMENT: SPHERES

FROTTEMENT



COMPACTITE

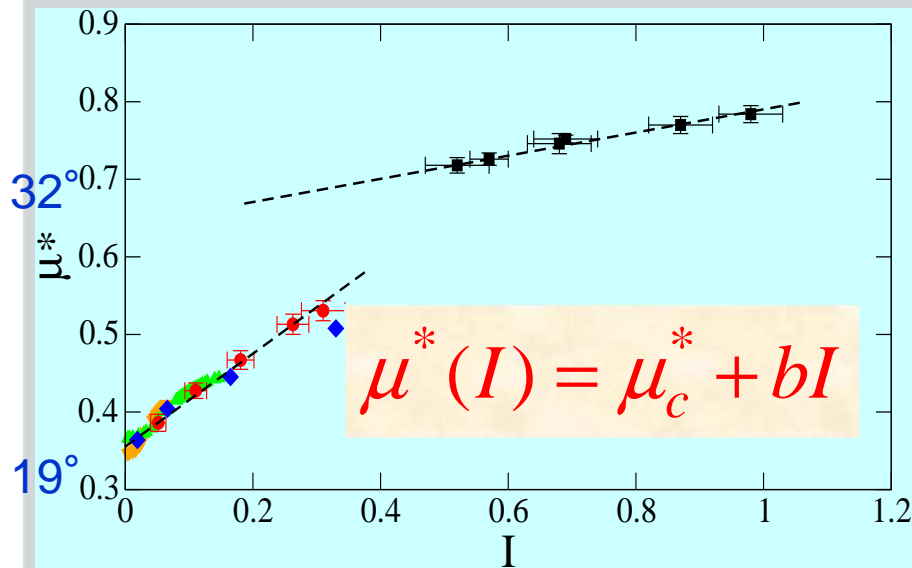


Comparaison expériences billes de verre / autres simulations

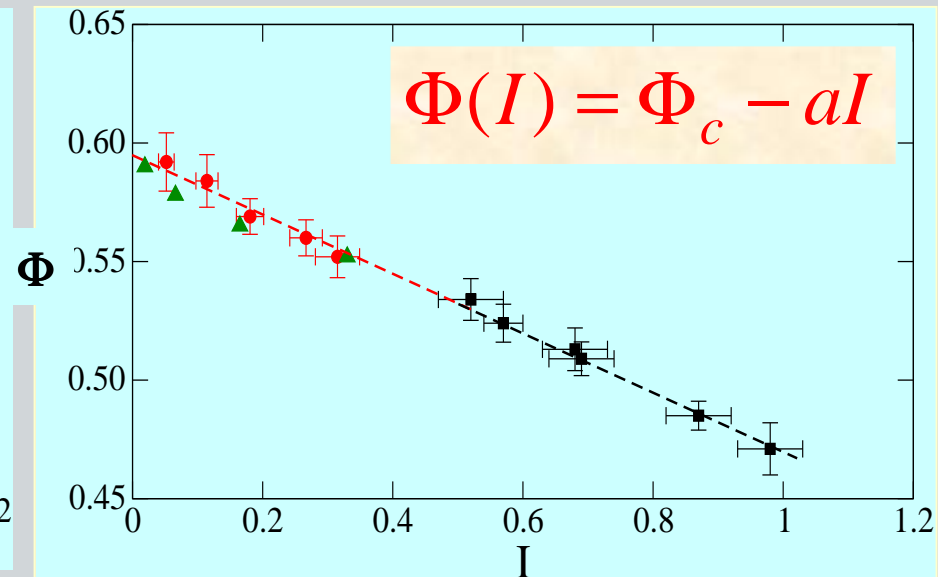


LOI D'ÉCOULEMENT: POLYEDRES

FROTTEMENT



COMPACTITE



Rapport des débits

$$\frac{Q_R}{Q_A}(\theta) = \frac{b_A}{b_R} \frac{\theta - \theta_R}{\theta - \theta_A}$$



CONCLUSIONS

Les écoulements sur plan incliné discriminent bien les grains selon leur forme et caractérisent la rhéologie du granulat

La simulation fournit diverses informations microscopiques (non décrites ici)

Tendance au blocage près de la paroi rugueuse pour les polyèdres

Etude paramétrique plus large à mener
(caractéristiques géométriques / physiques, mélanges...)

Azema et al., Physical Review E, **86**, 031303 (2012)

