

Maxym BUREL



MINES Saint-Étienne

Transition blocage/écoulement d'une suspension non-brownienne dans un liquide

Problématique industrielle

■ Blocage de suspension en écoulement

- Extraction offshore, pétrochimie, béton, peinture...



Polyéthylène

Béton

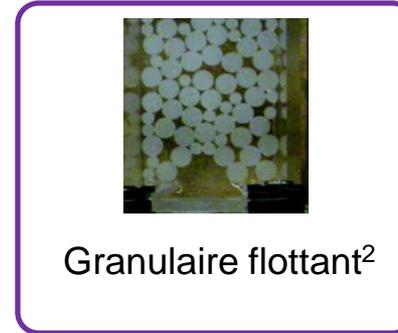
Peinture

■ Scénario étudié: blocage provoqué par un obstacle simulant une agglomération de particules sur les parois

■ Quelle est l'influence sur la dynamique du blocage de :

- Dimension de l'obstacle
- Débit liquide
- Morphologie

État-de-l'art



- Force motrice constante : pesanteur
- Description de la taille d'avalanche : *loi puissance*

- Force motrice variable: trainée visqueuse
- Probabilité de blocage

¹ Martin Alexandre, 2008, *Etude du blocage d'écoulement dans une géométrie de silo*, revues INIST.

² Guariguata et al, 2012, Jamming of particles in a two-dimensional fluid-driven flow, Physical review E .

Dispositif expérimental

■ Caractéristiques des particules

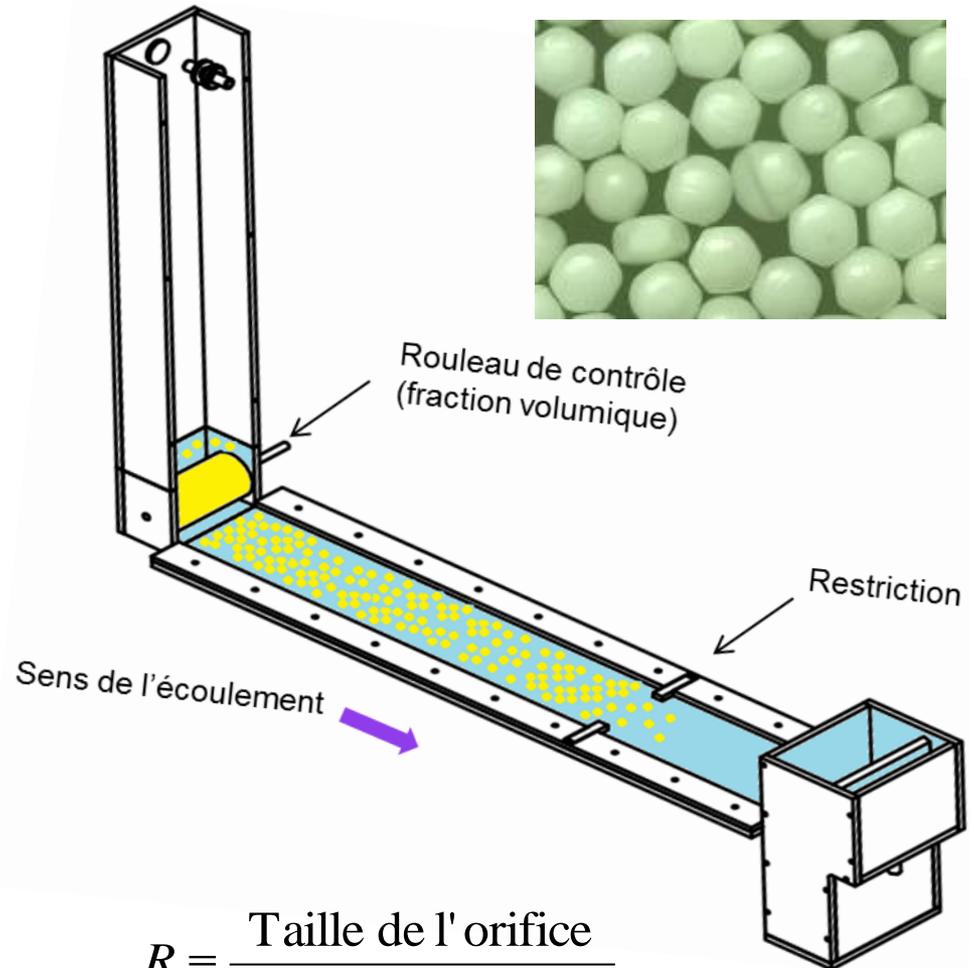
- Isodensité : PE dans eau + glycol
- Taille $D \approx 6$ mm

■ Caractéristiques de l'écoulement

- Laminaire
- $St \ll 1$

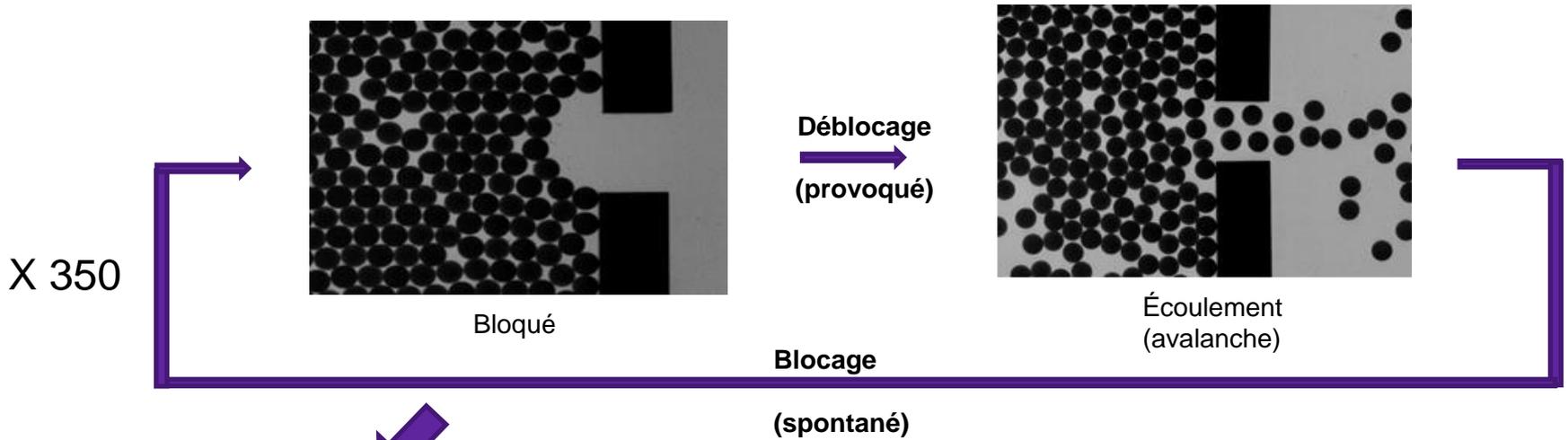
■ Paramètres étudiés :

- Deux débits : $Re = 185$ ou 1480
- Deux morphologies : $AR = 1$ ou $0,8$
- Taille orifice : $1D < L < 4D$

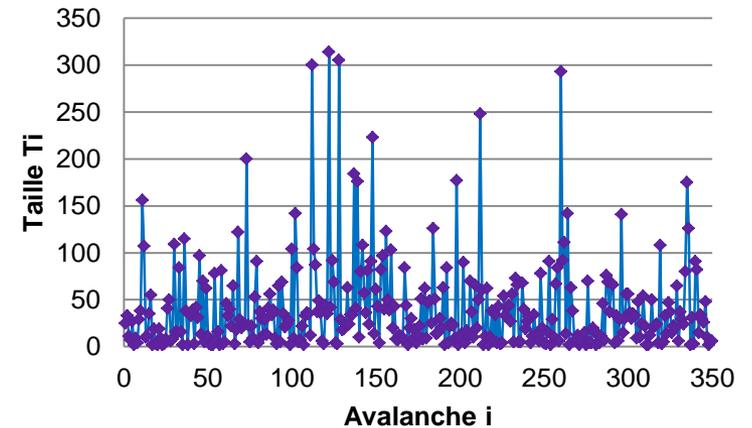
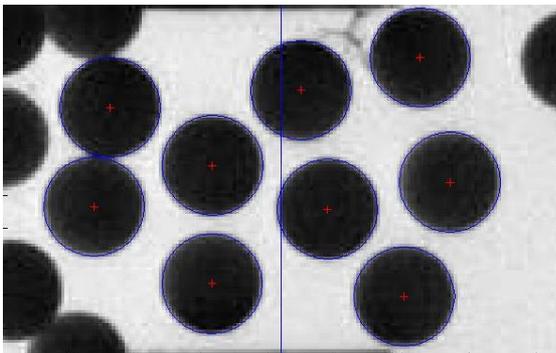


$$R \equiv \frac{\text{Taille de l'orifice}}{\text{Diamètre particule}}$$

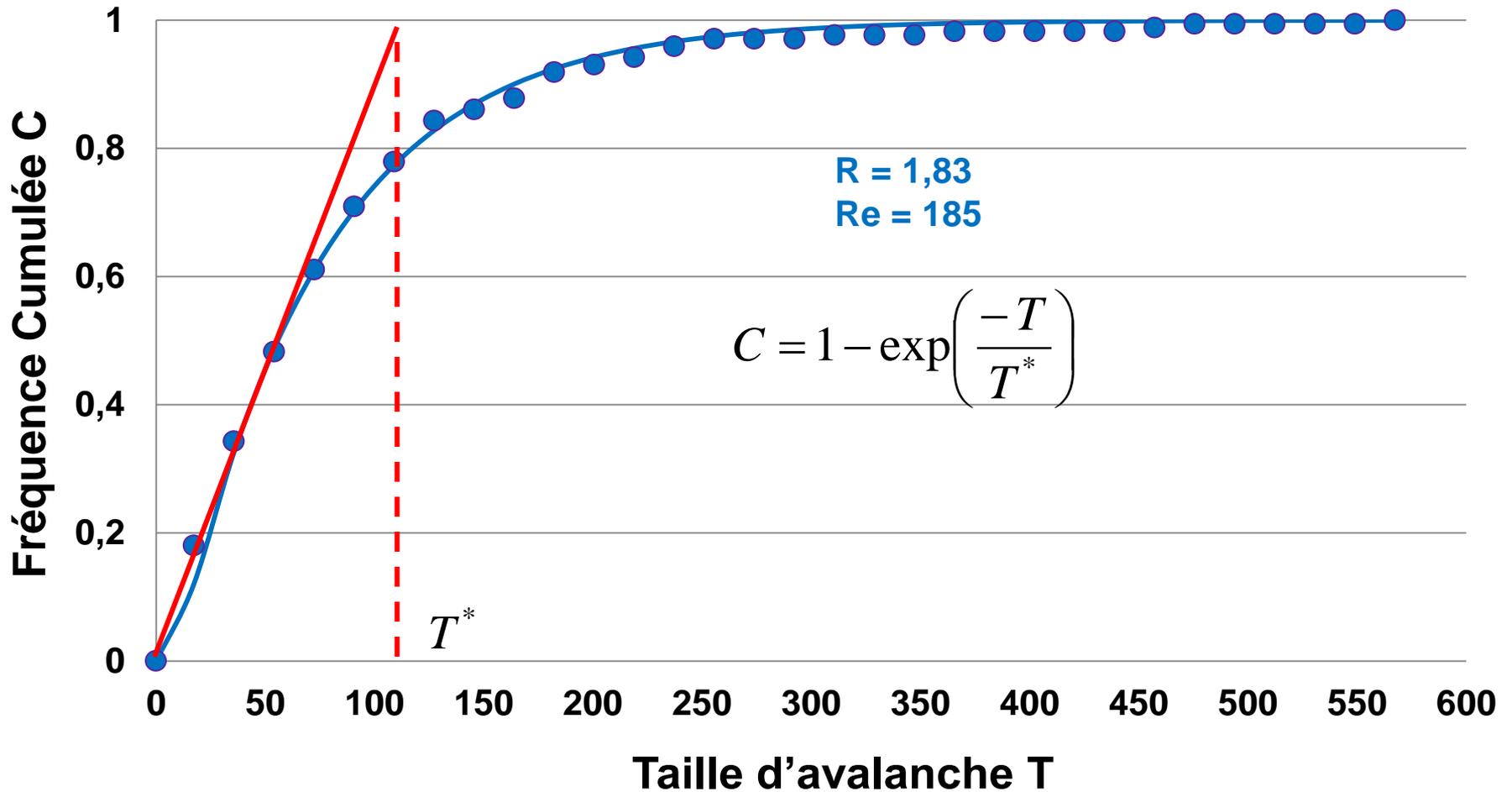
Protocole



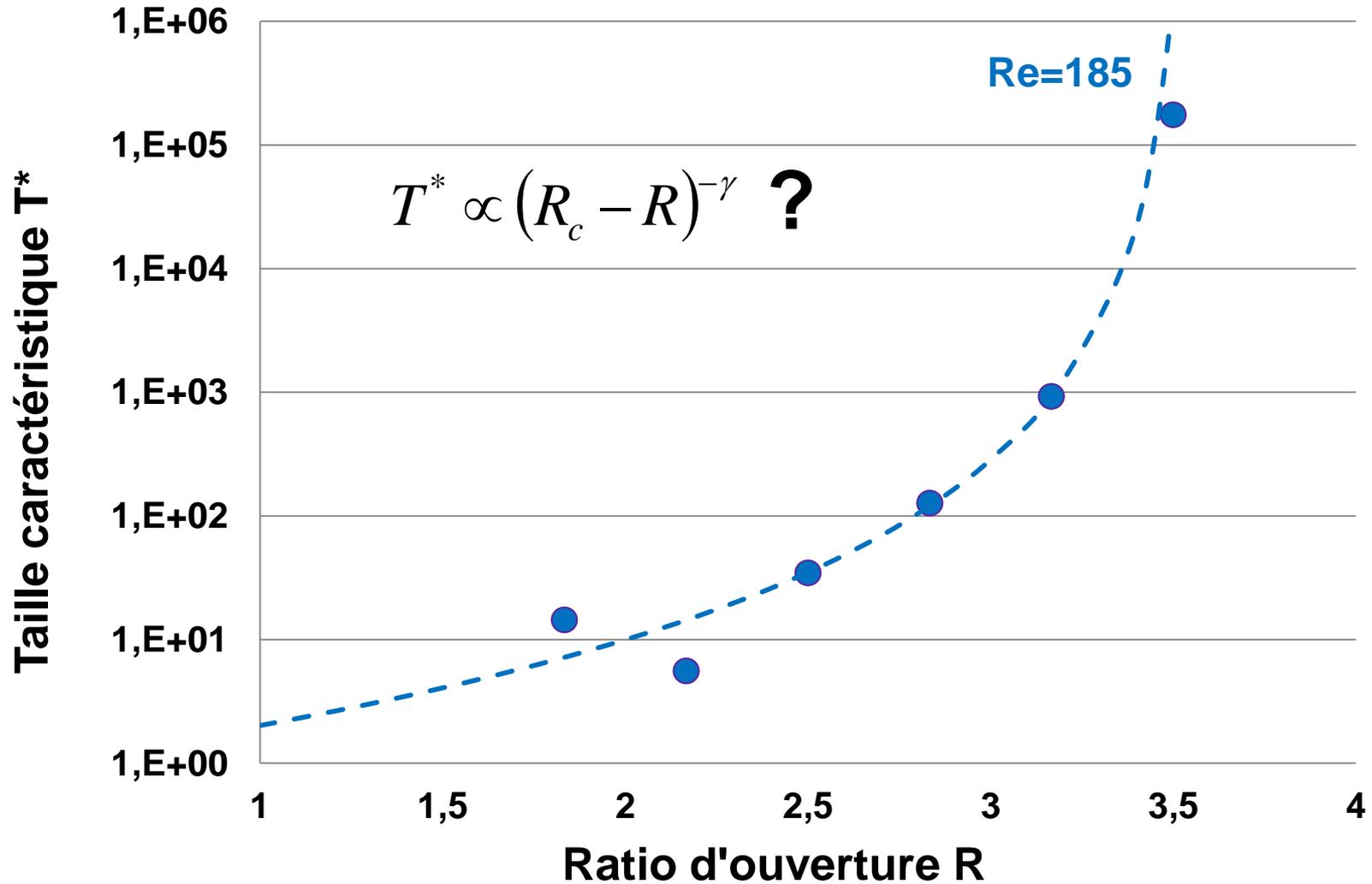
■ Analyse d'images



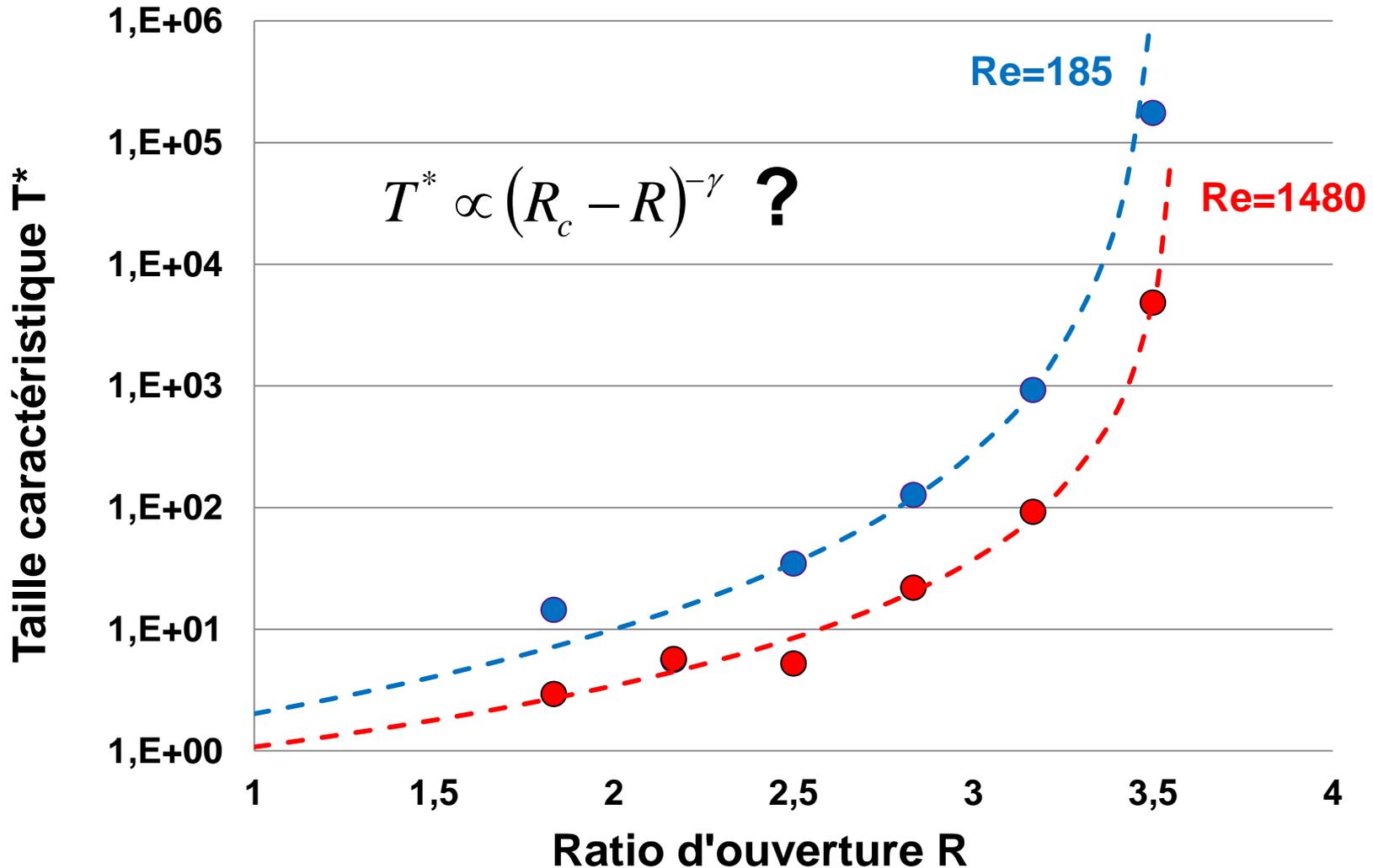
Densité de distribution



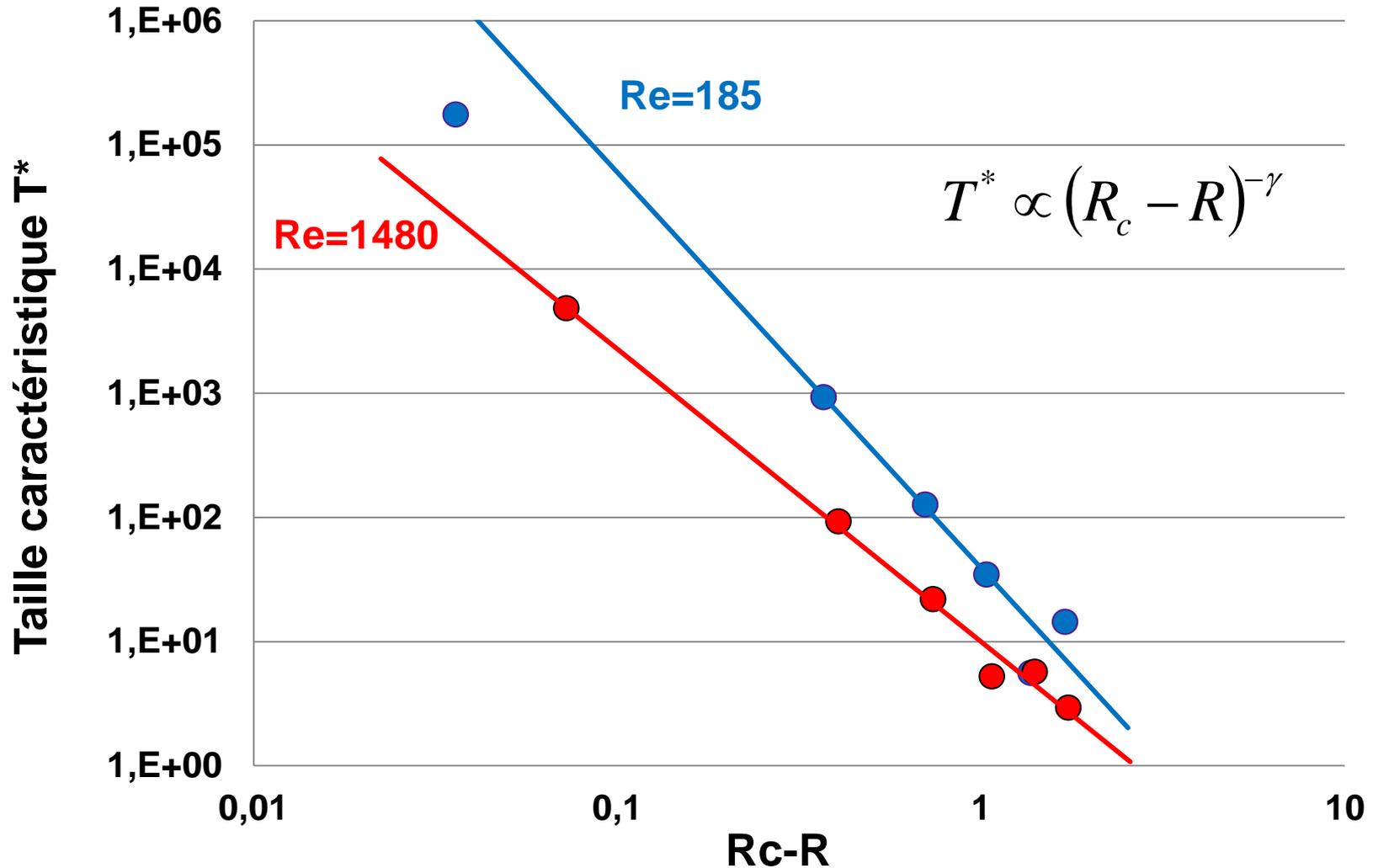
Résultats sphères



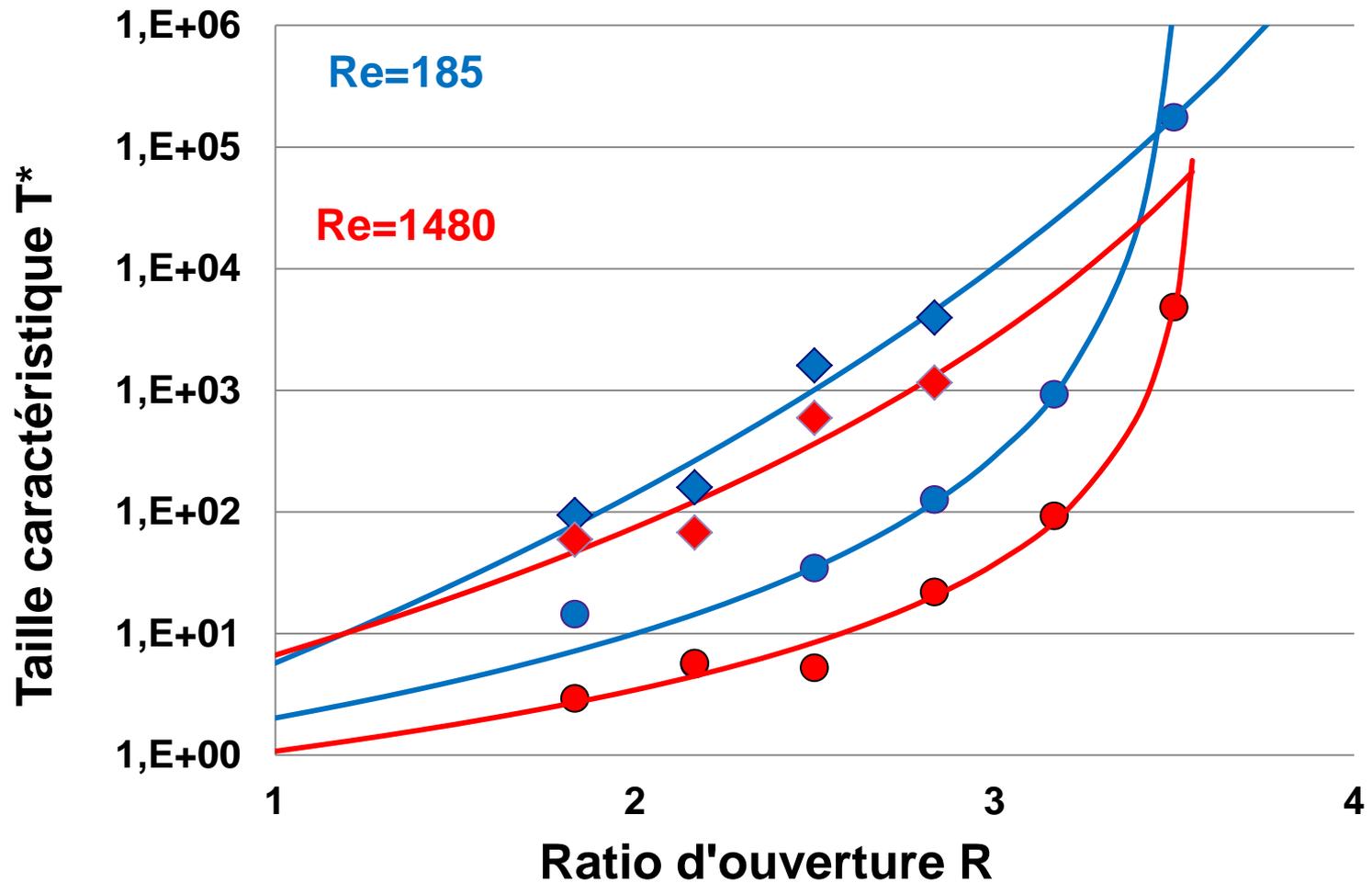
Résultats sphères



Divergence en loi de puissance

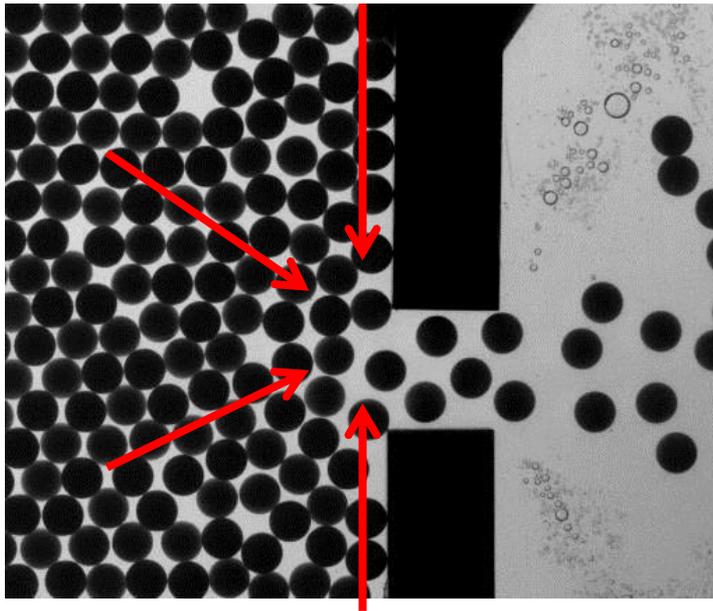


Influence de la morphologie

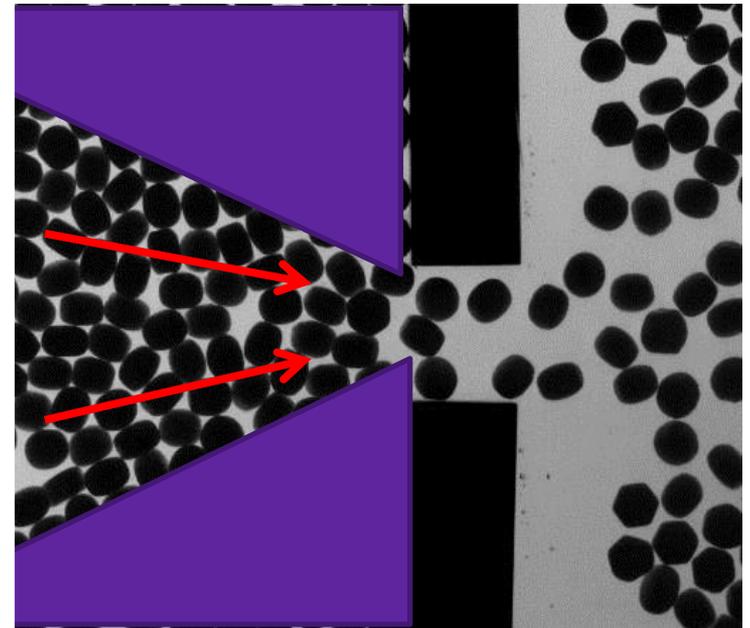


Influence de la morphologie

Sphères aplaties → avalanches plus importantes !!!!

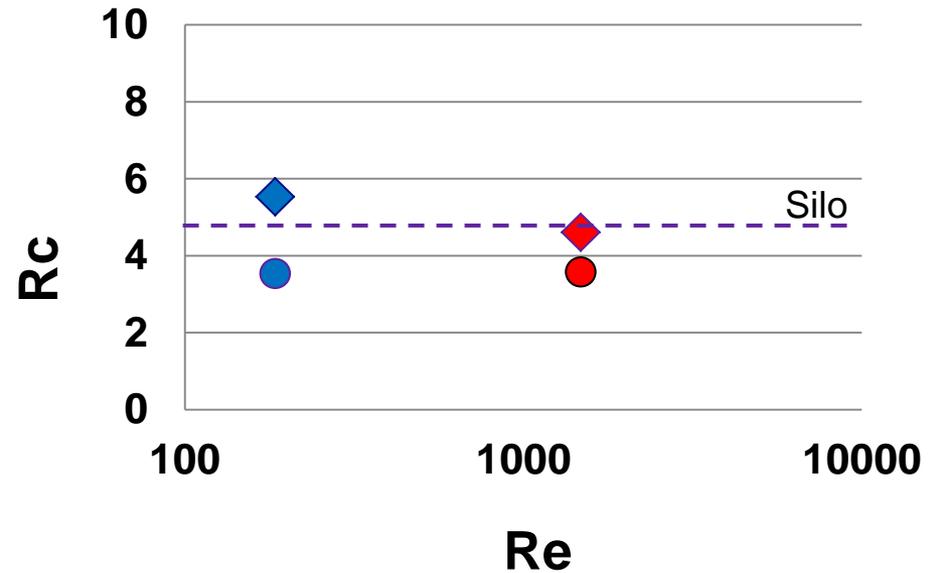
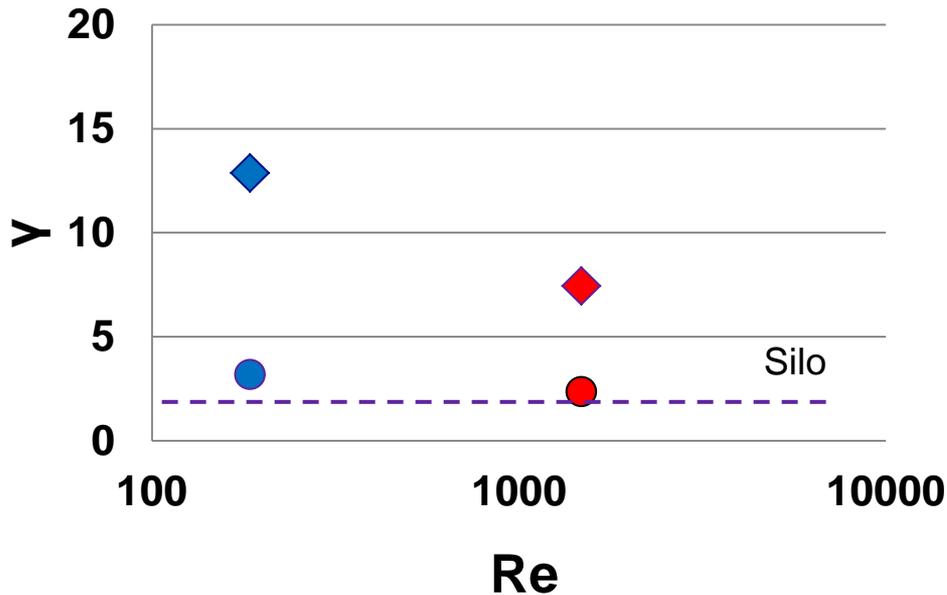


Sphères



Sphères aplaties

Influence de la morphologie



Conclusions

- **Mise en place d'un dispositif pour étudier le blocage de suspension**
- **Utilisation en mode « avalanche »**
- **Taille de l'obstacle : divergence en loi de puissance**
- **Débit élevé favorise le blocage**
- **Morphologie : observation de zones mortes qui maintiennent l'écoulement unidirectionnel**

Perspectives

■ Etudier les forces d'interaction

- Contacts entre les particules pour générer une force attractive (type Van Der Waals)

■ Simulation

- Couplage CFD/DEM.
- Modélisation des interactions hydrodynamiques et de contacts.

■ Etude de différentes granulométries.



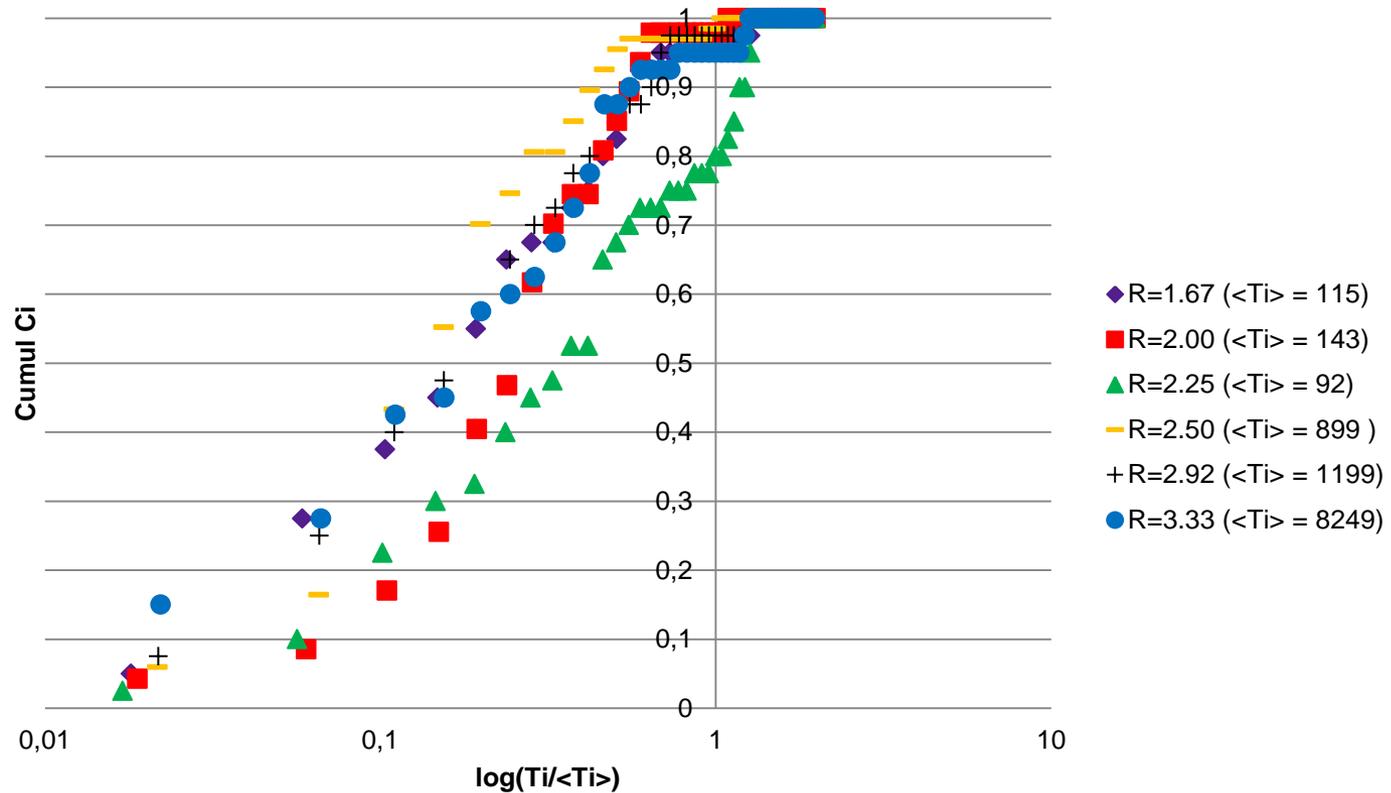
Merci de votre attention

www.mines-stetienne.fr



Une école de l'Institut Mines-Télécom

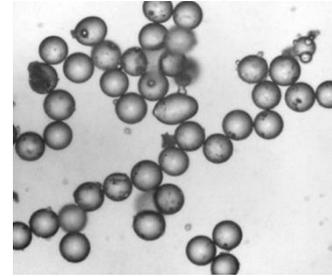
Résultats



Annexe 1

■ Forces subies par les grains :

- Forces hydrodynamiques,
- Forces de contacts (friction solide entre grains)



■ Paramètres influants :

- La forme des particules,
- Aspect de la surface (rugosité...),
- Revêtement de la surface (polymères, cire...),
- Taille de grains qui fait varier les rapports sur la cohésion (contact sec ou capillaire).

Dispositif expérimental

■ Vitesse fluide (vidange seul) et nombre de Reynolds

- Vitesses comprises entre [0,9 et 3,4 m/s].
- Re compris entre [3 et 8].

■ Nombre de stokes et implications

$$St = \frac{\rho_p d_p^2 v_f}{\mu D_H} = 850$$

Avec,

$D_H = \frac{4A}{P}$ le diamètre hydraulique en m.

v_f la vitesse du fluide en m/s.

μ la viscosité dynamique du mélange en Pa/s.

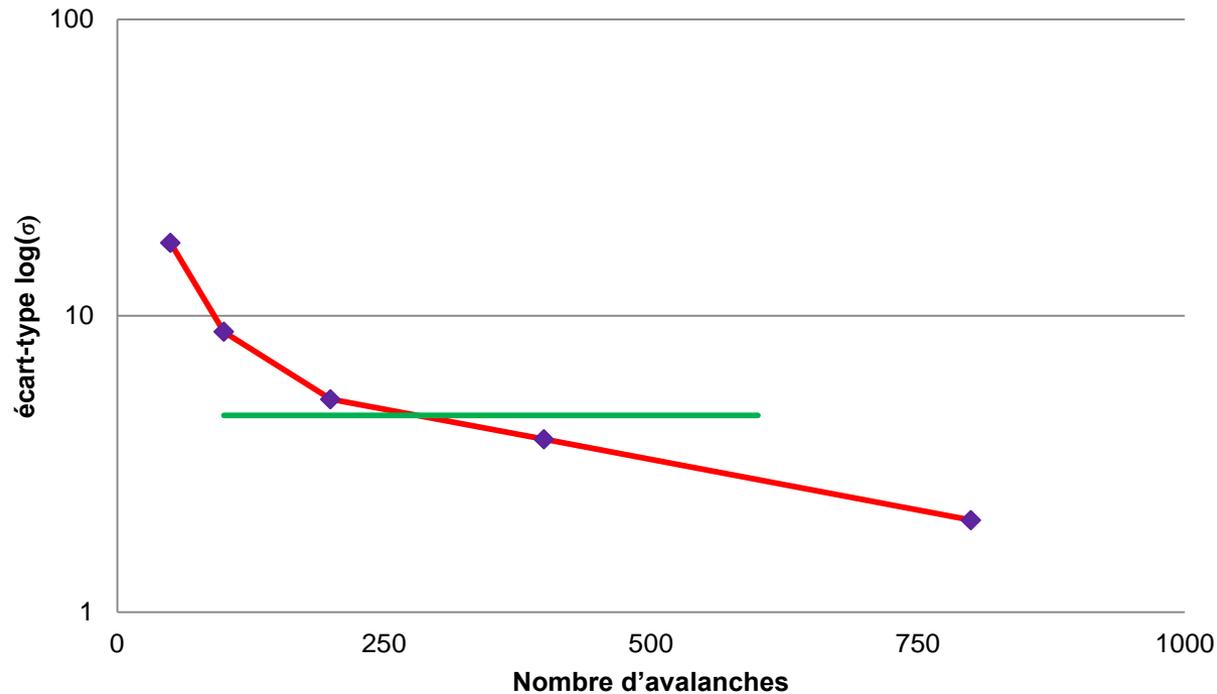
ρ_p la masse volumique des particules en kg/m^3 .

d_p le diamètre des particules en m.

■ Caractéristiques des particules étudiées

- Billes de 6 mm en PE.
- Sphériques
- Isodensité

Qualités des statistiques



■ Intervalle de confiance de 95% → $\sigma = 4,60$

■ Choix du nombre d'avalanches : 350



Peu d'études expérimentales disponibles
Analogie vidange gravitaire de silo (2D
et 3D), étude numérique (PFC itasca)
et expérimentale.
Ecoulement de disques flottants dans
un canal (numérique et
expérimentale).

Physique à l'échelle des interfaces
caractérisation d'un état macroscopique





Sommaire

- **Problématique**
- **Etat-de-l'art**
- **Dispositif expérimental**
- **Résultats**
- **Conclusion et perspectives**