

Un capteur de force pour mesurer les écoulements hyperconcentrés au laboratoire

A force sensor to characterize the physics of hyperconcentrated flows in the laboratory

Alain RECKING* (IGE INRAE, Grenoble, France), **Marco PIANTINI** (IGE), **Florent GIMBERT** (IGE), **Zavier BERTI** (IGE), **Hervé BELLOT** (IGE INRAE)

1. Introduction

Le transport solide peut se produire sous des formes très différentes. En montagne en particulier, il peut se produire sous une forme dite « hyperconcentrée », où les concentrations sont fortes, et où les interactions inter-granulaires dominent. Lorsqu'en plus de l'intensité, interviennent des interactions entre tailles de grains (tri granulométrique) on observe au final des phénomènes avec des dynamiques et une rhéologie complexes, difficiles à étudier et à modéliser.

Dans cette contribution, nous présentons une expérimentation originale au laboratoire, où ce phénomène a pu être étudié. Tout d'abord, au lieu d'une alimentation classique continue en eau et sédiments, le protocole mis en place permet de simuler des départs de bouffées sédimentaires auto formées (pulses) qui se propagent à forte vitesse le long du canal. Ensuite un capteur de force a été adapté au canal pour mesurer les caractéristiques de ces pulses.

2. Le dispositif expérimental

Les expériences ont été réalisées au laboratoire de l'Inrae Grenoble, dans un canal inclinable de 6 m de long pour 5 cm de large. Le canal est alimenté en amont de façon continue par de l'eau et des sédiments, comme c'est classiquement le cas. Une originalité cependant, est qu'un plateau de pente nulle a été inséré entre l'alimentation et le canal [Piantini *et al.*, 2021] ; par conséquent les sédiments provenant de l'alimentation continue sont contraints de s'accumuler sur ce plateau avant de pouvoir se propager en aval. Ce phénomène génère des départs, uniquement lorsque le dépôt auto-formé est à saturation. Ces départs prennent la forme de pulses, dont l'intensité est accrue par un phénomène de tri granulométrique [Bacchi *et al.*, 2014] au cours duquel les sédiments fins infiltrés dans la matrice servent de lubrifiant pour un transfert efficace des sédiments grossiers en surface. La figure suivante présente le dispositif, avec les différents capteurs.

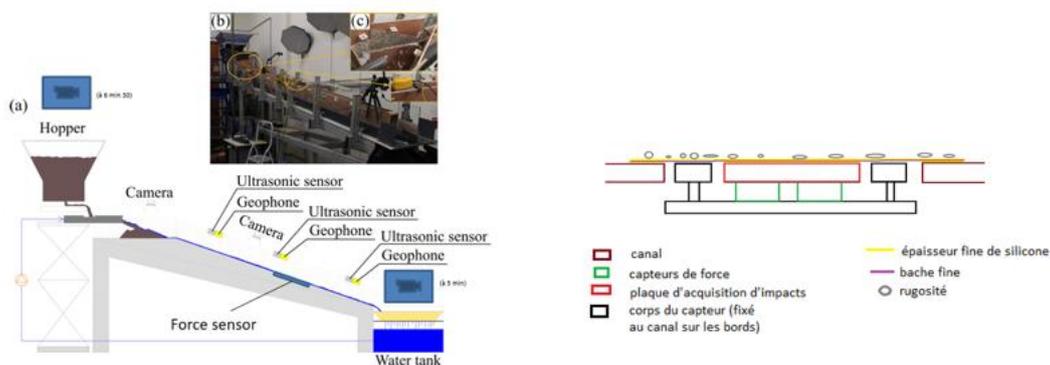


Figure 1:Présentation du dispositif expérimental (à droite schéma d'installation du capteur de force)

Des géophones mesurent la puissance sismique émise par les sédiments en mouvement. Pour accéder plus finement aux interactions des grains avec le fond, nous avons utilisé un capteur de force de type Kistler 9601A21 mesurant à 30 kHz, inséré dans le châssis du canal. Les expériences ont été réalisées avec des mélanges bimodaux caractérisés par 20 à 40% de sables, D50=5-6mm et D84=9-10mm, et avec un débit liquide de 0.6 l/s, et une gamme de pente 28-38%.

3. Résultats

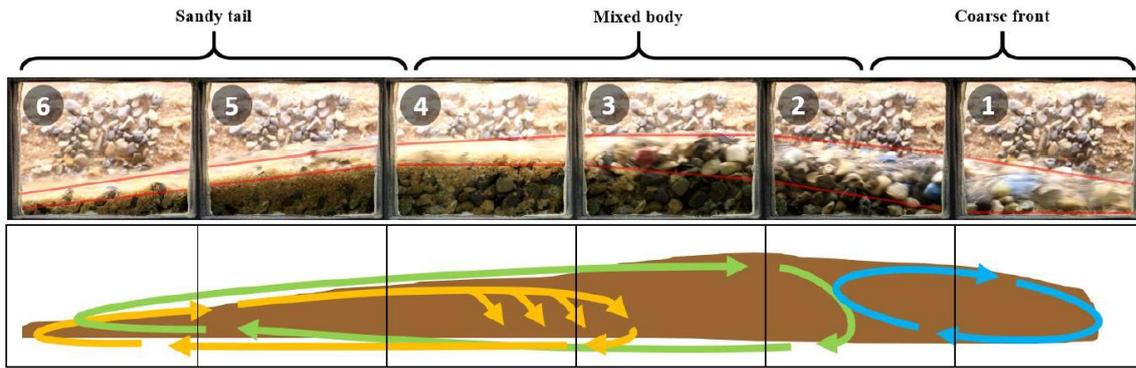


Figure 9: (TOP) Photos at ~ 2 s intervals describing approximate shape of a pulse (pulse velocity estimated as 0.05 m/s and cut-out is 10 cm long). Red outline approximately describes region where grains are in motion. (BOTTOM) Motion of different sections, relative to the advancing pulse.

Figure 2: Représentation schématique de la propagation du pulse

La capture vidéo des pulses a mis en évidence un transfert principalement dominé par le tri granulométrique [Piantini et al., 2023], avec un front composé essentiellement de sédiments grossiers qui se comportent comme un barrage mobile régulièrement déstabilisé par des apports de fins provenant de la partie amont du pulse. Les mesures avec le capteur de force donnent des informations précises sur la répartition des forces au sein du pulse. La figure suivante montre pour différents pulses, la hauteur de mélange H , la force normale F_N , la force tangentielle F_T et la résultante F_R , ainsi que l'angle θ_R entre cette résultante et la direction de l'écoulement. L'analyse de ces données suggère que la dynamique du mélange est également contrôlée par l'existence de chaînes de forces qui s'exercent depuis le front de sédiments grossiers, jusqu'au corps du mélange. Ce dispositif permettra on l'espère de mieux comprendre la rhéologie de ces écoulements complexes.

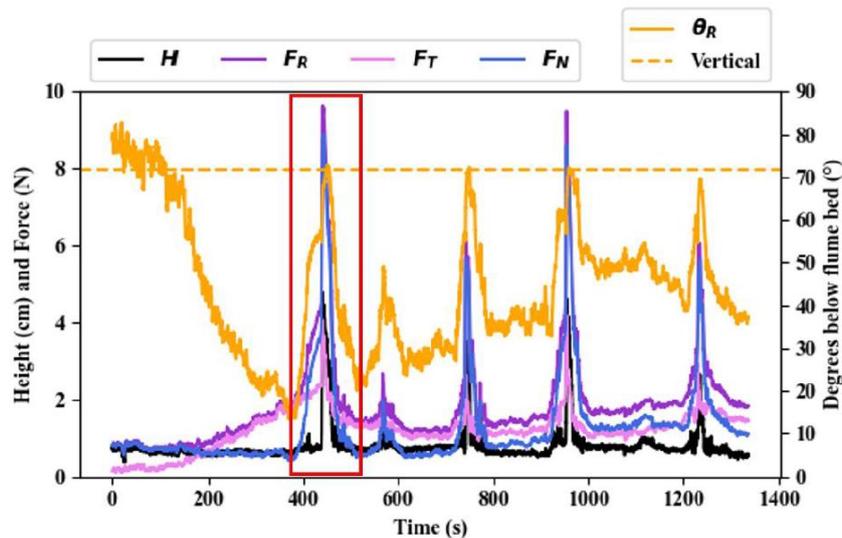


Figure 3: Exemple de forces mesurées avec le capteur

REFERENCES

- Bacchi, V., A. Recking, N. Eckert, P. Frey, G. Piton, and M. Naaim (2014), The effects of kinematic sorting on sediment mobility on steep slope, *Earth Surface Processes and Landforms*, DOI: 10.1002/esp.3564.
- Piantini, M., F. Gimbert¹, E. Korkolis, R. Rousseau, H. Bellot, and A. Recking (2023), Solid Concentration as a Main Proxy for Basal Force Fluctuations Generated by Highly Concentrated Sediment Flows, *Geophysical Research Letters*, 50(e2022GL100345), doi: <https://doi.org/10.1029/2022GL100345>.
- Piantini, M., F. Gimbert, H. Bellot, and A. Recking (2021), An experimental study on the genesis and propagation of exogenous sediment pulses in mountain channels, *Earth Surface Dynamics*.