

Auto-diffusion dans les écoulements granulaires denses

Riccardo Artoni^{a*}, Patrick Richard^a, Michele Larcher^b et James T. Jenkins^c

- a. MAST-GPEM, Univ Gustave Eiffel, IFSTTAR, F-44344, Bouguenais, France
- b. Free University of Bozen-Bolzano, I-39100 Bozen-Bolzano, Italy
- c. Cornell University, Ithaca, NY 14053, USA

* email : riccardo.artoni@univ-eiffel.fr

La diffusion dans les écoulements granulaires est un phénomène important pour bien comprendre les mécanismes de mélange et de ségrégation. Elle a déjà été caractérisée expérimentalement pour différentes configurations d'écoulement. Néanmoins, les lois d'échelles discutées dans la littérature sont souvent empiriques [1], et ne tiennent pas compte de la possible anisotropie du tenseur de diffusion, qui a pourtant été mise en évidence pour les écoulements dilués [2].

Dans cette contribution, nous présentons des mesures de coefficients d'auto-diffusion dans des simulations numériques discrètes d'écoulements de sphères presque monodisperses, inélastiques et frottantes. Nous nous concentrons sur une gamme de fractions volumiques solides relativement élevées. Elles correspondent à ce qui est observé dans des écoulements gravitaires terrestres dominés par les interactions gravitationnelles entre grains. La diffusion pour cette gamme de fraction solide n'a pas été bien caractérisée dans les études précédentes. Le but de ce travail consiste à analyser l'anisotropie de l'auto-diffusion et à utiliser les résultats obtenus pour tester les prédictions de la théorie cinétique des gaz granulaires.

Dans un premier temps, nous présentons des résultats obtenus dans une configuration de cisaillement homogène (tri-periodique) [3]. Ils mettent en évidence la présence d'anisotropie et l'effet de la fraction volumique. Nous discutons par la suite les résultats d'une série de simulations d'écoulements hétérogènes, obtenus par l'imposition d'un champ de gravité complexe. La relation classique issue de la théorie cinétique des gaz granulaires sous-estime la magnitude de l'auto-diffusion ; néanmoins, le scaling de la théorie cinétique, pour lequel le rapport entre le coefficient d'auto-diffusion et la racine carrée de la température granulaire serait une fonction de la fraction volumique, se montre mieux adapté pour décrire l'autodiffusion que d'autres lois d'échelle empiriques proposées en littérature (et basées sur le rapport entre le coefficient de diffusion et le taux de cisaillement).

Notre objectif est d'obtenir des relations applicables à l'évolution spatio-temporelle des écoulements polydisperses, dans les procédés industriels et les écoulements géophysiques, dans lesquels la diffusion granulaire a lieu à des fractions volumiques élevées. Il est bien connu que dans de tels écoulements hétérogènes, la température granulaire est une variable dynamique importante, qui peut être utilisée pour modéliser des effets non locaux. L'utilisation de lois d'échelle contenant la température granulaire permet de considérer ces effets non-locaux dans la description de la diffusion induite par l'écoulement.

[1] Utter, B., & Behringer, R. P. (2004). *Physical Review E*, 69(3), 031308.

[2] Campbell, C. S. (1997). *Journal of Fluid Mechanics*, 348, 85-101.

[3] R. Artoni, M. Larcher, J. T. Jenkins, P. Richard, *Soft Matter*, 2021,17, 2596-2602 .