



HAL
open science

Milieux granulaires vibrés : étude du démon de Maxwell granulaire

Yves Garrabos, Carole Lecoutre-Chabot, Fabien Palencia, Samuel Marre

► **To cite this version:**

Yves Garrabos, Carole Lecoutre-Chabot, Fabien Palencia, Samuel Marre. Milieux granulaires vibrés : étude du démon de Maxwell granulaire. Colloque Annuel du GDR MFA 2799 (Micropesanteur Fondamentale et appliquée), Comité du GDR MFA 2799, Nov 2022, Hyères, France. 2 p. hal-04153939

HAL Id: hal-04153939

<https://hal.science/hal-04153939v1>

Submitted on 6 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

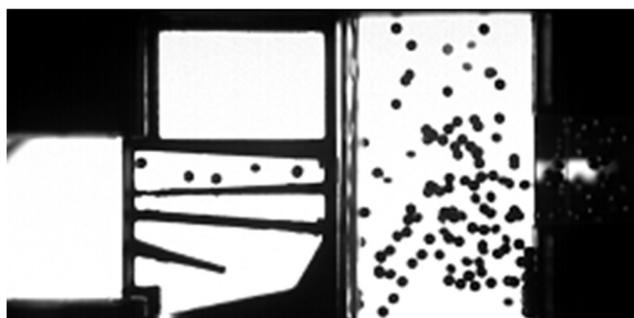
Milieux granulaires vibrés : étude du démon de Maxwell granulaire

Yves Garrabos¹, Carole Lecoutre¹, Fabien Palencia¹, Samuel Marre¹

¹ Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, ICMCB, UMR 5026, F-33600 Pessac, France

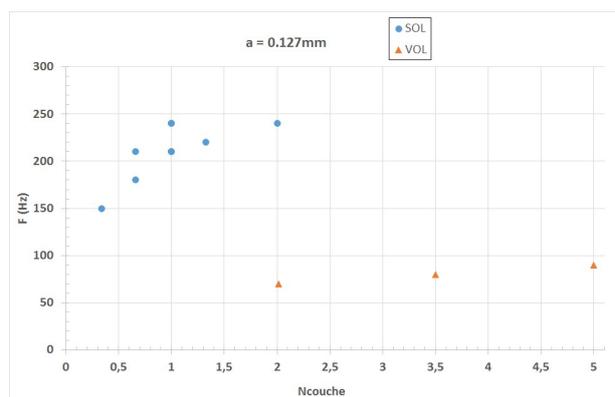
La richesse et la diversité des comportements de la matière hétérogène sous vibration en condition de micropesanteur trouvent leurs origines dans le fait que la vibration est susceptible d'induire des gradients de vitesse lorsque la densité du système est localement variable. L'absence d'accélération terrestre simplifie notablement l'analyse et permet un meilleur contrôle de ces comportements de la matière vibrée. A l'ICMCB, outre la participation aux opérations d'avancement de l'instrument VIP-GRAN de l'ESA pour un fonctionnement prévu dans l'ISS (réunions en distanciel du 27/08/2020, 04/04/2022 et 16/06/2022), un programme parallèle d'expériences sols et en vols paraboliques liées à l'étude du Démon de Maxwell granulaire est réalisé en utilisant un rack de vibration développé en interne. La campagne CNES VP146/58 de juin 2020 a permis de valider le design et le fonctionnement en microgravité de la cellule expérimentale permettant de visualiser le mouvement et de compter les billes transférées d'un compartiment à l'autre. Nous présentons ici quelques résultats obtenus lors des expériences *sol* effectuées après cette campagne dont l'objectif est de permettre une meilleure optimisation des conditions exploratoires à satisfaire en condition de gravité réduite.

Rappel des conditions expérimentales en microgravité.



La première des deux figures ci-contre illustre le design du piège à bille (à gauche) qui permet de visualiser le transfert et le comptage des billes qui sont extraites du compartiment de droite au travers de la fente de communication médiane entre les deux compartiments, tout en ne permettant pas leur retour de gauche à droite.

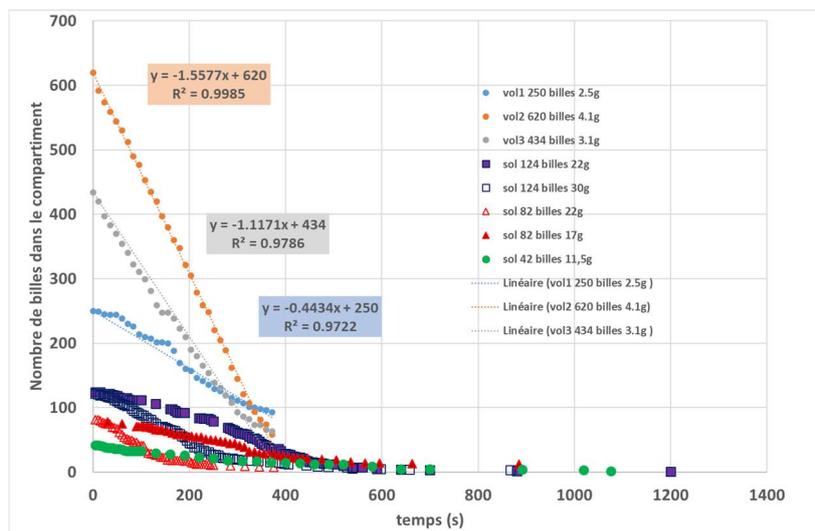
La deuxième figure illustre l'influence gravitaire dans les conditions opératoires nécessaires pour "fluidifier" le milieu granulaire qui imposent un facteur de l'ordre de 5 sur l'importance relative des niveaux d'accélération nécessaires pour combattre la gravité terrestre s'opposant à la fluidisation du milieu granulaire (ici à amplitude de vibration constante, soit 0.127 mm c'est à dire $\sim d/10$ où $d=1,21$ mm est le diamètre de la bille). Ce qui restreint fortement les possibilités technologiques dans la conception du système générant les vibrations en gravité réduite. En



complément il faut souligner que ces premières expériences en microgravité ont montré l'importance de la durée de microgravité puisqu'il a été impossible de vider totalement le compartiment de droite pendant les 31 paraboles du vol journalier. Par contre, au cours de ces trois jours de vol et sans validation précise des conditions de fluidisation du milieu granulaire en microgravité (qui est précisément un des objectifs scientifiques visés avec l'instrument VIPGRAN à bord de l'ISS), nous avons pu déjà vérifier que les conditions de microgravité permettent d'étudier des taux de remplissages impossibles à étudier au sol, même avec une réduction significative de la plage d'accélération expérimentale.

L'optimisation sol des conditions expérimentales à satisfaire en microgravité.

Les expériences sols qui ont suivi la campagne de vols CNES VP 146/58 de 2020 ont pour objet principal l'optimisation des paramètres opératoires à utiliser en microgravité puisqu'il est maintenant acquis que seul un nombre restreint de vols paraboliques ou de séquences opératoires de l'instrument VIPGRAN pourront être utilisés pour mesurer le flux de billes extraites.



La figure ci-contre est focalisée sur les mesures des débits obtenus pour des périodes de temps comparable à celles observées en microgravité (courbes supérieures lissées linéairement pour 31 paraboles avec 12 s d'ouverture de la fente au centre des 21 s de microgravité de chaque parabole, soit 372 s). Rappelons que les conditions opératoires sont alors très différentes pour cet exemple ou l'amplitude de vibration (ici 0.127 mm soit $\sim d/10$ où $d=1,21$ mm est le

diamètre de la bille) a été fixée. En conséquence, la plage du nombre initial de billes remplissant le compartiment est significativement réduite. Cette figure montre alors un comportement du flux de bille fortement influencé par le niveau de gravité (élevé avec les symboles pleins, faibles avec les mêmes symboles creux), traduisant des niveaux de fluidisation très différents et donc des vitesses moyennes de billes très différentes. Ici nous limiterons l'analyse aux conséquences pratiques liées à l'optimisation de niveau d'accélération pour que la durée de microgravité typique (ici 372s comme indiqué précédemment) soit suffisante pour vider le compartiment permettant alors d'étudier le comportement du flux pour un nombre billes significativement inférieur à une couche.

Perspectives

La prochaine campagne de vols paraboliques CNES devrait être ciblée sur l'étude de l'impact du niveau de gravité à nombre constant de billes et amplitude fixée. En parallèle les études sols seront maintenant focalisées sur les comportements du flux de billes à faible nombre de billes dans la cavité, afin de confirmer l'existence d'un extremum dans sa variation en fonction du nombre billes, pour un nombre initial de billes inférieur à 1 couche (résultats sols obtenus par P. Evesque).

Simultanément, nous poursuivrons notre participation aux réunions d'avancement relatives à l'élaboration des protocoles expérimentaux utilisant l'instrument ESA VIPGRAN et celles aux expériences préparatoires en vols paraboliques.

Publications

M. Noirhomme, A. Cazaubiel, E. Falcon, D. Fischer, Y. Garrabos, C. Lecoutre-Chabot, S. Mawet, E. Opsomer, F. Palencia, S. Pillitteri, and N. Vandewalle, Particle dynamics at the onset of the granular gas-liquid transition, [Physical Review Letter], 126, 128002 (2021); doi: 10.1103/PhysRevLett.126.128002.

D. Puzyrev, D. Fischer, K. Harth, T. Trittel, R. Cruz Hidalgo, E. Falcon, M. Noirhomme, E. Opsomer, N. Vandewalle, Y. Garrabos, C. Lecoutre, F. Palencia, R. Stannarius, Visual analysis of density and velocity profiles in dense 3D granular gases, [Scientific Reports], 11, 10621, (2021) doi: 10.1038/s41598-021-89949-z