

Proposition de stage  
Ecole d'ingénieur / Master

Fluidisation locale d'un milieu granulaire

Encadrement :

Renaud Delannay, Institut de Physique de Rennes (renaud.delannay@univ-rennes1.fr)  
Thomas Gallot, l'Universidad de la Republica, Uruguay (thomas.gallot@gmail.com)  
Patrick Richard, Université Gustave Eiffel, campus de Nantes (patrick.richard@ifsttar.fr)

Déplacer un objet dans un milieu granulaire est particulièrement ardu. En effet, il est nécessaire de briser un réseau de forces hétérogènes pour pouvoir réorganiser localement le milieu et ainsi permettre la locomotion. Pour casser ce réseau, et fluidifier le milieu granulaire à proximité de l'objet, une des pistes est l'utilisation de la méthode du retournement temporel développée ces 20 dernières années en acoustique [Fink, 1993]. Elle permet en effet de focaliser l'énergie acoustique sur une zone spatiale, ce qui, dans le cas de milieux granulaires, permettrait de créer de manière contrôlée des réorganisations au niveau des contacts, et par conséquent de briser temporairement le réseau de force du système. La réussite de ce projet conduirait à des avancées significatives en robotique : malgré les nombreux progrès réalisés par cette thématique récemment, les robots sont encore loin de pouvoir engendrer les efforts et la puissance requise pour s'enfouir en profondeur dans les milieux granulaires. La fluidisation acoustique par retournement temporel permettrait de lever un verrou majeur de la locomotion au sien de ces milieux.

Le but du stage consiste donc à réaliser des expériences de retournement temporel acoustique sur les milieux granulaires afin de voir si elles conduisent à une fluidisation locale significative. Pour cela les signaux acoustiques émis depuis un objet situé au sein du milieu seront enregistrés par des récepteurs disposés sur les frontières du récipient contenant le système et renvoyés après retournement et amplification. La refocalisation vers la source va donc créer des vibrations d'amplitude importante au voisinage de l'objet. Dans ce stage, on se placera dans un cadre général de retournement temporel dans un milieu granulaire confiné [Harraz, 2017] en s'intéressant, dans un premier temps, aux capacités de refocalisation d'ondes vibratoires en milieu granulaire.

Pour la mise en œuvre de l'expérience, nous utiliserons un cylindre d'environ 30 cm de diamètre rempli d'un milieu granulaire constitué de billes de verres sphériques submillimétriques. L'expérience pourra aussi être menée dans des géomatériaux (sables, gravillons). Des pastilles piezo large bande seront utilisées pour l'émission/réception. Un réseau de pastilles disposé à l'intérieur du milieu permettra de créer le point source et de caractériser la focalisation. Un autre jeu de pastilles servira de miroir à retournement temporel depuis la surface du cylindre. Une étude paramétrique permettra de caractériser la refocalisation en fonction du nombre de sources du miroir, des fréquences utilisées, de la profondeur de la cible. Une fois réalisée cette étape fondamentale de caractérisation de la focalisation vibratoire, nous pourrons mesurer la diminution de la force nécessaire au déplacement d'un objet dans le milieu.

Ce stage aura lieu en partie à l'IPR (Université de Rennes 1) où il sera encadré par R. Delannay et pour une bonne moitié à l'Universidad de la republica en Uruguay où il sera encadré par Th. Gallot. Il est la première étape d'un projet large et ambitieux visant l'étude de

la locomotion de robots au sein de milieux granulaires. Il s'appuie sur des collaborations entre l'IPR (Université de rennes 1), le GPEM (Université Gustave Eiffel) et le laboratoire LS2N à Nantes.

*Références :*

[Fink, 1993] M. Fink, "Time reversal mirrors", Journal of Physics D: Applied Physics, 26, p. 1333-1350, 1993

[Haraz, 2017] M. Haraz "Diffusion multiple et retournement temporel des ondes ultrasonores dans les milieux granulaires secs et immergés", PhD thesis, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01876079>, 2017.