

Propagation d'onde sonores dans des empilements granulaires

Huillard Guillaume, Noblin Xavier & Rajchenbach Jean

LPMC, CNRS UMR 7336, UNS, Parc Valrose, 06108 Nice cedex 2
xavier.noblin@unice.fr

Résumé. La propagation d'ondes sonores dans des empilements granulaires présente des comportements originaux et mal-élucidés, qui sont liés au désordre et à la non-linéarité des interactions de contact. Grâce à l'utilisation de grains photoélastiques et d'une caméra rapide, nous avons réussi à visualiser en temps réel le champ de déformation associé à la propagation de l'onde sonore. Nous utilisons des grains cylindriques, ce qui permet de tester une alternative à la loi de contact propre aux sphères [1].

Nous présentons d'abord le cas de l'empilement le plus simple : une chaîne unidimensionnelle de grains cylindriques en contact. Nous étudions la propagation d'impulsions sonores dans les deux cas où leurs amplitudes sont petites (régime linéaire) ou grandes (régime non-linéaire) devant la force de confinement statique appliquée à la chaîne.

Dans le premier cas, nous observons l'effet des imperfections de surface des grains sur la vitesse des ondes. Nous montrons aussi que la dissipation provient essentiellement du frottement solide. Pour les grandes amplitudes, l'impulsion initiale unique se décompose en un train d'impulsion d'amplitudes décroissantes, de largeurs comprises entre 3 et 4 grains et de vitesses supersoniques (en se référant à la vitesse des ondes de son linéaire). La vitesse du pic principal, adimensionnée par la vitesse du son linéaire, ne dépend que du rapport entre l'amplitude de l'onde et la force statique. Ces observations sont interprétées en généralisant les résultats de Nesterenko [2].

Nous présentons ensuite le cas des empilements bidimensionnels. Les ondes linéaires se propagent le long des chaînes de contacts et leurs vitesses augmentent avec la force statique. Elles restent cependant toujours inférieures à celles mesurées à 1D. Cela suggère que la dynamique de l'onde le long d'une chaîne de force est influencée par les contacts latéraux à cette chaîne de contact.

Abstract. Propagation of sound waves in cohesionless granular packings presents original and complex behaviors due to the divided nature of those materials. Such medium display disordered and nonlinear properties. Our study is original because we use photoelastic cylinders. By means of a fast camera, we visualize the deformation field associated to the sound wave propagation. Moreover, we probe a contact law different from that of spherical grains. [1]

First we are interested in the simplest granular packing : a one-dimensional array of cylinders in contact. We carry out an experimental investigation concerning the propagation of an acoustic pulse, in both cases where the pulse amplitude is small (linear wave), or large (nonlinear waves), compared to the static confining force applied to the chain.

In the first case, we prove the prominent role played by the imperfections of the contacts on the sound celerity. We also show that the pulse damping mainly originates from dry friction. In the case of very large amplitude, the initial pulse breaks down into a wave train of decreasing amplitudes, with a width comprised between 3 and 4 grains and asupersonic speed. This speed, in units of sound celerity, depends only on the ratio of the amplitude to the static confining pressure. These observations are interpreted by generalizing the results of Nesterenko [2].

Finally, we address the case of the two-dimensional packings. Linear sound waves propagate through the static force chains and their velocities increase with the static force in the chain. However they are always smaller than in the one-dimensional case. It suggests that the wave behavior along the force chain is affected by the lateral contacts of the chain.

Références

1. HUILLARD, G., NOBLIN, X., AND RAJCHENBACH, J., *Physical Review E*, **84** (1), 016602 (2011).
2. NESTERENKO, V. F., *J. Appl. Mech. Tech. Phys.*, **24**, 567 (1983).