

La physique des routes de tôle ondulée

Nicolas Taberlet¹, Jim McElwaine², & Stephen W. Morris³

¹ Université de Lyon, École Normale Supérieure de Lyon, Laboratoire de Physique, 46 allée d'Italie, 69007 Lyon, France

² DAMTP, University of Cambridge, Wilberforce Rd, CB3 0WA Cambridge, U.-K.

³ Department of Physics, University of Toronto, 60 St. George St., Toronto, Canada, M5S 1A7

nicolas.taberlet@ens-lyon.fr

Sur les routes non goudronnées (de sable ou de gravier), le passage répété de véhicules fait apparaître un motif ridé : la tôle ondulée. Ce phénomène pose de gros problèmes dans les pays émergents et en Australie car, en plus du désagrément pour les passagers, il diminue fortement l'adhérence des véhicules. A l'heure actuelle, aucune solution satisfaisante n'a été trouvée pour combattre l'apparition de ces rides, la seule méthode consistante à les aplanir régulièrement à l'aide d'un bulldozer, processus long, coûteux et peu efficace.

En tant que physiciens, nous avons étudié le phénomène comme une instabilité d'un lit de grains secs soumis à une excitation périodique. Nous avons reproduit ce phénomène à l'échelle du laboratoire ainsi qu'à l'aide de simulations numériques de dynamique moléculaire de sphères molles. Notre montage consiste en une table ronde horizontale d'un mètre de diamètre. Un lit de sable naturel est déposé sur la table et celle-ci est mise en rotation. Une roue, attaché à un bras pivotant vient appuyer sur le lit de sable. Il est possible d'ajouter un ressort et un amortisseur afin de reproduire une suspension mais l'approche du physicien est de réduire le nombre de paramètres pour étudier les mécanismes fondamentaux. Ainsi, le plus grande différence entre notre montage et le cas réel réside dans le fait qu'aucun couple moteur n'est imposé à la roue. En effet, un véhicule avance car le moteur impose des efforts sur l'axe de la roue. A l'inverse, dans nos expériences la roue est simplement " tirée " à vitesse constante.

Nos expériences ont montré qu'un système simple, sans suspension, sans couple moteur, était suffisant pour déclencher le phénomène. Nous avons également mis en évidence que la taille des grains ou de la roue n'a que très peu d'influence sur la dimension des rides (hauteur et longueur d'onde). De plus, les rides ne font que croître dans le temps et ne disparaissent que si l'on réduit la vitesse de façon drastique. Tous nos travaux montrent que le phénomène est très robuste, c'est-à-dire qu'il apparaît pour une très large gamme de paramètres. Des tests réalisés avec du sable mouillé ou du riz montrent que des superbes rides existent pour des matériaux divers et variés. De plus, un très bon accord qualitatif a été observé entre les expériences et les simulations numériques. Nous avons également montré que certains paramètres " naturels " tels que le diamètre des grains ou celui de la roue n'ont pas d'influence sur le motif ridé. De cette constatation nous avons déduit un nombre sans dimension qui caractérise l'instabilité (nombre de Froude). Des études expérimentales ont confirmé que la transition correspondant à l'apparition des rides s'effectue à nombre de Froude constant.

Références