

## GÉOTECHNIQUE

# Des trous et des pics pour réduire les ondes sismiques

Les chercheurs en optique et en physique font progresser la lutte contre les effets des séismes. Avec une idée simple: mettre au point une technique qui détourne et amortit les ondes. Un spécialiste des sols l'a testée.

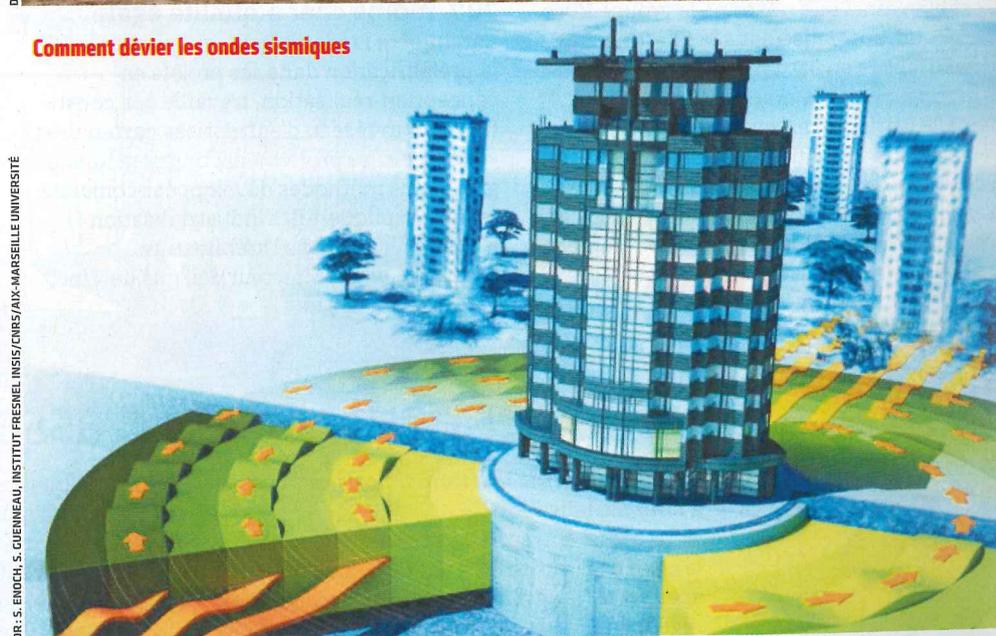
Cela fait déjà plusieurs années que Stéphane Brûlé cherche à améliorer et à renforcer les sols compressibles ou pouvant se liquéfier lors d'un séisme. Aujourd'hui, cet ingénieur travaux publics, sismologue et spécialiste des fondations spéciales, responsable de l'agence Rhône-Alpes de l'entreprise Ménard, groupe Solétanche-Freyssinet (Vinci), va plus loin. Il espère avoir trouvé le moyen de détourner, voire amortir, les ondes avant qu'elles n'atteignent les bâtiments ou les infrastructures. Jusqu'à présent, deux techniques parasismiques étaient mises en œuvre par le génie antisismique. La première vise à adapter la géométrie du bâtiment: agir sur sa masse avec d'importants renforts de béton, des fondations étendues et profondes, ou utiliser des éléments constitutifs et des armatures ductiles. La seconde consiste à installer des dispositifs additionnels qui aident la structure à se stabiliser: isolateurs ou amortisseurs en matériaux plastiques sur les poteaux et pieux porteurs, traitement des sols pour améliorer leur élasticité, voire suspension de lourdes sphères qui oscillent à contresens des ondes. Ces deux méthodes qui se combinent sont toujours une réponse passive qui subit le signal sismique.

### Changer la trajectoire des ondes

La technique de Stéphane Brûlé, elle, influe sur le parcours et l'ampleur des ondes. C'est Sébastien Guenneau et Stefan Enoch, deux chercheurs du CNRS de l'Institut Fresnel, à Marseille, qui l'ont mise au point. A priori leur spécialité, l'optique, n'a rien à voir avec la mécanique des sols. Sauf que, en traversant certains milieux, la lumière, qui est une onde, peut suivre une trajectoire courbe, comme l'eau glisse le long d'un rocher dans un torrent. De simples cylindres creux forés dans le sol, selon une géométrie et des dimensions étudiées mathématiquement, seraient alors susceptibles de dévier les ondes. Ça marchait en laboratoire, alors Stéphane Brûlé l'a vérifié sur un vrai chantier en septembre 2012 (photo ci-contre). Le compte rendu, publié mi-2014 avec les chercheurs dans la célèbre «Physical Review Letters», en atteste la validité scientifique. D'autres chercheurs ont déjà rejoint l'équipe, comme Philippe Roux, physicien et acousticien à l'Isterre (Institut des sciences



Faire chuter de 20 m, une dizaine de fois, une masse de 17 tonnes suspendue à une grue pour créer des microséismes de 12 hertz (niveau 4 sur l'échelle de Richter). Puis observer le comportement des ondes traversant un sol percé d'une vingtaine de trous verticaux de 3 m de diamètre et 5 m de profondeur. L'expérimentation conduite en septembre 2012 par Ménard, à Lyon, prouve que ce dispositif détourne les ondes.



L'onde produite lors d'un tremblement de terre (ici en orange) se propage à travers des couches concentriques (cercles verts et jaunes) où des trous de diamètres judicieusement choisis la font dévier. En arrière du dispositif, l'onde se reconcentre et retrouve son ampleur d'origine.

de la terre) de Grenoble. Son idée est de compléter le dispositif avec des tiges verticales (des arbres, par exemple) agissant comme des résonateurs. Là encore cela fonctionne en laboratoire. Reste à trouver un champ bordé d'une forêt pour réaliser un test en vraie grandeur. Empiriquement, cela signifie que l'on

pourrait déjà concevoir des constructions aux propriétés antisismiques réduites, avec une combinaison de simples trous ou pieux à la base et de forêts avoisinantes. Mais «prétendre avoir un contrôle du trajet des ondes est encore une vision futuriste», modère Stéphane Brûlé. ■ Hubert d'Erceville