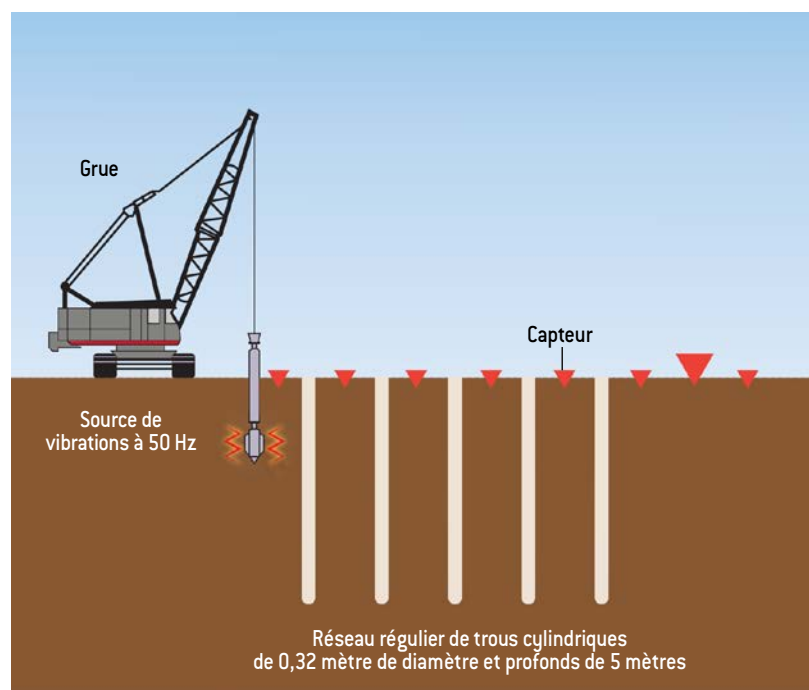


PROTECTION ANTISISMIQUE



D'après S. Brûlé et al., Phys. Rev. Lett., vol. 112, 133901, 2014.

AVEC DES TROUS DE FORAGE PRÉCISÉMENT ESPACÉS, qui font varier la densité moyenne du sol d'un endroit à l'autre, on peut contrôler la vitesse, donc la direction, de propagation dans le sol d'une onde de vibration. Une expérience récente, schématisée ci-dessus et réalisée par Stéphane Brûlé, de l'entreprise Ménard, et ses collègues, a ainsi montré qu'un tel réseau dévie les ondes de surface produites par une source artificielle. Ce principe permettrait de protéger une structure contre des ondes sismiques.

des matériaux naturels sont isotropes, c'est-à-dire que la lumière s'y propage à la même vitesse quelle que soit sa direction. Les matériaux anisotropes, où la vitesse de la lumière dépend de la direction considérée, offrent une liberté supplémentaire pour concevoir de véritables dispositifs de dissimulation.

Se cacher des micro-ondes

Fin 2006, les chercheurs de l'Imperial College et de l'université Duke ont construit et testé un dispositif rudimentaire capable de cacher un objet vis-à-vis de micro-ondes. Depuis, divers concepts de dispositif de dissimulation ont été proposés, et un certain nombre d'entre eux ont été testés. Notamment, en 2014, l'équipe de l'université de Duke a fait la démonstration d'une cape d'invisibilité aux ondes acoustiques. Bien que ces dispositifs soient loin de pouvoir prétendre à une véritable invisibilité, ils illustrent la validité des concepts théoriques.

La dissimulation parfaite vis-à-vis des rayons lumineux se heurte cependant à

un certain nombre d'obstacles majeurs. Côté pratique, la construction de métamatériaux suppose que l'on soit capable de manipuler la structure de la matière à des échelles du même ordre que la longueur d'onde de la lumière (condition d'une forte influence sur l'onde). Comme la lumière visible a des longueurs d'onde de l'ordre du millionième de mètre, cette tâche n'est pas encore à notre portée.

Il y a par ailleurs, du côté théorique, un défi encore plus difficile à relever. Pour que la cape soit vraiment indétectable, la lumière doit mettre le même temps à traverser la cape qu'à passer à côté. Or la lumière passant à l'intérieur de la cape doit parcourir une distance supérieure pour éviter la région masquée, ce qui signifie qu'elle doit se propager plus vite que la lumière extérieure. Par conséquent, la lumière à l'intérieur de la cape doit voyager à une vitesse supérieure à celle de la lumière dans l'air, qui est presque identique à la vitesse de la lumière dans le vide, c . Il est possible de réaliser cet exploit pour une plage très étroite de fréquences sans dépasser c et violer la théorie de la relativité d'Einstein,

mais il semble impossible de le faire pour tout le spectre visible simultanément. En d'autres termes, on pourrait masquer une nuance donnée de rouge, mais l'objet resterait bien visible pour la lumière de toutes les autres couleurs.

Si l'on ne réalisera probablement pas de capes d'invisibilité optique parfaites, ou juste raisonnablement bonnes, et de taille correcte, de nombreux obstacles à la dissimulation vis-à-vis de la lumière visible disparaissent pour d'autres types d'ondes que la lumière. La vitesse de ces ondes, très inférieure, n'a pas, en pratique, de limite supérieure; de plus, les longueurs d'onde en jeu sont beaucoup plus grandes, ce qui les rend plus aisées à manipuler. Et si ce qui nous intéresse est de concevoir des dispositifs pour se protéger d'ondes destructrices, nous n'avons pas besoin d'atteindre la perfection. Une «cape d'invisibilité» réduisant l'impact d'une onde sismique sur un bâtiment ne serait-ce que d'un ordre de grandeur pourrait empêcher l'effondrement de ce dernier.

Boucliers souterrains

Les scientifiques ont proposé, pour se protéger des ondes, plusieurs dispositifs fondés sur l'idée de dissimulation par cape. Par exemple, on pourrait entourer un bâtiment d'une série de trous ou de piliers positionnés de manière très précise dans le sol, ce qui ferait varier spatialement la densité moyenne du sol et, par conséquent, la direction de propagation des éventuelles ondes sismiques destructrices, lesquelles dévierait de façon à éviter la structure.

Avec des collègues, Sébastien Guenneau et Stefan Enoch, de l'institut Fresnel (CNRS/Aix-Marseille université/Centrale Marseille) ont testé cette idée. En 2012, un réseau de trous a été mis en place par l'équipe de Stéphane Brûlé, de l'entreprise Ménard, pour faire écran à un générateur d'ondes sismiques artificielles (voir la figure ci-dessus). Bien que le système ait simplement bloqué les ondes plutôt que de les guider, il a démontré que des structures souterraines pouvaient agir sur ce type d'ondes.

Il est également possible de créer des dispositifs de dissimulation pour les ondes sonores se propageant dans l'air ou dans l'eau. En 2011, Nicholas Fang et des collègues, à l'université de l'Illinois à Urbana-Champaign, ont fait la démonstration