PARASISMOLOGIE

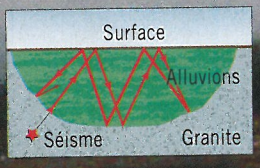
Des physiciens ont dévié des ondes sismiques

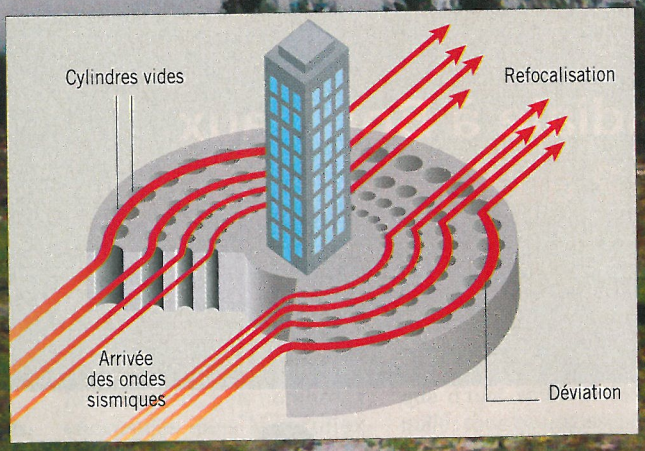
En creusant un réseau de trous dans le sol, des chercheurs français sont parvenus à préserver une zone des effets d'un séisme. Une avancée dans la protection des bâtiments sensibles.

Pour la première fois, l'homme a dévié des ondes sismiques se propageant à la surface de la Terre. L'expérience s'est déroulée le 26 septembre dans la banlieue lyonnaise, à Saint-Priest. Une grue a lâché une masse de 20 tonnes suspendue à 20 mètres au-dessus du sol. Le choc a provoqué l'équivalent d'un séisme de magnitude 4. L'idée était de protéger une zone dont la surface aurait pu accueillir un immeuble. Comment ? Grâce à un réseau de trous cylindriques formés par l'impact répété d'une masse de 17 tonnes également lâchée depuis une grue (technique dite de compactage dynamique). Sous l'effet du choc, la colonne de terre sous chaque trou devient très compacte. « *Nous modifions ainsi les propriétés mécaniques du sol* », explique Stephane Brûlé, de l'entreprise Ménard (filiale de Vinci), qui a réalisé l'opération. Les données enregistrées par les sismomètres ont montré que la zone protégée a bien été épargnée. « *Le trajet de l'onde a été modifié* », se réjouit Stéphane Brûlé. En outre, après avoir traversé le réseau, les vibrations ont été amorties de 30 %. Un succès au vu de la complexité de la tâche.

Ces travaux s'inscrivent dans une discipline encore toute jeune : la science des « métamatériaux », soit la conception et l'étude de matériaux aux propriétés inédites qui n'existent pas dans la nature. Considérée comme l'une des voies les plus prometteuses en physique, elle n'a réellement décollé qu'en 2006, dans l'incrédulité générale, lorsque l'équipe de John Pendry, de l'Imperial College de Londres, a annoncé la mise au point d'une « cape d'invisibilité » aux micro-ondes. Ce dispositif rend un objet « invisible » à ce type de rayonnement, c'est-à-dire qu'aucun rayon ne le percute ni n'est réfléchi par lui, grâce à une parfaite maîtrise du trajet des ondes. Concrètement, cette cape ressemble plutôt à un dessous-de-plat métallique recouvert de petits plots. Ceux-ci sont écartés les uns des autres de quelques millimètres (soit un dixième de la longueur d'onde des micro-ondes). Tout objet placé au centre du dispositif devient alors invisible aux micro-ondes.

L'installation de l'expérience menée le 26 septembre dans un terrain vague, à Saint-Priest (Rhône).





SYLVIE DAOUDAL

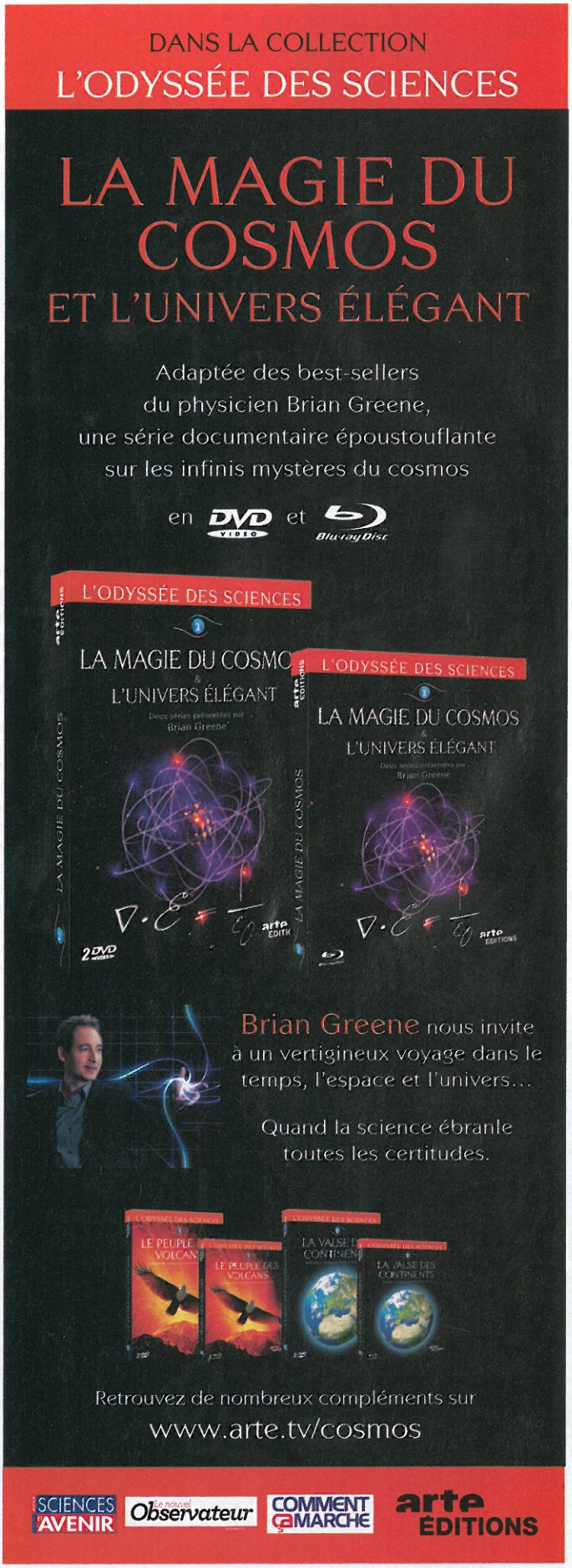
Les effets destructeurs des séismes sont souvent dus aux ondes de surfaces qui subissent plusieurs réflexions *(ci-dessus)* en fonction de la configuration du terrain. Un réseau concentrique de cavités permet de dévier certaines ondes, en changeant les propriétés mécaniques du sol.

A l'époque, la chose avait à la fois fasciné et déçu : l'expérience était extraordinaire mais sa transposition au domaine du visible théoriquement difficile. Car en passant d'un rayonnement micro-onde à un rayonnement perceptible à l'œil, il faudrait ajuster la taille des plots dans les mêmes proportions. « *Les longueurs d'onde du visible varient entre 400 et 700 nm et une telle cape d'invisibilité devrait comporter des structures d'une dizaine de nanomètres, soit le dix-millième de la taille d'un cheveu !* », explique Sébastien Guenneau, de l'institut Fresnel, à Marseille.

Les chercheurs ont néanmoins entrepris d'explorer tous les phénomènes ondulatoires, depuis les ondes éléctromagnétiques (radar, électronique, optique), jusqu'aux ondes de pression (tsunamis et séismes). Les lois de propagation sont les mêmes, et du moins en théorie, un anneau d'invisibilité pourrait exister pour chaque longueur d'onde. Ainsi, Stefan Enoch et Mohamed Ferhat de l'institut Fresnel, en collaboration avec Alexander Movchan, de l'université de Liverpool (Royaume-Uni), ont développé en 2008 un dispositif anti-vague, testé avec succès au sein d'une cuve posée sur une paillasse. L'idée d'appliquer les métamatériaux aux ondes sismiques a alors fait naturellement son chemin. Coup de chance : Stéphane Brûlé a lu une revue d'ingénierie sur les propositions d'expériences du laboratoire marseillais. Ce fut le début de la collaboration. Mais il y a une vraie difficulté à transposer une expérience de laboratoire, où la fréquence de l'onde est bien précise, à un séisme, à l'origine de toute une gamme de fréquences. Sans compter que le sol est un milieu complexe et hétérogène.

« *Nous nous sommes concentrés sur la configuration du terrain, car elle peut avoir des conséquences très importantes sur les résultats*, explique Stéphane Brûlé. *Lorsque le socle granitique forme, par exemple, une cuvette remplie d'alluvions, les ondes sismiques se trouvent amplifiées en surface. Elles peuvent aussi être réfléchies de nombreuses fois, augmentant ainsi la durée et l'intensité des secousses. Leur énergie se libère alors sur une petite région créant beaucoup de dégâts. Leur longueur d'onde, de quelques dizaines à des centaines de mètres, est comparable aux dimensions des constructions de surface, d'où leur effet destructeur.* »

Une façon de dire qu'il reste maintenant à apprendre à ajuster le diamètre et la hauteur des trous cylindriques à la configuration de chaque lieu et d'en évaluer le coût et la faisabilité.

Azar Khalatbari

MENARD