

Une cape d'invisibilité sens dessus dessous

Sébastien Guenneau (a) – Bruno Lombard (b) – Cédric Bellis (b)

(a) UMI 2004 Abraham de Moivre-CNRS, Imperial College London, SW7 2AZ, United Kingdom

(b) Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, LMA, Marseille, France

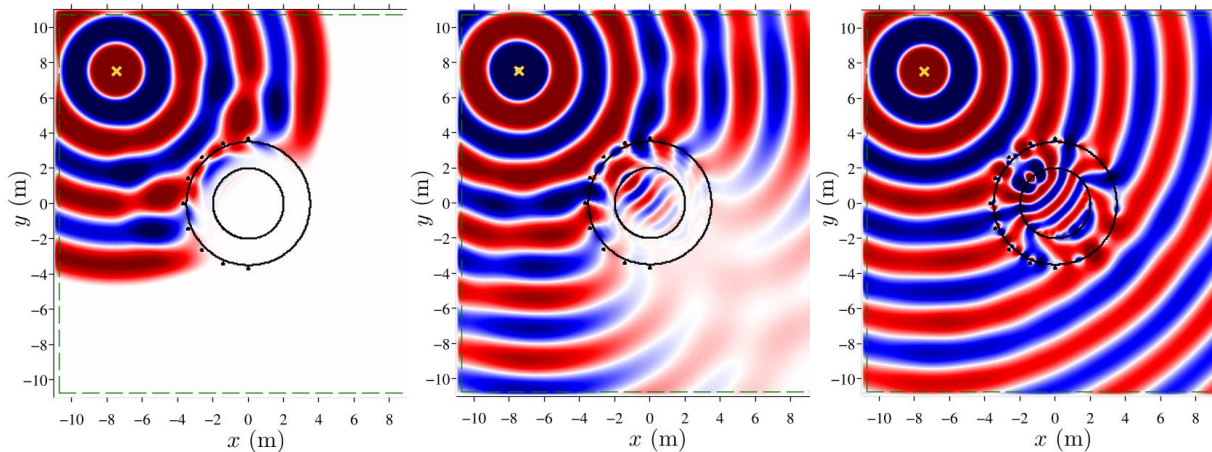


Figure 1 : champ de vitesse élastique émis par un point source (croix jaune en haut à gauche de chaque carte), à différents instants. Gauche : début de l'interaction avec la cape d'invisibilité. Centre : champ transitoire. Droite : champ en régime établi. La diffraction due aux 9 obstacles rigides (ronds noirs) est masquée par la cape.

En présence d'obstacles, les ondes sont diffractées, ce qui renseigne un observateur sur la présence de ces objets. Pour de nombreuses applications, les ingénieurs cherchent à réduire cette signature, notamment pour des questions de furtivité (exemple : avions, sous-marins). Est-il possible d'éliminer totalement les ondes diffractées ? Une avancée importante sur cette question a été proposée au début des années 2000 par J.B. Pendry et ses coauteurs. En structurant convenablement la matière d'une « cape d'invisibilité », il devenait possible de déformer les trajets suivis par les ondes et ainsi d'empêcher les ondes d'atteindre un objet : celui-ci devenait invisible à des observateurs extérieurs.

Cette avancée conceptuelle a conduit à de nombreux travaux théoriques, numériques et expérimentaux depuis 2006, dans le domaine très dynamique des « métamatériaux ». Ce sont en effet ces matériaux, aux propriétés étonnantes, qui vont rendre possible le « cloaking ». Toutefois, une limitation importante des capes existantes est de devoir entourer l'objet considéré par le métamatériau. Est-il possible de concevoir une cape qui rende invisible des objets extérieurs, comme un tapis qui rendrait invisible la personne qui marche dessus ? Plusieurs études menées par des mathématiciens, numériciens et physiciens au cours des 15 dernières années [2] suggèrent que la réponse est oui en régime quasi-statique pour des petits objets et pour une source en champ lointain (très éloignée de la cape et des objets), ce qui présente peu d'intérêt en pratique. Mais qu'en est-il du régime dynamique et d'une source en champ proche ?

C'est à cette question que se sont intéressés des chercheurs de l'UMI Abraham Moivre et du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), dans un article d'Applied Physics Letters [3]. Ils ont simulé numériquement l'interaction d'ondes élastiques avec un ensemble de diffuseurs rigides petits devant les longueurs d'onde. En disposant à leur proximité une cape aux propriétés bien choisies, les

ondes diffractées sont très fortement réduites et ces objets deviennent invisibles aux yeux d'observateurs.

Ces phénomènes d'interaction d'ondes avec des métamatériaux sont souvent étudiés en régime établi, c'est-à-dire en négligeant les effets transitoires d'interactions entre la cape et les diffuseurs. Une originalité de [3] est d'étudier l'évolution des champs d'onde au cours du temps (figure 1). Une suite de ce travail va consister à réaliser en pratique une telle cape en s'appuyant sur la théorie de l'homogénéisation et à tester les propriétés attendues.

[1] J.B. Pendry, D. Schurig, D.R. Smith, "Controlling electromagnetic fields", *Science* 312, 1780-1782 (2006).

[2] R.C. McPhedran, G.W. Milton, "A review of anomalous resonance, its associated cloaking, and superlensing", *Comptes Rendus Physique* 21 (4-5), 409-423 (2020).

[3] S. Guenneau, B. Lombard, C. Bellis, "Time-domain investigation of an external cloak for antiplane elastic waves", à paraître à *Applied Physics Letters* (2021).