

# Séismes, tempêtes...

## Bientôt des capes de protection

Gregory Gbur

Si la cape d'invisibilité n'est encore qu'une perspective lointaine,  
son principe inspire des dispositifs de protection  
contre d'autres types d'ondes que la lumière.

Il y a près d'une décennie, les premières recherches scientifiques sur une cape d'invisibilité dans le domaine optique ont vu le jour. Mais en dépit d'efforts théoriques et expérimentaux acharnés, de nombreux obstacles restent à surmonter avant qu'un dispositif de camouflage à la Harry Potter se profile à l'horizon. En effet, des limitations théoriques indiquent que de tels dispositifs pourraient être impossibles à réaliser, si l'on exige d'eux une taille macroscopique et une efficacité parfaite.

Une cape de masquage idéale guide les ondes autour d'une région centrale, un peu comme l'eau s'écoule autour d'un gros galet dans un ruisseau. Les objets situés dans cette région n'interagissent pas avec les ondes qui, en aval et en amont de la région masquée, sont imperturbées. Cette propriété est en fait un inconvénient pour les capes d'invisibilité, où les ondes dont il s'agit sont des ondes lumineuses : celui qui la porte ne sera pas vu, mais il ne pourra rien voir non plus.

Cependant, toutes les ondes ne sont pas lumineuses, et l'on pourrait exploiter les idées de dissimulation par cape pour protéger des objets ou des personnes contre les effets nuisibles d'ondes océaniques, sonores, magnétiques ou sismiques. En fait, la mise au point de dispositifs de dissimulation pour protéger, plutôt que pour cacher, pourrait être l'application la plus intéressante susceptible d'émerger de ce domaine de recherche encore tout jeune.

Les racines de l'invisibilité en physique remontent à des recherches dans le domaine biomédical. Au début des années 1970, l'ingénieur britannique sir Godfrey Hounsfield développait la première technique d'imagerie médicale en trois dimensions, le tomodensitomètre ou scanner à rayons X, aujourd'hui omniprésent, et démontrait son efficacité et son innocuité pour réaliser des images du cerveau. Dans un tel scanner, l'objet examiné est exposé à des rayons X venant de multiples directions, ce qui produit un

## L'ESSENTIEL

### ■ Des idées publiées

il y a une dizaine d'années ont donné naissance à tout un domaine de recherche : la physique de l'invisibilité.

### ■ La réalisation d'une cape d'invisibilité, même imparfaite, se heurte à de nombreux obstacles d'ordre pratique, voire théorique.

### ■ Pour se protéger

d'ondes autres que lumineuses, les obstacles sont moins nombreux. Les scientifiques ont ainsi réalisé divers dispositifs qui constituent des preuves de principe.

© Masicman / Shutterstock.com

ensemble d'images qu'un ordinateur combine pour former une image tridimensionnelle complète de l'objet.

Mais les rayons X sont relativement inefficaces pour distinguer les tissus mous. Les chercheurs ont donc commencé à développer de nouvelles techniques d'imagerie médicale fondées sur l'utilisation d'ondes différentes. Une inquiétude se fit jour immédiatement : et si certains objets n'étaient pas visualisables par ces techniques ? En d'autres termes, existait-il des objets invisibles pour ces techniques d'imagerie ? S'il existait par exemple des « tumeurs invisibles », alors toute technique utilisant des ondes pour explorer le corps humain présenterait de graves défauts.

## L'invisibilité, mission impossible ?

Heureusement, des travaux théoriques de la fin des années 1980 ont montré que, en général, il n'existe pas d'objets invisibles. Un objet peut être complètement invisible lorsqu'il est éclairé d'une seule direction (par exemple, nombreux sont ceux qui se sont cognés sur une porte en verre parce que l'éclairage était tel que la porte devenait invisible), mais il semble impossible qu'un objet soit invisible pour toutes les directions d'éclairage.

Ce résultat a semblé régler définitivement la question, jusqu'à ce que, en 2006, deux études théoriques soient publiées dans la revue *Science*, l'une par Ulf Leonhardt, à l'université de Saint Andrews, en Écosse (et aujourd'hui à l'institut Weizmann, en Israël), et l'autre par John Pendry, de l'Imperial College de Londres, avec David Schurig et David Smith, de l'université Duke aux États-Unis. Ces deux articles proposaient des modèles théoriques de cape d'invisibilité fondés sur une technique nouvelle nommée optique transformationnelle.

De quoi s'agit-il ? Quand de la lumière passe d'un milieu à un autre, par exemple de l'eau à l'air, elle change de direction – on parle de réfraction. Cet effet est évident quand on observe une paille plongée dans un verre d'eau : la paille semble pliée à l'interface air-eau. L'idée clé de l'optique transformationnelle a consisté à remarquer que, dans de nombreux cas, courber des ondes lumineuses équivaut mathématiquement à déformer la géométrie de l'espace. Le principe consiste donc à concevoir la déformation spatiale

### L'AUTEUR



Gregory J. GBUR est maître de conférences au département de physique et d'optique de l'université de Caroline du Nord à Charlotte, aux États-Unis.

Article publié avec l'aimable autorisation de la revue *American Scientist*.

souhaitée, en l'occurrence celle qui force les rayons lumineux à contourner la région à dissimuler, puis à en déduire le type de matériaux nécessaires pour produire le dispositif de camouflage.

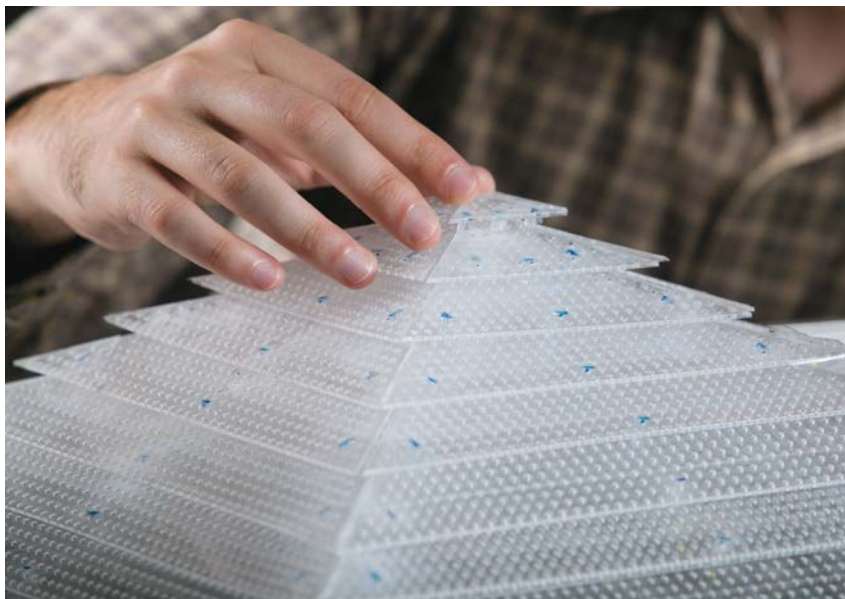
Comment ces dispositifs de dissimulation seraient-ils possibles alors que des recherches antérieures avaient apparemment prouvé l'impossibilité de l'invisibilité ? Les auteurs des deux études de 2006 résolvaient cette contradiction apparente de deux façons différentes. Ulf Leonhardt notait simplement que la non-existence de l'invisibilité « parfaite » n'exclut pas la possibilité d'une quasi-invisibilité : un objet invisible à 99 %, par exemple, serait sans doute acceptable pour la plupart des applications. Quant à John Pendry et ses deux coauteurs, ils faisaient observer que les preuves de non-existence ne prennent pas en compte des milieux matériels très particuliers que l'on ne trouve pas dans la nature, mais que l'on pourrait en principe fabriquer en laboratoire.

## Les métamatériaux entrent en scène

Ces chercheurs pensaient à ce qu'on appelle à présent des « métamatériaux », des milieux formés par un assemblage de structures artificielles. Alors que la plupart des matériaux naturels ne réagissent qu'au champ électrique des ondes lumineuses, on pourrait mettre au point des métamatériaux présentant en outre une réponse magnétique. De plus, la plupart

### CE « TAPIS » ACOUSTIQUE

réalisé en 2014 à l'université Duke renvoie les ondes sonores vers un auditeur comme si elles n'avaient rencontré aucun obstacle, dissimulant ainsi l'objet qu'il recouvre. Steven Cummer et ses collègues ont effectué de longs calculs pour déterminer le positionnement précis de trous et de feuilles de plastique permettant de modifier la trajectoire des ondes sonores de façon appropriée.



École Pratt d'ingénierie, université Duke