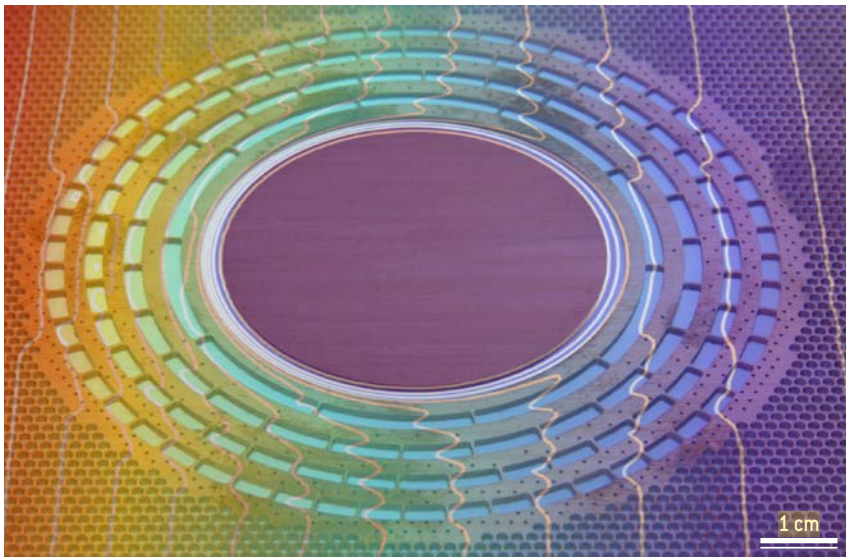




**PROTÉGER DE LA CHALEUR :** c'est ce que fait cette structure bidimensionnelle, réalisée avec du cuivre et un isolant thermique en 2013 par Martin Wegener, de l'institut de technologie de Karlsruhe, et ses collègues. Le flux de chaleur, qui se propage de gauche à droite, préserve la région centrale et semble imperturbé par celle-ci, comme en témoignent les températures (codées par des couleurs).

d'un petit dispositif de dissimulation vis-à-vis d'ultrasons se propageant sous l'eau selon un plan. La structure réalisée est un cylindre plat d'une quinzaine de centimètres de diamètre, comportant 16 anneaux concentriques constitués de cavités connectées. Ces dernières sont conçues pour modifier la vitesse du son chacune de façon différente, afin que les ondes ultrasonores contournent la région centrale du dispositif où se trouve l'objet à dissimuler ou à protéger.

Une autre possibilité intéressante serait de se protéger des vagues de l'océan. En 2012, Mohammad-Reza Alam, de l'université de Californie à Berkeley, a proposé une idée de dispositif de dissimulation pour une application de ce type. Elle fait appel à la présence de perturbations sous la surface, appelées ondes interfaciales, qui apparaissent souvent dans les océans à une profondeur où la température, et donc la densité de l'eau, change brutalement.

### Un brise-lames autour d'une plateforme ?

En installant autour d'une bouée ou d'une plateforme pétrolière une structure aux motifs bien choisis, il est en théorie possible de convertir les vagues qui s'approchent de la structure en ondes interfaciales qui vont passer en dessous sans faire de dégâts ; de l'autre côté de la structure, les ondes remonteraient ensuite à la surface. Pour l'instant, cette idée n'a pas fait l'objet d'expériences.

Les ondes ne sont pas les seules cibles possibles d'une telle technologie. En 2012,

Sébastien Guenneau et Claude Amra, de l'institut Fresnel, et Denis Veynante, de l'École centrale de Paris, ont introduit l'idée de cape thermique, capable de protéger une région d'un flux de chaleur. Pour l'essentiel, la cape offre une « trajectoire de moindre résistance » au flux de chaleur, qui tendra ainsi à contourner la région dissimulée avant d'y pénétrer partiellement au bout d'un certain temps. Un tel concept pourrait fournir une protection à des appareils sensibles à la chaleur, comme le sont les dispositifs électroniques.

### Se protéger d'un flux de chaleur, d'un champ magnétique...

Un autre domaine où l'on pourrait envisager une protection est celui des champs magnétiques. Toujours en 2012, Fedor Gömöry et ses collègues, de l'Institut de génie électrique, en Slovaquie, et de l'université autonome de Barcelone, en Espagne, ont fait la démonstration expérimentale d'une cape magnétique. Elle était constituée de deux cylindres creux accolés et concentriques, le cylindre interne étant en matériau supraconducteur, qui expulse les champs magnétiques, et le cylindre externe en fer, qui au contraire les attire. Ce dispositif empêche un champ magnétique statique de pénétrer à l'intérieur du double cylindre.

Cette technique pourrait se révéler utile en imagerie médicale. En imagerie par résonance magnétique, ou IRM, le signal est obtenu à l'aide d'un champ magnétique puissant, tellement puissant que la plupart des équipements électroniques utilisés pour exploiter la machine doivent être placés dans une autre pièce. Une cape magnétique pour ces appareils électroniques leur permettrait d'être plus petits et moins coûteux.

Il est même possible de créer une cape anticourants électriques. En 2012, Fan Yang et ses collègues, de l'université de Lanzhou et de l'université du Sud-Est, en Chine, ont fait la démonstration expérimentale d'une cape d'invisibilité vis-à-vis d'un courant électrique continu. Une telle cape pourrait offrir davantage de liberté aux ingénieurs électroniciens dans la conception géométrique des circuits, en évitant les interférences entre les composants.

Les techniques d'optique transformationnelle pourraient aussi servir à camoufler, c'est-à-dire à faire en sorte que n'importe quel objet ressemble à n'importe quel autre. Yun Lai et ses collègues, à l'université de science et technologie de Hong Kong, ont réalisé la première étude théorique de cette idée en 2009, et un certain nombre de variantes ont été explorées les années suivantes.

Ces chercheurs ont créé l'illusion d'un trou dans un mur, ce qui revient à rendre transparente une surface opaque. Ils ont également montré qu'il est possible de faire paraître un objet beaucoup plus gros qu'il ne l'est en réalité. On pourrait exploiter une telle illusion pour, par exemple, qu'une porte secrète grande ouverte apparaisse comme un morceau de mur fondu avec le reste. Mais aucune de ces possibilités n'a encore été mise en pratique pour des murs ou des portes de plus d'un millièmètre de millièmètre d'épaisseur...

Des formes limitées d'invisibilité peuvent offrir une protection de manière tout à fait inattendue. En 2003, avant même la parution des premiers articles théoriques

sur la dissimulation, une cape d'un type très différent – une cape rétroréfléchissante – a été introduite par Susumu Tachi, de l'université de Tokyo : une caméra filme la scène se déroulant derrière la cape, et le film est projeté sur le vêtement rétroréfléchissant. La personne portant la cape semble alors transparente, vue depuis certaines directions.

## Invisibilité en trompe-l'œil

Ce prototype a été conçu comme démonstration d'une technique utilisable pour rendre « transparent » l'intérieur d'une automobile ou d'un avion. Le pilote ou le conducteur pourrait alors, virtuellement, voir tout autour de lui à tout moment, et en particulier les dangers qui, d'habitude, lui seraient cachés.

La cape est traditionnellement le vêtement que portent les voyageurs pour se protéger des intempéries. Les applications que laisse entrevoir la physique de l'invisibilité montrent que la science pourrait offrir des capes qui protègent contre presque tous les aléas de la nature. ■

## BIBLIOGRAPHIE

A. Colombi *et al.*, Forests as a natural seismic metamaterial: Rayleigh wave bandgaps induced by local resonances, *Scientific Reports*, vol. 6, 19238, 2016.

G. J. Gbur, Designing directional cloaks from localized fields, *Optics Letters*, vol. 40, pp. 986-989, 2015.

S. Brûlé *et al.*, Experiments on seismic metamaterials: Molding surface waves, *Physical Review Letters*, vol. 112, 133901, 2014.

N. Landy et D. R. Smith, A full-parameter unidirectional metamaterial cloak for microwaves, *Nature Materials*, vol. 12, pp. 25-28, 2013.

S. Guenneau *et al.*, L'invisibilité en vue, *Pour la Science*, vol. 382, août 2009.



## APPRENDRE À SE CONCENTRER

Au travail, à l'école...

Nous avons de plus en plus de mal à nous concentrer. SMS, alertes e-mail, zapping permanent, rythmes de travail : notre attention est mise à rude épreuve par un environnement changeant et saturé de sollicitations. Comment garder le fil de nos pensées, sans se laisser distraire par nos propres soucis du quotidien ? Ce numéro livre des clés issues des dernières découvertes en neurosciences. Elles nous permettent de repérer les moments où nous décrochons et de nous recentrer immédiatement. Indispensable au travail, et pour les plus jeunes, à l'école.

Disponible en kiosque  
et sur [www.cerveauetpsycho.fr](http://www.cerveauetpsycho.fr)