

**Ces matériaux qui promettent l'invisibilité**Par **Les Echos** | 16/06 | 14:04 | mis à jour le 17/06 à 10:07**Démontrée théoriquement, la possibilité de se rendre invisible devient envisageable grâce aux recherches menées sur les métamatériaux et leurs propriétés extraordinaires.**

David Schurig



Dans la mythologie grecque, Hadès devenait invisible grâce à son casque. Depuis, ce sont les super-héros, la science-fiction et Harry Potter qui ont popularisé le mythe. Aujourd'hui, les scientifiques ont pris le relais et l'invisibilité fait l'objet de très sérieuses recherches donnant lieu à une intense compétition entre différentes équipes dans le monde. Leur formule magique tient en un terme : indice de réfraction. Depuis Descartes et ses lois de l'optique, ce terme décrit le comportement de la lumière à l'interface de deux milieux. Un objet est visible s'il réfléchit complètement ou partiellement la lumière et devient invisible dès lors que son indice de réfraction est le même que celui du milieu ambiant. Ainsi, un bâton de verre transparent est visible puisque son indice de réfraction est de 1,5 quand celui de l'air ambiant est de 1. Il restera visible dans l'eau, dont l'indice est de 1,3. Mais plongé dans un milieu ambiant de même valeur que le verre, comme le glycérol, il disparaît aux yeux de l'observateur.

Pour aller plus loin qu'une expérience réalisable dans sa cuisine, il faut aller voir du côté des métamatériaux. Des produits composites qui n'existent pas à l'état naturel, mais possèdent des propriétés étonnantes. L'effet est spectaculaire, puisque, avec un indice de réfraction négatif, le rayon lumineux serait dévié de façon très importante.

Dès 1968, alors que ces métamatériaux n'existaient pas encore, un scientifique russe, Victor Veselago, avait pourtant théorisé leur utilisation. Notamment en l'appliquant à un domaine très éloigné de l'invisibilité : la fabrication de lentilles optiques d'une précision exceptionnelle. « *Sa prédiction était qu'avec un indice de réfraction inférieur à zéro, on pourrait fabriquer une superlentille avec une surface plane et possédant une très bonne résolution* », explique Christophe Sauvan, de l'Institut d'optique Graduate School, basé à Orsay, qui vient d'ouvrir un centre sur le campus de Bordeaux.

Au tournant des années 2000, le Britannique John Pendry, de l'Imperial College de Londres, imagine concrètement comment fabriquer des métamatériaux possédant cet indice négatif. En 2006, c'est lui qui franchit le pas et les applique à l'invisibilité. Son invention est un dispositif, appelé « cape », qui rend invisible l'objet placé à l'intérieur en détournant les ondes électromagnétiques. Un peu comme l'eau contourne un rocher dans la rivière pour reformer son flux en aval. L'objet de quelques centimètres placé à l'intérieur se trouve placé dans une sorte de trou noir optique, tandis que les ondes circulent dans l'épaisseur de la cape. « *Les propriétés de ces métamatériaux permettent de courber les rayons lumineux et d'assurer l'absence de réflexion* », précise Didier Lippens, professeur à l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN) de l'université de Lille.

### Perfectible

Pourtant, on est encore loin de l'invisibilité telle que nous l'entendons avec la lumière : les expériences de John Pendry sur la cape d'invisibilité ont été faites dans le domaine des micro-ondes. La cape peut-elle aussi fonctionner dans le visible ? « *C'est moins un problème théorique que technologique* », explique Stefan Enoch, directeur de l'Institut Fresnel, qui dépend du CNRS et de l'université d'Aix-Marseille. Car les métamatériaux obéissent à une règle fondamentale : ils n'ont une action sur les ondes électromagnétiques que si leurs composants de base sont plus petits que la longueur de l'onde elle-même. Expérimenter l'invisibilité dans le domaine des micro-ondes (beaucoup plus grandes que les ondes lumineuses) est une chose. Passer à l'invisibilité dans le domaine de la lumière en est une autre. Les ondes du spectre visible sont comprises entre 400 et 800 nanomètres. Dès lors, fabriquer une cape suppose d'entrer dans le domaine des nanotechnologies, complexes à mettre en œuvre. Ensuite, l'intérêt d'un tel dispositif en optique visible est actuellement limité par la taille infime des objets « *de toute façon invisible à l'œil nu* », sourit Didier Dippens, qui précise : « *De plus, ces capes d'invisibilité sont actuellement imparfaites et ne fonctionnent parfois que sous un certain angle.* »

Si l'invisibilité constitue un défi, les chercheurs travaillent à des projets plus immédiatement applicables. « *Dès lors que l'on sait contrôler les ondes électromagnétiques, on peut s'attaquer à d'autres sujets, car les équations mathématiques sont les mêmes* », résume Stefan Enoch. Et les métamatériaux constituent désormais un champ de recherche très actif. Certains espèrent ainsi découvrir des moyens de rendre les panneaux solaires plus efficaces. Les militaires sont évidemment très intéressés, notamment par l'application de ces technologies aux ondes radar. Au centre de recherche Paul-Pascal de Bordeaux (CNRS), les physiciens travaillent avec des chimistes spécialistes des nanoparticules afin de produire des métamatériaux de nouvelle génération. L'objectif du projet européen Metachem revient aux ambitions de Victor Veselago dans le domaine des lentilles optiques. « *Ces superlentilles offriraient une meilleure résolution que les produits actuels* », explique Philippe Barois, directeur de recherche au centre de recherche Paul-Pascal. Ils permettraient de fabriquer des microscopes optiques plus performants que ceux utilisés actuellement en biologie, sachant que les microscopes électroniques qui fonctionnent sous vide ne permettent pas d'observer des organismes vivants.

A Marseille, les chercheurs exploitent leurs connaissances des phénomènes ondulatoires pour les appliquer à la propagation de l'eau, dans la lutte contre les raz de marée. Une multitude de plots judicieusement disposés dans l'eau détourneraient les vagues de la zone à protéger. Ces travaux pourraient également s'appliquer aux tremblements de terre et aux ondes sismiques qu'ils produisent.

## Applications multiples

Si l'invisibilité constitue un défi, les chercheurs travaillent à des projets plus immédiatement applicables. « Dès lors que l'on sait contrôler les ondes électromagnétiques, on peut s'attaquer à d'autres sujets, car les équations mathématiques sont les mêmes », résume Stefan Enoch. Et les métamatériaux constituent désormais un champ de recherche très actif. Certains espèrent ainsi découvrir des moyens de rendre les panneaux solaires plus efficaces. Les militaires sont évidemment très intéressés, notamment par l'application de ces technologies aux ondes radar. Au centre de recherche Paul-Pascal de Bordeaux (CNRS), les physiciens travaillent avec des chimistes spécialistes des nanoparticules afin de produire des métamatériaux de nouvelle génération. L'objectif du projet européen Metachem revient aux ambitions de Victor Veselago dans le domaine des lentilles optiques. « Ces superlentilles offriront une meilleure résolution que les produits actuels », explique Philippe Barois, directeur de recherche au centre de recherche Paul-Pascal. Ils permettraient de fabriquer des microscopes optiques plus performants que ceux utilisés actuellement en biologie, sachant que les microscopes électroniques qui fonctionnent sous vide ne permettent pas d'observer des organismes vivants.

A Marseille, les chercheurs exploitent leurs connaissances des phénomènes ondulatoires pour les appliquer à la propagation de l'eau, dans la lutte contre les raz de marée. Une multitude de plots judicieusement disposés dans l'eau détourneraient les vagues de la zone à protéger. Ces travaux pourraient également s'appliquer aux tremblements de terre et aux ondes sismiques qu'ils produisent.

Au IV<sup>e</sup> siècle, déjà...

Les Anciens fabriquaient des métamatériaux sans le savoir. En incluant au verre de minuscules particules de métal, ils avaient remarqué que celui-ci obtenait des propriétés optiques particulières.

La coupe de Lycurgus (IV<sup>e</sup> siècle) est une coupe romaine en verre conservée au British Museum. A la lumière du jour, elle paraît verte, mais devient rouge si l'on place une source de lumière derrière. Le verre ne contient pourtant pas de pigment, mais les analyses ont montré la présence de nanoparticules métalliques (alliage d'or et d'argent) d'environ 70 nanomètres.

Les vitraux des églises médiévales contenaient également des nanoparticules d'or ou d'argent qui absorbaient une partie du spectre lumineux et renforçaient la couleur rouge.

Le savoir des verriers était empirique et le phénomène n'a été compris qu'au début du XX<sup>e</sup> siècle.

Share

## A LIRE SUR LES ECHOS

Quand le porno s'invite sur les Google Glass

Les « phablettes » gagnent la planète high tech

Jugés dangereux, les TGV italiens interdits aux Pays-Bas et en Belgique

Retraite des fonctionnaires: l'Ifrap accuse

Pourquoi le cours de l'or va poursuivre sa chute

## A LIRE SUR LE WEB

Les maladies cardio-vasculaires : le bien-être comme moyen de prévention  (Vivons-prevention)

Japon : première extraction de « glace qui brûle » en milieu marin (L'énergie en questions)

La Suisse : le pays pionnier du développement durable (Myswitzerland)

Le Poêle à Bois est-il rentable ? (Quelle Energie)