

Propulsion nucléaire et neutrinos

Les concepteurs de navires et de sous-marins militaires à propulsion nucléaire n'avaient sûrement pas imaginé que ces engins intéresseraient un jour des physiciens des particules. Alors que plusieurs grands détecteurs de neutrinos, des particules qui interagissent très peu avec la matière ordinaire, sont à l'étude ou en construction, des physiciens californiens se sont inquiétés de l'influence des flottes nucléaires sur la précision des mesures. Les réacteurs nucléaires produisent en effet des neutrinos, sur des trajectoires qui ne sont évidemment pas connues. Un point positif tout de même : en louant l'un de ces navires, les physiciens pourraient étalonner les détecteurs!

↳ J. Detwiler et al., *Phys. Rev. Letters*, 89, 191802, 2002.

23 DOUGLASS TABER ET SES COLÈGUES DE L'UNIVERSITÉ DE DELAWARE

viennent de synthétiser la morphine sans avoir recours à aucun produit d'origine naturelle. Cet alcaloïde, utilisé en médecine, est habituellement extrait du pavot. Il le restera sans doute encore un moment : 23 étapes chimiques sont nécessaires pour la synthèse directe, dont le rendement total n'est que de 0,77 %. Mais cette suite de réactions permettra aux chimistes de fabriquer des molécules proches de la morphine, inaccessibles à partir des produits naturels.

↳ D. Taber et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 124, 12416, 2002.

Filmer les électrons

Depuis une vingtaine d'années à peine, des spectroscopistes étudient les mouvements des atomes pendant les réactions chimiques grâce à des lasers qui délivrent des impulsions de l'ordre de quelques femtosecondes (un millionième de milliardième de seconde). Mais comment observer les mouvements des électrons, encore plus rapides ? Des lasers qui délivrent des impulsions dix à cent fois plus courtes ont été récemment mis au point. Une équipe germano-autrichienne en a utilisé un, pour la première fois, dans une expérience de physique : les chercheurs ont mesuré qu'un atome de krypton auquel on arrache un électron met environ 8 femtosecondes pour se réorganiser.

↳ M. Drescher et al., *Nature*, 419, 803, 2002.

Matériau composite pour antenne plane

OPTIQUE

Habituellement, pour concentrer les ondes électromagnétiques, on utilise des dispositifs courbes, paraboles et lentilles. De nouveaux matériaux composites permettent d'obtenir les mêmes résultats avec des lentilles et des émetteurs plans.

Les ingénieurs en télécommunications le savent bien : il est souvent préférable d'émettre des signaux électromagnétiques dans des directions précises plutôt que dans tout l'espace environnant. L'efficacité des transmissions et la consommation énergétique ont tout à y gagner. Sans parler de la tranquillité d'esprit de ceux qui redoutent les effets délétères des rayonnements électromagnétiques sur la santé publique. D'où

l'intérêt du dispositif mis au point par des physiciens de l'institut Fresnel à Marseille, en collaboration avec Alcatel : une plaque plane, qui émet des micro-ondes dans un cône de 10° seulement [1]. « Pour obtenir la même focalisation avec les émetteurs actuels, il faut utiliser plusieurs petites paraboles fonctionnant en même temps. Cela nécessite un circuit électronique compliqué », explique Stefan Enoch, membre de l'équipe. Selon les lois classiques de Descartes, un rayon lumineux qui sort d'une plaque plane, par exemple d'une vitre, s'écarte d'autant plus de la perpendiculaire à ce plan que l'indice de réfraction du verre (qui caractérise la vitesse de propagation de l'onde) est grand par rapport à celui de l'air. Pour la lumière visible, cet indice vaut environ 1,5 dans le verre ordinaire, contre 1 dans l'air. Par conséquent, un faisceau électromagnétique qui traverse une sur-

face plane est généralement considérablement élargi.

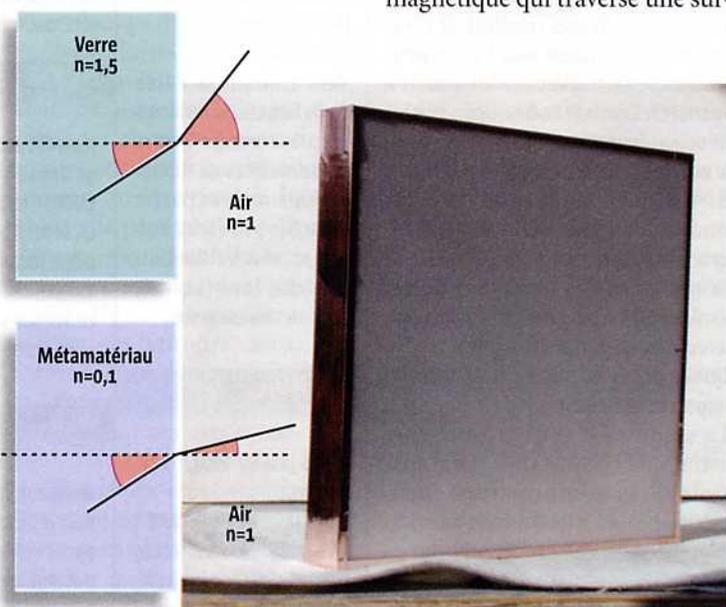
Au contraire, si un matériau possédait un indice de réfraction inférieur à celui de l'air, la lumière qui en sortirait serait, en quelque sorte, « redressée » dans une direction perpendiculaire au matériau. Mais de tels matériaux n'existent pas dans la nature.

Comment en fabriquer ? Les physiciens marseillais se sont appuyés sur les nombreuses études menées ces dernières années sur des matériaux composites, constitués de structures périodiques métalliques, baptisés métamatériaux [2].

Un rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde est assez grande (mais pas trop) par rapport à ces structures peut s'y propager comme si le matériau était homogène, mais souvent avec un indice très différent de celui des matériaux ordinaires. « Dans le cas des micro-ondes, les structures adéquates sont de l'ordre du millimètre, donc assez faciles à fabriquer », précise Stefan Enoch.

Après de longues modélisations, l'équipe a fabriqué un métamatériau dont l'indice de réfraction y est de 0,1 pour des fréquences de l'ordre de 15 gigahertz. Il est composé de six grilles de cuivre planes, percées de trous carrés tous les 5,8 millimètres et espacées les unes des autres de 6,3 millimètres. Puis, en insérant entre les deux grilles centrales un câble émetteur de micro-ondes, ils ont transformé ce dispositif en émetteur directionnel. « Dans dix ans, les antennes paraboliques pourraient être remplacées par ce type de dispositifs », prévoit Pierre Sabouroux, l'expérimentateur de l'équipe. ■

Cécile Michaut



LORSQU'UN FAISCEAU DE MICRO-ONDES sort par la face plane de l'antenne en métamatériau d'indice très faible, il est focalisé, car la direction de propagation des ondes se rapproche de la perpendiculaire (à gauche, en bas). C'est une conséquence directe de la loi de Descartes : le rapport des sinus des angles est égal au rapport des indices.

© S. ENOCH & TABER/INSTITUT FRESNEL; INFOGRAPHIE : C. CHAILIER

[1] S. Enoch et al., *Phys. Rev. Lett.*, 89, 213902, 2002.

[2] A. Szames, *La Recherche*, p. 16, octobre 2000.