

# L'art de rendre invisible la chaleur

Des chercheurs dévoilent la manière dont il serait possible de protéger des objets de flux thermiques

C'est par des températures glaciales qu'une équipe de chercheurs a choisi de présenter un nouveau concept pour se protéger de... la chaleur. Par exemple, une main recouverte du revêtement protecteur proposé par l'Institut Fresnel (CNRS et université Aix-Marseille) et l'École centrale de Paris s'approcherait d'un chauffage sans ressentir le moindre flux de chaleur ou, en termes plus savants, de gradient de température. De quoi éviter la surchauffe des composants électroniques miniaturisés, et donc leur perte de performances. Ou bien, au contraire, de quoi mieux concentrer la chaleur dans les équipements solaires thermiques pour améliorer leur rendement.

Certes, pour l'instant le concept n'est que théorique, mais des premières expériences pourraient rapidement le mettre en pratique. L'idée est de manipuler les isothermes, ces lignes invisibles le long desquelles la température est identique. Soit en les écartant d'un obstacle pour le protéger, soit en les focalisant en certains points pour concentrer la chaleur. Dans le premier cas, le front de chaleur contourne

l'objet à protéger sans y pénétrer et se reconstitue ensuite tel qu'il aurait été en l'absence d'obstacle. Dans le second, il est comme pincé vers une zone précise de l'espace. Toute l'astuce est de trouver les bons matériaux pour le revêtement et la bonne manière de les disposer ensemble afin de « sculpter » à sa guise ces isothermes.

Ce travail publié dans la revue *Optics Express* cette semaine s'inspire en fait des concepts de « cape d'invisibilité » proposés depuis 2006 par plusieurs chercheurs. Ces dispositifs, pas encore totalement au point, promettent d'escamoter à la vue tout objet recouvert d'un matériau savamment fabriqué.

## Cuivre, silicium, polymères

L'équipe française applique la même technique mathématique pour modifier la géométrie autour de l'objet afin de ne pas perturber la propagation du phénomène. Sauf que les équations pour la chaleur ne s'écrivent pas comme celles de la lumière ou du son, qui sont des ondes électromagnétiques. Il a donc fallu vérifier que les transformations imaginées ont bien un

sens physique et que la chaleur continue, dans les simulations numériques, à se propager convenablement. « Nous avons réalisé qu'il y avait plusieurs manières d'écrire les équations de la chaleur, mais, une fois choisie la bonne, tout fonctionne », explique Sébastien Guenneau, de l'Institut Fresnel. Du coup, les formules décrivent exactement comment agencer un revêtement fait de plusieurs couches conduisant plus ou moins la chaleur, comme des métaux ou des isolants.

Ainsi, afin de rendre insensible au flux de chaleur un cylindre de 150 micromètres de rayon, 20 couches de différents matériaux sont nécessaires pour une épaisseur totale de 150 micromètres également. « En optique, il faut aussi différents matériaux aux propriétés électromagnétiques contrastées, mais le choix est bien moins grand que dans le cas du thermique. Il devrait donc être plus facile de fabriquer des dispositifs pour tester notre idée », rappelle Sébastien Guenneau.

Justement, une équipe de l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN) à Lille a effec-

tué des premiers travaux. « Nous sommes très enthousiastes. L'idée est originale et prometteuse », clame Nathalie Rolland. Dans son laboratoire spécialisé en usinage au micromètre près, on a commencé à découper du cuivre, du silicium, des polymères pour réaliser les premiers prototypes de bouclier thermique et de concentrateur. « Il faut souligner que l'objet protégé s'échauffe un peu, mais cette température reste constante et toujours au-dessous de la moitié de celle de la source », précise Sébastien Guenneau.

C'est un peu par hasard que l'idée est venue à ce chercheur qui a déjà travaillé sur l'invisibilité pour diverses ondes. « Lors d'un oral d'entraînement devant un jury du type de ceux de l'Union européenne, un des spécialistes m'a demandé si mon travail sur les ondes sismiques s'appliquerait à d'autres phénomènes, comme la diffusion de la chaleur », se souvient le chercheur. Comme il n'avait pas la réponse, il s'est mis à la chercher. Et son interlocuteur imaginaire, Claude Amra, est devenu un de ses coauteurs. ■

D. L.