

Aphrodite en couleurs

Un ver marin velu sert de modèle aux physiciens qui étudient les cristaux photoniques.

Entre 1 000 et 2 000 mètres de profondeur, vous explorez les fonds marins à bord d'un sous-mersible : tout n'est que nuances de bleu dans le monde du silence. Tout? Non, au détour d'un récif, votre regard est attiré par un étrange ver velu, d'environ 20 centimètres de longueur sur cinq centimètres de largeur, et dont les soies, au gré de leurs mouvements, se parent de rouge, de bleu et de vert, selon l'angle d'incidence de la lumière. Cet animal est une aphrodite, un ver polychète, c'est-à-dire poilu, qui vit dans les vases et les sables sous-marins.

Cette apparence multicolore n'est pas due à une pigmentation comme chez de nombreux animaux : à une telle profondeur, la faible luminosité en atténuerait l'effet. L'équipe de G. Rouse, de l'Université de Sydney, a montré que ces soies iridescentes tirent leurs propriétés d'une structure identique à celle des cristaux photoniques. Ces cristaux sont des matériaux composites opaques à certaines longueurs d'onde, mais transparents à d'autres. Cette propriété est due à l'agencement régulier des éléments constitutifs : une fibre de silice percée de canaux creux régulièrement espacés selon un réseau hexagonal est un cristal photonique. Le motif répété, ici un canal entouré de ses six plus proches voisins, a une taille de l'ordre



des longueurs d'onde de la lumière visible (entre 450 et 800 nanomètres). Dans un tel cristal, selon la longueur d'onde et l'angle d'incidence, la lumière est complètement réfléchi ou, à l'inverse, pénètre dans le cristal et y est piégée, en raison de phénomènes complexes de réflexion et de diffraction. Ainsi, selon l'angle d'incidence de la lumière, les longueurs d'onde piégées diffèrent, de sorte que la couleur observée, celle qui s'échappe, varie, de la même façon que celle de l'opale, elle-même un cristal photonique.

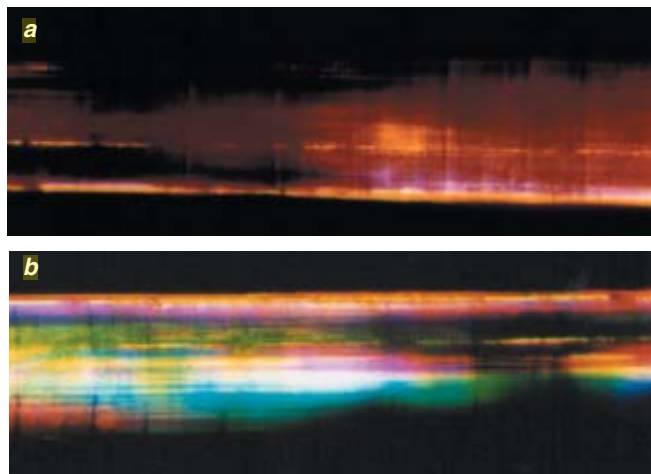
L'observation au microscope électronique d'une soie d'aphrodite a montré qu'elle ressemble aux fibres de silice décrites précédemment. Cette soie est constituée d'une série de cylindres creux dont la paroi est composée de chitine, une protéine présente dans la carapace des arthropodes. Ces cylindres sont agencés en un réseau hexagonal (chacun a six plus proches voisins), lui-même cylindrique, de 210 micromètres de diamètre. La distance qui sépare chaque

petit cylindre de son plus proche voisin est remarquablement constante le long de la soie.

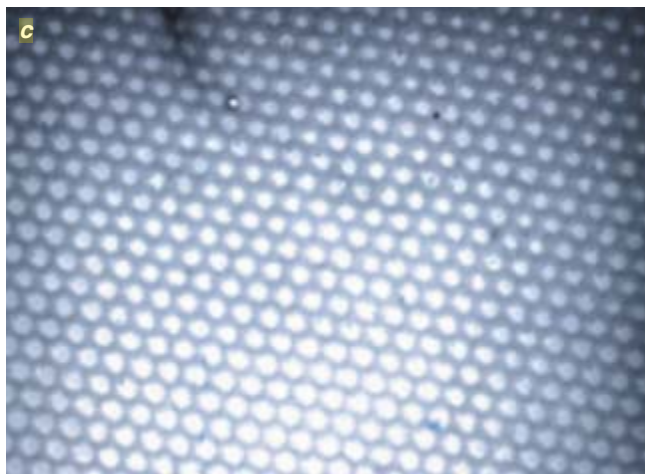
Dans une seconde étape, les zoologistes ont modélisé une soie afin d'en déterminer les caractéristiques optiques. Confirmant les observations sur l'animal, le modèle réfléchit les longueurs d'onde du rouge, du vert et du bleu, tandis que celles comprises entre 520 et 580 nanomètres sont complètement absorbées par la soie : elles ne sont pas transmises.

On ignore encore quels avantages des soies iridescentes apportent aux aphrodites : est-ce pour reconnaître leurs congénères, trouver un partenaire ou attirer les proies?

L'aphrodite n'est pas le seul animal doté d'une parure aux couleurs changeantes : les papillons en sont un autre exemple. Toutefois, à l'inverse de la structure complexe des ailes des lépidoptères, la simplicité géométrique des soies du ver marin en fait un modèle de choix pour les physiciens qui souhaiteraient en copier la structure.



L'aphrodite (en haut) est un ver marin qui mesure environ 20 centimètres de longueur et dont les soies latérales sont iridescentes : selon l'angle d'incidence de la lumière, les soies réfléchissent des couleurs différentes. Le diamètre des soies est de l'ordre de 200 micromètres. Elles apparaissent ainsi rouges (a), ou vertes et bleues (b). Cette pro-



priété est due à la structure périodique des soies qui sont composées d'une série de cylindres creux dont les parois sont en chitine (c). Chaque cylindre a un diamètre de un micromètre. Certains rayons lumineux sont piégés dans les soies, tandis que d'autres sont réfléchis : leurs couleurs changent selon l'angle d'observation.