

biologistes avaient construit leurs modèles, tenant compte de mutations accidentelles et de la sélection naturelle, afin de calculer la répartition d'équilibre, dans une population, des divers variants d'un même gène (on parle aussi de différents génotypes même quand on ne s'intéresse qu'à un gène précis). Avec ces modèles, ils obtenaient, au lieu d'un génotype dominant, tout un groupe de génotypes voisins rassemblés autour d'une moyenne, l'optimum théorique.

Toutefois ces modèles tenaient rarement compte du fait que de nombreux

gènes déterminent plusieurs caractères. Le physicien David Waxman et le biologiste Joel Peck, de l'Université du Sussex, proposent un modèle mathématique analogue, mais ils introduisent la possibilité pour un gène d'agir sur plusieurs caractères. Ils montrent qu'à partir d'un nombre limite de caractères déterminés par un gène, celui-ci est fixé (ce nombre limite dépend des données du calcul : il est égal à trois dans le cas présenté sur la figure, mais il diffère selon les cas). Ainsi un génotype particulier est fortement représenté dans la population, tandis que les

génotypes voisins disparaissent quasiment. C'est ce que l'on observe pour les gènes codant plus de deux caractères : seul le génotype «idéal» est fortement représenté. En revanche, pour les gènes commandant seulement un ou deux caractères, les génotypes sont regroupés autour de l'optimum théorique, mais ils ne sont pas confondus avec lui (voir la figure). Ce résultat pourrait expliquer pourquoi de nombreuses protéines varient très peu à l'intérieur d'une même population, et pourquoi certaines protéines n'ont pas changé depuis plus de cent millions d'années !

Vocalises de grenouille

À l'époque de la reproduction, les mâles et les femelles d'amphibiens anoures, c'est-à-dire principalement de grenouilles, de crapauds et de rainettes, se rassemblent autour d'une mare, d'un ruisseau, d'un torrent ou, pour les espèces dont le développement ne nécessite pas un milieu aquatique, sur une branche ou près d'un terrier. Le rendez-vous nuptial est fixé par les manifestations sonores des mâles : coassant régulièrement, le plus souvent la nuit, ils sont repérés par les femelles de la même espèce, qui les rejoignent sur leur site d'appel. Les herpétologues admettaient que seuls les mâles chantent et que les femelles se taisent. Toutefois, nous avons étudié une grenouille mélanésienne, *Platymantis vitiensis*, en captivité, et découvert une exception au mutisme généralement observé chez les femelles de batraciens.

Platymantis vitiensis est une petite grenouille arboricole des forêts humides de l'archipel des Fidji, dans l'océan Pacifique. Elle vit cachée dans la végétation qui borde les cours d'eau. Elle présente des comportements rares chez les amphibiens anoures : la fécondation est interne et la ponte a lieu après l'accouplement ; contrairement aux femelles d'autres espèces qui abandonnent leurs œufs, la femelle de *Platymantis vitiensis* les surveille et les protège ; les œufs se développent sans passer par un stade de têtard aquatique. À cette liste de caractères spécifiques, il faut désormais ajouter le chant de la femelle.

Nous avons d'abord enregistré l'appel sexuel du mâle, perçu par une oreille humaine comme un chant doux et faible, audible à deux ou trois mètres de distance, constitué d'une trentaine de notes brèves, sifflées, légèrement chuintées. Il est composé de trois parties qui diffèrent par leur rythme d'émission.

Une des femelles de l'élevage chanta quatre mois après la mort du mâle avec lequel elle partageait un terrarium. Les notes étaient aussi sif-

flées et brèves, mais, contrairement à celles du mâle, elles étaient émises par séries de 12 environ, lentement et régulièrement. Elles étaient composées de fréquences plus aiguës que celles du mâle. Nous avons ainsi identifié un dimorphisme des signaux sonores permettant, probablement, la reconnaissance des sexes.

Le chant de la femelle de *Platymantis vitiensis* est un appel sexuel : cette vocalisation, qui n'a pas les propriétés d'un cri agressif, ni celles d'un cri de détresse, n'est jamais produite dans les circonstances de la défense d'un territoire et ne nécessite pas la présence d'un mâle.

Par ailleurs, une équipe de biologistes de l'Université de New York a récemment découvert une activité sonore chez une femelle de *Xenopus laevis*, une grenouille qui se reproduit dans les mares turbides de l'Afrique australe. Cette espèce est remarquablement adaptée à la vie aquatique. Elle n'a pas de cordes vocales : les sons qu'elle émet sous l'eau résultent du choc de deux cartilages du larynx. L'équipe américaine a décrit un signal sonore produit par la femelle en réponse à l'appel sexuel du mâle. À l'écoute de cette émission sonore, le mâle s'agite et modifie son appel. Les deux individus engagés alors une sorte de duo qui leur permet de se retrouver dans l'eau trouble et de s'assurer que la grenouille rencontrée appartient bien à la même espèce et qu'elle est du sexe opposé.

Ainsi, le chant des femelles de batraciens, longtemps ignoré des herpétologues, semble nécessaire à la reproduction de ces deux grenouilles dont la morphologie, les comportements et l'habitat diffèrent notablement. Sans doute, beaucoup de grenouilles femelles chantent-elles ; il reste à identifier ces chants, à les analyser, à les décrire et à en déterminer le rôle.

Jérôme SUEUR
et Renaud BOISTEL
École pratique des hautes
études, Paris.



Contrairement aux femelles d'autres espèces de grenouilles, la femelle de *Platymantis vitiensis* chante pour appeler le mâle.

Un tamis à photons

Transmission optique inattendue à travers un réseau troué

Peut-on faire passer des boules de pétanque à travers une passoire ? Le bon sens dit que non, mais, en électromagnétisme, l'expérience met parfois le bon sens en défaut : Thomas Ebbesen, de l'Université Louis-Pasteur, à Strasbourg, et ses collègues, ont montré qu'une lumière émise à travers une plaque métallique percée d'une multitude de trous est transmise perpendiculairement à la plaque, même lorsque la longueur d'onde de la lumière est supérieure à la taille des trous et à la distance entre les trous.

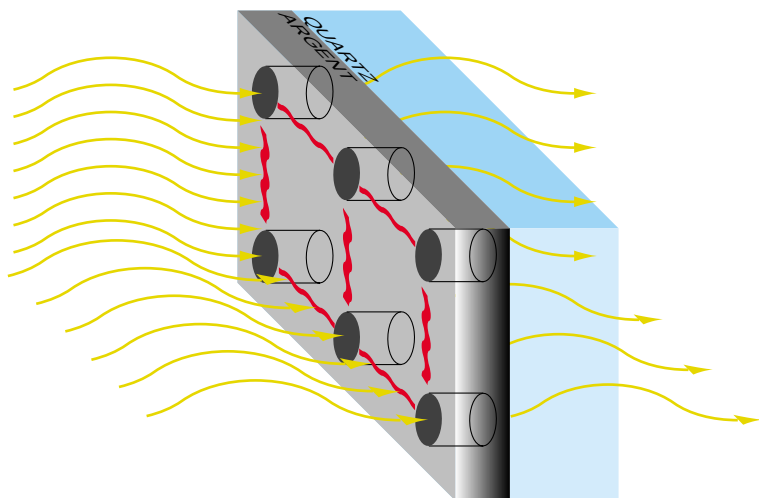
Pourtant les lois de la physique sont formelles : un trou microscopique ne laisse passer que très difficilement le rayonnement électromagnétique de longueur d'onde supérieure à son diamètre. Pourquoi, alors, ce comportement qui étonne les physiciens ? Parce que des « plasmons », des ondes électromagnétiques qui se propagent à la surface du métal, dues à des oscillations de ses électrons libres, sont créées par le réseau de trous. Ainsi, cette transmission ne se produit ni pour un trou isolé, ni pour un réseau de trous percés dans un isolant.

Les chercheurs ont utilisé un film d'argent de 0,2 micromètre d'épaisseur, déposé sur un substrat de quartz transparent. Dans ce film, ils ont percé des trous de 0,15 micromètre de diamètre,

disposés régulièrement en un réseau carré ou hexagonal. Une source de lumière de longueur d'onde ajustable émettait perpendiculairement à la plaque argentée. Derrière la plaque, un détecteur mesurait la lumière reçue dans la direction d'émission.

Lorsque la longueur d'onde de la lumière incidente est égale à 1,37 micromètre, la transmission de la lumière est efficace : l'intensité lumineuse mesurée est plus de deux fois supérieure à ce que l'on mesurerait si les trous émettaient directement de la lumière à la même intensité que la lumière incidente. Or, selon les lois de Bethe régissant le phénomène, l'efficacité de la transmission d'une lumière de cette longueur d'onde par un trou unique de 0,15 micromètre est inférieure à un millième. Ces résultats suggèrent que le réseau est un élément actif de la transmission, et non uniquement un objet géométrique sur le chemin du rayon incident.

Pour comprendre l'origine de ce phénomène, les chercheurs ont fait varier de nombreux paramètres, comme le diamètre des trous, la périodicité du réseau, l'épaisseur et le type de métal. La transmission se produit lorsque l'inverse de la longueur d'onde des plasmons excités, est égale à l'inverse de la longueur d'onde de la lumière incidente plus ou moins l'inverse de la distance entre les trous. Ainsi, la périodicité du réseau détermine la longueur d'onde transmise. De plus, la transmission décroît linéairement avec la surface des trous et avec leur profondeur, alors que la théorie prédit une quantité de lumière transmise inversement proportionnelle au carré de la surface des trous.



Sur une mince plaque d'argent posée sur un substrat de quartz, on perce des trous régulièrement espacés. La longueur d'onde de la lumière incidente est supérieure au diamètre des trous et à leur écartement, ce qui, habituellement, prévient la transmission. Pour certaines longueurs d'ondes de la lumière incidente, des ondes de surface (des plasmons) sont excitées. Ces plasmons (en rouge) « aident » les photons incidents à traverser les trous. L'efficacité de la transmission est ici 2 000 fois supérieure à ce qu'elle serait avec un trou unique.