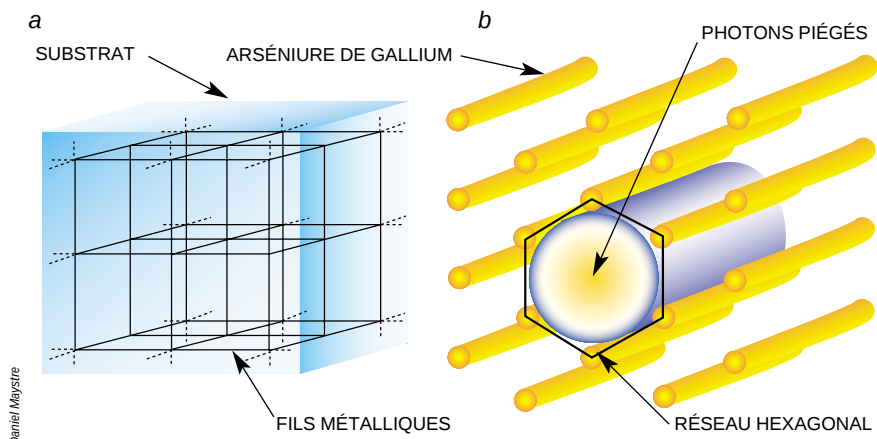
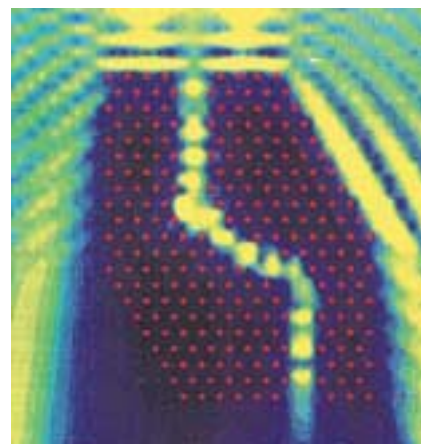




Daniel Maystre

**1. Un cristal photonique métallique (à gauche) est constitué d'un réseau de mailles cubiques inclus dans un substrat transparent. Un cristal photonique diélectrique (à droite) est composé d'un arrangement régulier, par exemple hexagonal, de tiges cylindriques d'une matière à fort indice de réfraction. L'élimination d'une de ces tiges crée un canal (cylindre bleu) d'où les photons ne peuvent s'échapper : ils sont conduits de la source à l'extrémité ouverte.**



**2. Carte d'énergie lumineuse autour d'un cristal photonique (disques rouges). Le jaune et le vert symbolisent les densités d'énergie les plus élevées. La lumière ne pénètre dans le cristal que dans le canal creusé par le retrait de tiges.**

incapables de se propager à l'intérieur du cristal. Les photons aux longueurs d'onde interdites sont renvoyés vers l'extérieur du cristal, alors que les autres pénètrent à l'intérieur et se propagent après diffraction. Les physiciens de Marseille ont effectué les modélisations théoriques et numériques de deux types de cristaux photoniques : les cristaux diélectriques et les cristaux métalliques. Ces derniers sont constitués d'un réseau de fils métalliques, de cuivre ou d'acier, dont les mailles ont une forme cubique (voir la figure 1a). La longueur d'arête est de l'ordre de quelques millimètres et le diamètre des fils est d'environ un vingtième de millimètre. La légèreté et les performances des cristaux photoniques métalliques en font des matériaux de choix pour fabriquer des supports pour les antennes embarquées sur les satellites. Inclus dans un substrat transparent, le maillage de fils métalliques éliminerait les signaux

nuisibles engendrés par la réflexion des ondes sur les supports aujourd'hui utilisés.

Les cristaux diélectriques bidimensionnels sont constitués de tiges transparentes d'une matière à fort indice de réfraction, disposées de façon périodique (voir la figure 1b), ou au contraire par des colonnes d'air creusées dans un matériau transparent. Par exemple, des tiges d'arséniure de gallium (matériau utilisé par ailleurs pour ses propriétés semi-conductrices) sont agencées selon une structure hexagonale : chaque tige est à égale distance, environ un micromètre (millionième de mètre), de six autres.

En retirant une ou plusieurs des tiges du réseau, on crée une cavité, parallèle ou perpendiculaire à l'axe des tiges, d'où aucun photon émis à l'intérieur ne s'échappe : ils sont contraints de suivre le canal (voir la figure 2). Les physiciens espèrent utiliser ces cristaux photoniques

diélectriques pour améliorer les performances des diodes électroluminescentes utilisées, par exemple, dans l'élaboration des panneaux publicitaires, ou des lasers. Pour ces derniers, les cristaux photoniques élimineraient les émissions spontanées, non désirées et inutiles pour l'effet laser recherché, de photons par les atomes excités.

Par ailleurs, les cristaux photoniques diélectriques présentent des avantages par rapport aux fibres optiques. En effet, ils sont moins sensibles aux courbures et peuvent être pliés fortement sans pertes importantes de lumière.

Aujourd'hui, les physiciens étudient les moyens de concentrer le flux de photons à la sortie du cristal photonique. Par exemple, en dilatant la structure selon l'axe vertical, les photons circuleraient, dans une cavité créée par le retrait d'une tige, dans une direction privilégiée dans laquelle ils s'échapperaient à la sortie du cristal.

## Traces de lait

### Du lait conservé dans des poteries anciennes.

**L**e lait est le premier aliment consommé par l'homme. Quand a-t-il eu l'idée de consommer celui des animaux, puis de le transformer en yaourt, en fromage ou en beurre pour mieux le conserver ? Les archéologues peuvent enfin aborder directement cette question : Stephane Dudd et Richard Evershed, de l'Uni-

versité de Bristol, ont trouvé comment prouver la présence de lait dans des poteries archéologiques.

Les plus anciennes preuves de la collecte et du traitement du lait par l'homme sont des scènes agricoles représentées sur des sceaux ou peintes dans des temples de la fin du IV<sup>e</sup> millénaire avant notre ère ou du début du III<sup>e</sup>, en Égypte et en Mésopotamie. Toutefois, ces activités sont probablement plus anciennes, comme en témoignent des indices archéologiques. Ainsi, des récipients perforés, en céramique, découverts sur le site néolithique de

Clairvaux, dans l'Ain, seraient des faisselles (moules à fromage), qui indiqueraient la production de fromage. Sur le site de Combe Obscure, dans le Sud-Est de la France, l'analyse des ossements d'animaux domestiques a révélé l'abattage fréquent de jeunes animaux non sevrés il y a 6 000 ans : le lait des chèvres et des brebis était vraisemblablement consommé par les hommes.

Comment retrouver des traces directes de l'exploitation du lait à ces périodes anciennes ? Au cours de leur utilisation, les récipients en céramique qui n'ont pas été glaçurés ni recouverts

d'un quelconque enduit ont piégé des résidus organiques, sous forme d'encroûtements carbonisés à leur surface ou de matière absorbée dans leurs parois poreuses. Des graisses et leurs produits de dégradation se sont ainsi conservés pendant des millénaires.

S. Dudd et R. Evershed ont caractérisé chimiquement les différentes matières grasses d'origine animale (lait, graisses sous-cutanées de cochon, de ruminants et de poulet), fraîches et vieilles artificiellement en laboratoire. Ils ont déterminé, dans chaque cas, la nature et l'abondance relative des molécules présentes dans les échantillons (surtout des acides gras et des triglycérides), et les taux de carbone 12 et de carbone 13, les deux isotopes stables du carbone. Ils distinguent ainsi les graisses de différentes natures, y compris les graisses sous-cutanées de celles contenues dans le lait d'animaux nourris sur les mêmes pâturages.

L'application des critères de référence à des échantillons prélevés dans des récipients provenant de sites britanniques de l'Âge du Fer et des périodes romaine et médiévale révèle que certains ont bien contenu des produits laitiers. Pour découvrir l'âge des premiers laitiers, il ne reste plus qu'à convaincre les détenteurs de poteries du Néolithique d'y risquer des prélèvements.

M. REGERT, UMR 171 du CNRS



AKG Paris/Werner Forman

Ce bas-relief égyptien du début du III<sup>e</sup> millénaire prouve que les hommes trayaient les vaches dès cette période. Par l'analyse chimique des résidus organiques conservés dans des poteries, les archéologues déterminent que les hommes collectaient et traitaient le lait bien avant que ces activités ne soient représentées graphiquement.

## L'individualité des cervidés

*Les chevreuils, les daims et les cerfs ont des voix qui caractérisent chaque individu.*

L'être humain reconnaît ses proches au seul son de leur voix. C'est également le cas pour d'autres mammifères tels les loups, les lions ou les singes, chez qui les vocalisations déterminent le rang social, favorisent l'accouplement ou, pour un jeune, assurent la reconnaissance de la mère au sein d'un groupe. David Reby, de l'Institut de recherche sur les grands mammifères, à Toulouse, a montré que chaque cervidé européen, chevreuil, daim ou cerf, a une voix spécifique et reconnaissable.

Il a tout d'abord mis en évidence des spécificités dans l'aboïement des chevreuils, le raïre des daims et le brame des cerfs en utilisant des méthodes de traitement du signal sonore et des analyses statistiques. Les spectres des fréquences de chaque vocalisation, calculés à partir des enregistrements sonores, caractérisent les cris par un jeu de variables qui décrit la répartition de l'énergie sonore en fonction de la fréquence. Puis, par une classification des échantillons sonores à l'aide de réseaux de neurones, l'éthologue a conclu à l'individualité des vocalisations des cervidés étudiés.



Le brame des cerfs, ainsi que le raïre des daims ou les aboïements des chevreuils, ont des caractéristiques individuelles.

Enfin, diffusant des sons enregistrés, D. Reby a démontré que ces animaux perçoivent les différences inter-individuelles des vocalisations. Il s'est interrogé : pourquoi chaque animal émet-il un son qui lui est propre ? Les biches distinguent le mâle qui tient le harem auquel elles appartiennent des autres mâles avec qui elles n'ont pas de relation directe. Le raïre et le brame ont une influence favorable sur la reproduction de l'espèce : ils accélèrent l'ovulation des femelles qu'ils attirent, et signalent l'identité de l'émetteur ainsi que sa prédisposition à l'accouplement. De plus, un brame répété apprendrait à la biche à reconnaître le cerf qui crie.

Les joutes vocales sont fréquentes chez les daims et chez les cerfs mâles dont elles évitent parfois des combats : la puissance d'émission des vocalisations indique les capacités physiques de l'animal qui vocalise. L'un des mâles res-

sent sa faiblesse et se retire. Les daims et les cerfs crient rarement en dehors des périodes de rut. En revanche, les chevreuils émettent des aboïements puissants et répétés dès qu'ils perçoivent une perturbation visuelle, auditive ou olfactive. Par ces vocalisations, ils informent les prédateurs de leur état de vigilance afin de les dissuader de poursuivre leurs attaques. Par ailleurs, les vocalisations signalent le sexe, l'âge et l'identité de l'individu qui aboie : l'aboïement serait également une mise en garde adressée aux congénères par les mâles qui surveillent leur territoire.

Outre les renseignements qu'elles apportent sur le comportement des cervidés, les caractéristiques individuelles des vocalisations des chevreuils, des daims et des cerfs sont également utilisables pour le suivi et le recensement de ces animaux sauvages.

## Une nouvelle hypothèse pour l'évolution

*Chez la drosophile, plusieurs mutations stables parsèment le génome, mais elles s'expriment seulement en cas de stress.*

Selon Charles Darwin, l'évolution se fait par le biais de la sélection naturelle et procède par glissements successifs qui aboutissent à la différenciation d'espèces proches. Toutefois, les fossiles montrent que l'évolution n'a pas toujours procédé par petits pas : à certaines époques, des familles très diversifiées, sans doute mieux adaptées au nouvel environnement, sont apparues. L'évolution aurait alors procédé par sauts, mais on ignore l'origine des

changements brusques de morphologie. Deux biologistes de Chicago, Suzanne Rutherford et Susan Lindquist, ont identifié un gène responsable de changements macroscopiques de la morphologie, chez la drosophile. Une clé pour l'évolution ?

Chez cet insecte, comme chez tous les organismes vivants, des protéines, nommées protéines de stress ou chaperons, aident les autres protéines à résister au stress, par exemple aux élévations brusques de températures, aux radicaux libres ou au manque d'oxygène. Sans ces chaperons, les protéines, fragiles, sont dénaturées, c'est-à-dire qu'elles changent de forme et perdent leur fonction biologique. Les chaperons aident aussi les protéines dénaturées à retrouver leur forme active.

Chez la drosophile, la protéine de stress nommée Hsp 90 a deux fonctions. Dans les conditions normales, elle est le chaperon moléculaire spécifique d'un

ensemble de protéines du développement, dont elle contrôle les changements de conformation (ces changements servent de signaux moléculaires orchestrant le comportement cellulaire). Au contraire, dans certaines conditions de stress, Hsp 90 devient un chaperon généraliste qui tente de protéger n'importe quelle protéine contre la dénaturation.

Différentes équipes avaient observé que des drosophiles dont le gène Hsp 90 est muté ou inactivé ont des anomalies morphologiques diverses : la forme, la couleur ou la taille des yeux (certaines même en sont dépourvues), la forme des pattes et des ailes ou encore la pilosité sont anormales. Seuls les mutants dont un seul des deux brins du gène est muté sont viables.

Les biologistes américaines ont observé l'effet d'une altération du gène Hsp 90 (mutation ou inactivation) sur les drosophiles. Elles ont constaté qu'en