

quer à travers l'immensité des océans. La communication à grande distance sous l'eau est facilitée par la présence de canaux naturels de transmission sonore, que suivent les ondes : à mesure que l'on descend, la vitesse du son est modifiée par les changements de température, de salinité et de pression (voir la figure 5), et on montre qu'en raison de ces gradients de vitesse, les ondes sonores se courbent et se focalisent à certaines profondeurs particulières. Dans l'océan, l'un de ces canaux est en surface : les ondes sonores se courbent vers la surface, sur laquelle elles rebondissent, se propageant de bonds en bonds sur de grandes distances. Plus en profondeur, un deuxième canal (nommé SOFAR, pour *SOund Fixing And Ranging*, ou Extension et stabilisation du son) piège les sons. Ces canaux limitent la dispersion du son et les sous-marins comme les mammifères marins les mettent à profit pour optimiser la puissance sonore diffusée (voir la figure 5).

Le rayonnement électromagnétique, quant à lui, est tellement atténué en milieu aquatique qu'il n'y est pas très utilisé : pour la plupart des longueurs d'onde,

■ L'AUTEUR



William CONNER est professeur de biologie et titulaire de la chaire David et Lelia Farr d'innovation, de créativité et d'entrepreneuriat à l'Université de Wake Forest, en Caroline du Nord, aux États-Unis.

Article publié avec l'aimable autorisation de *American Scientist*.

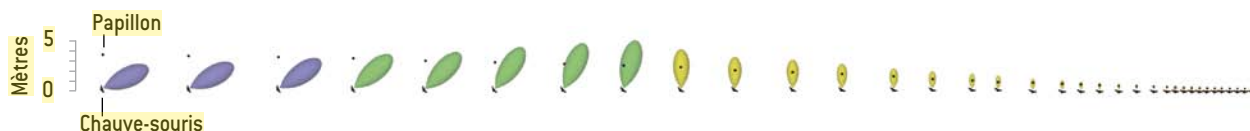
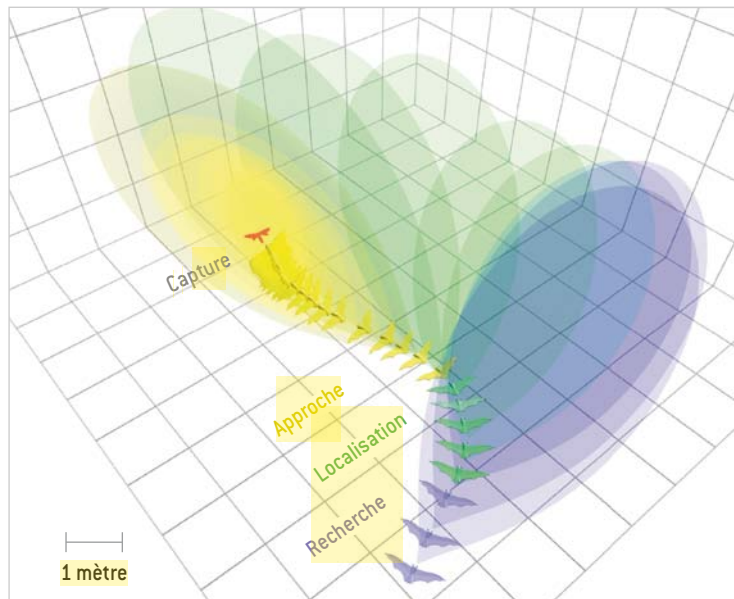
l'eau absorbe 99,99 pour cent de l'énergie du rayonnement par mètre parcouru. Notons que dans l'étroite bande de 400 à 700 nanomètres, qui correspond à la lumière visible, le rayonnement est moins atténué ; les organismes aquatiques l'exploitent pour la communication visuelle.

Les radars et les sonars détectent respectivement les signaux grâce à des antennes et des hydrophones piézoélectriques. Comme de nombreux mammifères, les chauves-souris captent les sons par les oreilles. Celles-ci comprennent un tympan, qui vibre au rythme du son porté par l'air, et un organe rempli de liquide, nommé cochlée, qui traduit les vibrations mécaniques en influx nerveux. La vibration est transmise du tympan à la cochlée par de petits os (les osselets de la chaîne ossiculaire).

Les grands pavillons mobiles des oreilles agissent comme des déflecteurs paraboliques, qui acheminent le son vers le conduit auditif. Chez de nombreuses espèces de chauves-souris, leur taille est liée à la plage de fréquences des signaux sonar produits : les oreilles sont d'autant plus petites que les fréquences sont élevées. Les plus grandes sont l'apanage des chauves-souris dites

COMMENT LES CHAUVES-SOURIS DÉTECTENT LEUR PROIE

La chauve-souris commence par chercher sa proie avec des faisceaux directionnels d'ondes acoustiques (en violet), similaires aux faisceaux électromagnétiques des radars, jusqu'à ce qu'elle accroche une cible (en vert). Elle diminue alors l'intensité de ses cris pour maintenir les échos à un niveau sonore constant pendant la poursuite (en jaune). La reconstitution tridimensionnelle ci-contre montre le faisceau acoustique d'une chauve-souris attaquant un papillon de nuit. Elle est fondée sur les positions des protagonistes et les intensités des cris enregistrées pendant une attaque réelle d'une chauve-souris du genre *Myotis*. La forme et la direction du faisceau ont été établies à partir des données scientifiques préexistantes, et son volume correspond à celui qui serait « éclairé » par des intensités sonores d'au moins 90 décibels. Les graphiques bidimensionnels (ci-dessous) présentent la forme et l'intensité du faisceau d'écholocation (d'autant plus importante qu'il est grand), ainsi que sa direction par rapport à la cible.

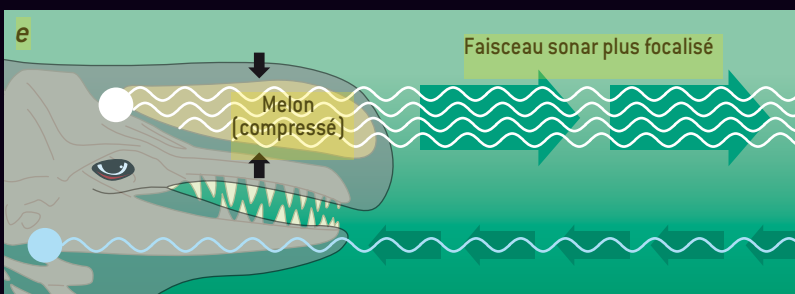
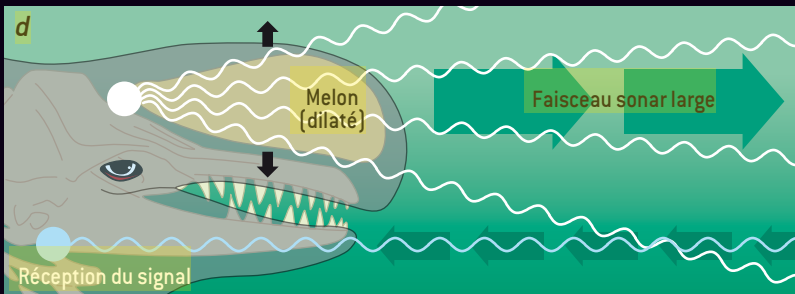




© Rolf Mueller, Virginia Tech



© Doug Perrine/Nature Picture Library/Cordis



3. PLUS LE FAISCEAU SONAR EST FOCALISÉ, plus il porte loin et est précis, mais moins la zone balayée est large. Les chauves-souris du genre *Rhinolophus* [a, b] émettent leurs signaux par le nez. Celui du rhinolophe de Bourret [b] a une structure permettant de bien focaliser le faisceau. La fausse orque *Pseudorca crassidens* [c] peut faire varier cette focalisation en modifiant la forme d'une lentille acoustique naturelle – une structure remplie de fluide située dans son front et nommée melon [d, e].

glaneuses, qui chassent souvent des proies au sol ou à la surface de l'eau (tandis que d'autres attrapent les papillons de nuit en vol), et utilisent l'écoute passive pour trouver leurs cibles. Elles peuvent entendre le battement des ailes d'un papillon ou les pas d'un mille-pattes qui marche dans le voisinage. Les pavillons auriculaires jouent aussi un rôle important dans la localisation de l'émission sonore. Chacun sert d'antenne acoustique directionnelle et les différences entre les signaux qu'ils reçoivent, notamment entre les intensités et les temps d'arrivée, permettent de localiser la source.

Comme celle des autres mammifères, la cochlée de la chauve-souris comporte une « membrane basilaire ». Il s'agit d'une structure rigide où sont fixées les cellules ciliées internes, qui transforment les vibrations en signaux électriques. Chaque partie de cette membrane vibre en réponse à une plage particulière de fréquences. Via le nerf auditif, les cellules ciliées transmettent alors l'information au cerveau, qui finit de traiter le signal.

Déterminer la distance et la vitesse de la cible

La chauve-souris détermine l'éloignement de sa cible grâce à la mesure précise du moment d'arrivée de l'écho. Ce dernier est difficile à extraire du bruit de fond, dont l'intensité peut être mille fois plus puissante. Le cerveau de l'animal effectue un traitement qualifié de corrélation croisée, c'est-à-dire qu'il conserve une copie du signal perçu au moment de son cri et compare en continu ce qu'il entend à cette copie, jusqu'à ce qu'il obtienne une bonne correspondance. Cette méthode est encore plus efficace chez les chauves-souris qui modulent la fréquence de leur cri.

La cible localisée, une information importante manque encore : sa vitesse relative. Pour la déterminer, la chauve-souris évalue le décalage Doppler. Imaginez une chauve-souris qui vole au-dessus de la végétation. Tous les éléments du fond, tels le sol, les arbres et les buissons ont une vitesse relative égale à la vitesse de la chauve-souris. Imaginez maintenant un papillon de nuit solitaire qui vole vers le prédateur. Sa vitesse relative – et donc le décalage Doppler du son qu'il renvoie – est différente. En conséquence, son écho n'a pas la même fréquence que ceux renvoyés par le fond, dont il se démarque.