

objets tels que des navires en mer, mais ils sont moins efficaces pour les cibles plus petites. Et de fait, si les premiers radars pouvaient repérer un groupe d'avions en approche, ils peinaient à déterminer leur nombre. En revanche, avec leur sonar à courte longueur d'onde, les chauves-souris détectent des insectes aussi petits que les moustiques, coléoptères et papillons de nuit qui constituent leur alimentation. Jim Simmons, de l'Université Brown, aux États-Unis, a montré qu'elles atteignent une résolution de l'ordre du micromètre, ce qui leur permettrait de percevoir jusqu'à la texture de surface de leurs cibles.

Un radar ou un sonar produit un faisceau assez comparable à celui d'une lampe de poche. Les faisceaux étroits permettent de concentrer la puissance du signal dans une direction donnée et ainsi de détecter des cibles plus lointaines. Ils améliorent également la précision avec laquelle on détermine la direction de la cible. Les ingénieurs contrôlent la forme d'un faisceau radar en faisant varier la distance entre les éléments émetteurs de l'antenne et la longueur de celle-ci. Les animaux aussi peuvent contrôler la forme du faisceau. En 2009, Rolf Müller, de l'Université Virginia Tech, aux États-Unis, et ses collègues ont montré que les étonnantes « feuilles » nasales du rhinolophe de Bourret (une espèce de chauve-souris) lui permettent de produire un faisceau sonar très focalisé, qui optimise ses capacités de détection (voir la figure 3).

Il peut aussi être utile de contrôler dynamiquement la forme du faisceau. Certaines lampes de poche, par exemple, ont un faisceau lumineux dont la forme est modifiable. Des faisceaux étroits sont efficaces pour repérer avec précision des cibles éloignées, tandis que des faisceaux larges permettent de balayer une zone plus étendue (mais plus proche). Certains odontocètes, tels les bélugas et les fausses orques (voir la figure 3), sont capables de focaliser leur faisceau d'écholocalisation en ajustant la forme d'une « lentille acoustique » remplie d'huile, située dans leur front et nommée melon. En 2012, Lasse Jakobsen et ses collègues de l'Université du Danemark du Sud ont montré que certaines chauves-souris adaptent leur sonar au contexte. En ouvrant grand leur bouche et en augmentant la fréquence de leur cri, elles produisent un faisceau plus étroit, permettant de « voir » plus

loin ; en faisant l'inverse, elles émettent un faisceau plus large, qui sonde une zone plus étendue.

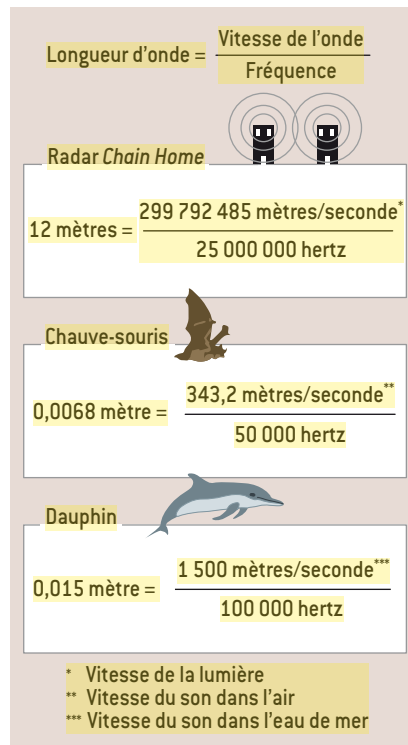
D'autres techniques sont utilisées à la fois par les ingénieurs et par leurs homologues animaux. Le balayage de fréquences, par exemple, peut augmenter de deux ordres de grandeur le pouvoir séparateur radial (qui quantifie la capacité à distinguer deux objets situés à des distances voisines). Certaines chauves-souris (parfois nommées chauves-souris FM, pour *frequency modulating*) font ainsi varier la fréquence de leurs cris. Elles chassent dans des environnements complexes, attrapant leurs proies entre des branches d'arbres ou au sommet de la végétation, voire à la surface de l'eau. D'autres chauves-souris produisent un signal de fréquence constante (elles sont qualifiées de chauves-souris CF, pour *constant frequency*). L'avantage est qu'elles peuvent alors mesurer la vitesse relative des proies grâce aux décalages Doppler (les variations de fréquence perçues quand l'émetteur du signal est en mouvement par rapport au récepteur) : de même que le sifflet d'un train paraît plus aigu quand il s'approche de vous, l'écho sur un papillon de nuit semble plus aigu à la chauve-souris quand l'insecte vole vers elle. Nous y reviendrons.

La distinction entre chauves-souris FM et CF semble aujourd'hui restrictive, car on a découvert que certaines espèces alternent les deux types d'émission. Elles utilisent des signaux à bande étroite pour la détection de proies à distance, puis passent au balayage de fréquences au moment de l'attaque, lorsque le pouvoir séparateur radial devient critique pour assurer la prise (voir la figure 4).

L'influence du milieu

Outre la longueur d'onde et la focalisation du faisceau, les caractéristiques du milieu influent sur la distance de propagation. Les ondes électromagnétiques des radars sont peu atténuées dans l'air, tandis que le son s'y propage beaucoup moins bien et est davantage sujet aux caprices de l'environnement, tels le vent ou la pluie.

Sous l'eau, en revanche, le son est roi. Il se propage sur de grandes distances et l'énergie sonore n'est absorbée qu'à raison de un pour cent par kilomètre environ. Cela permet aux baleines de communi-



2. LES ONDES DES PREMIERS RADARS, ceux du réseau *Chain Home*, en Angleterre, avaient une longueur d'onde de 12 mètres. Ces radars « voyaient » loin, mais étaient peu précis. En revanche, la chauve-souris, avec ses cris de faible longueur d'onde, perçoit à courte distance et de façon très détaillée. Le sonar des dauphins porte plus loin, car l'eau de mer conduit bien le son.