

de la biomasse. Cette méthode a l'avantage d'être applicable aussi bien aux poissons dispersés qu'aux bancs, ce que ne permet pas le seul comptage des échos.

D. Cushing a aussi étudié le phénomène de réflexion des ondes acoustiques sur les poissons. Les grands poissons produisent un signal plus élevé que les petits. Des relations de proportionnalité entre l'écho renvoyé par un poisson et sa taille ont été définies de façon expérimentale pour la plupart des espèces européennes depuis les années 1980. L'anatomie des poissons influe aussi sur le signal par l'intermédiaire de l'impédance acoustique. Celle-ci est, pour un milieu ou un matériau donné, le produit de la densité du milieu par la vitesse du son dans ce milieu. Et plus la différence (ou contraste) entre l'impédance de l'eau et celle du poisson est élevée, plus la réflexion est importante. Les tissus durs d'un poisson – os et arêtes – réfléchissent

bien les ondes acoustiques. Mais la vessie natatoire, organe rempli d'air indispensable à la flottaison de nombreux poissons, offre un meilleur contraste. Tous les organismes ne sont pas pourvus de vessie mais ils peuvent néanmoins être détectés : zooplancton, méduses (quand elles sont rassemblées en colonies denses), etc.

Par ailleurs, la fréquence de l'onde émise par le sondeur influe sur ce qui est détecté. Elle est choisie en fonction de la portée de détection souhaitée et des organismes visés. En effet, la détection des poissons se fait en général avec des fréquences comprises entre 10 et 300 kilohertz. Mais des organismes plus petits sont quasiment invisibles à de telles fréquences. On utilise des fréquences plus élevées : entre 100 et 3000 kilohertz pour détecter le plancton. Il faut aussi tenir compte du fait que les ondes de fréquences les plus élevées sont plus atténuées lors de leur

propagation et ont donc une portée limitée (plusieurs kilomètres à 10 kilohertz, environ 100 mètres à 300 kilohertz, quelques mètres à 3000 kilohertz). Pour interpréter les résultats d'un signal réfléchi, on applique des méthodes perfectionnées de traitement du signal (voir l'encadré ci-dessous).

Dès les années 1990, les chercheurs ont utilisé des sondeurs numériques, ce qui a facilité l'analyse du signal. Aujourd'hui, les sondeurs peuvent être couplés afin d'émettre de façon synchrone plusieurs ondes de fréquences différentes. La combinaison des informations qu'offre l'analyse multifréquentielle assure une meilleure classification des organismes détectés.

Les biologistes utilisent ces dispositifs pour étudier le comportement du poisson et ses interactions avec son environnement. Ils ont, par exemple, observé les différences de répartition des espèces entre le jour et la nuit (voir la figure 3) ou

PROPAGATION ET RÉFLEXION DES ONDES ACOUSTIQUES

L'écho reçu après la réflexion d'une onde acoustique sur un poisson nécessite un traitement spécifique pour être interprété. En effet, de nombreux facteurs influent sur l'intensité et la direction de propagation du signal.

Avant tout, la géométrie du système influe sur le signal, aussi bien celui émis par le sondeur que celui réfléchi par le poisson. Le signal émis n'est ni isotrope ni homogène ; il est constitué d'un cône principal où est concentré l'essentiel de l'énergie transportée par les ondes, et de cônes secondaires. Le

poisson qui sert de réflecteur modifie l'onde de différentes façons. Par exemple, si l'organisme marin (krill par exemple) est petit par rapport à la longueur d'onde, l'onde est réfléchie de façon très peu directionnelle. Il se comporte comme un point diffusant et sa forme réelle a peu d'influence (a). Si sa taille est plus grande que la longueur d'onde, la réflexion est directionnelle (c). Selon l'orientation du poisson, son anatomie et sa position par rapport à l'axe du signal émis, l'écho est plus ou moins déformé.

Enfin, l'intensité du signal est altérée par le milieu. La propagation du signal dépend de facteurs tels que la température et la salinité de l'eau. Il faut aussi prendre en compte le fait que le bateau se déplace à une certaine vitesse et peut être chahuté par la houle.

Les méthodes de traitement du signal prennent en compte tous ces facteurs. Par exemple, certains dispositifs actuels corrigent les données de façon à ce que la valeur modifiée corresponde à l'écho qu'aurait produit le poisson s'il avait été dans l'axe du signal incident.

Cette valeur corrigée est proportionnelle à la longueur du poisson suivant des équations qui dépendent des espèces.

Les nouveaux sondeurs multifaisceaux facilitent la reconstruction spatiale jusqu'à obtenir une image en trois dimensions d'un banc de poissons. Mais de telles mesures requièrent des outils de plus en plus puissants. Les chercheurs enregistrent séquentiellement des coupes qu'ils assemblent pour obtenir des bancs de poissons en volume ; ces outils sont similaires à ceux utilisés en imagerie du cerveau.

