

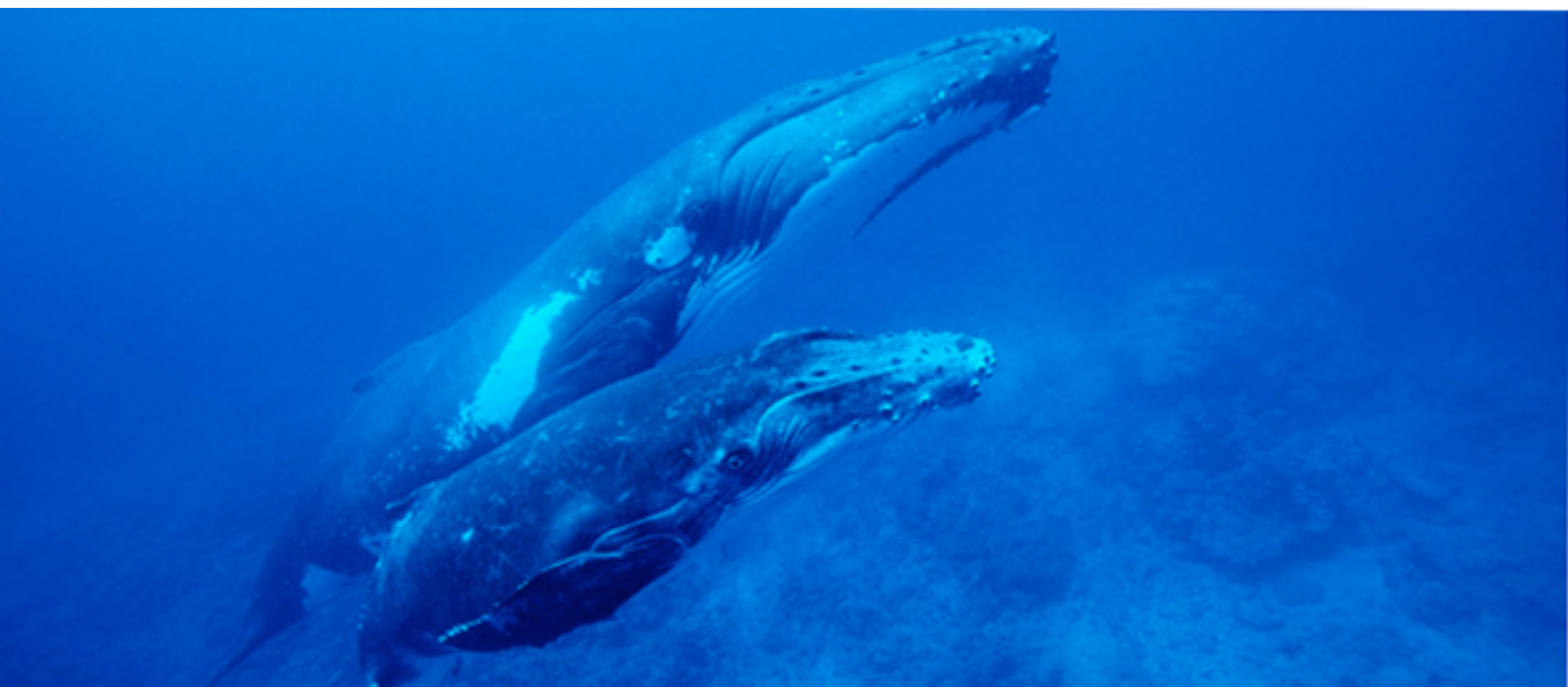


La Fondation Pacifique
&
le Laboratoire d'applications bioacoustiques (LAB)
de l'Université polytechnique de Catalogne

présentent

20 000 sons sous les mers

Un programme de cartographie de la pollution sonore des océans
dans le cadre de *The Ocean Mapping Expedition*
à bord du voilier *Fleur de Passion*



Pendant longtemps, on a même cru que les océans étaient “le monde du silence”...

“**V**ous êtes-vous déjà allongé dans l’eau, les oreilles immergées ? Dans la mer, à la piscine ou même dans votre baignoire, avez-vous noté comme les sons s’estompent et combien nous sommes immédiatement envahis d’une profonde quiétude ? Pendant longtemps, on a même cru que les océans étaient “le monde du silence”...

L’oreille humaine, en effet, n’est pas adaptée au milieu aquatique. Dans cet environnement étranger pour elle, les sons lui parviennent de façon feutrée, d’où ce sentiment d’intense bien-être que nous éprouvons. Dans certaines piscines de Suisse, il est même possible de se laisser ainsi bercer au son du chant des baleines !

Et les animaux marins, eux, qu’entendent-ils ? Car leur appareil auditif, à l’inverse du notre, est adapté au milieu dans lequel ils évoluent. La question devient d’autant plus importante que le niveau sonore des océans a considérablement augmenté depuis un siècle du fait du formidable essor de l’activité humaine: transport maritime, sonars militaires et industriels ou encore exploration pétrolière et gazière, entre autres, génèrent depuis des décennies un véritable « smog sonore » plus ou moins dense selon les mers du globe.

Les conséquences du “smog sonore”

Comment cette pollution sonore d’origine humaine affecte-t-elle le milieu marin ? Quel impact a-t-elle en particulier sur les cétacés, qui ont besoin de communiquer pour chasser en groupe, délimiter leurs territoires ou encore entrer en contact à distance avec un partenaire ? Nous savons que ce « smog sonore » entrave leur communication. Mais de quelle manière précisément ? Dans certains cas, leurs facultés auditives n’en sont-elles pas gravement affectées ? Or les cétacés jouent un rôle essentiel dans l’équilibre des océans. Qu’ils soient menacés par une activité humaine anodine à nos yeux et c’est toute la chaîne alimentaire qui s’en trouve déséquilibrée.



Pour répondre aux nombreuses questions que pose cette thématique nouvelle, la Fondation Pacifique à Genève et le Laboratoire d'Applications Bioacoustiques (LAB) de l'Université Polytechnique de Catalogne (UPC) à Barcelone ont décidé de s'associer pour lancer *20 000 sons sous les mers*, un programme exclusif destiné à cartographier l'extraordinaire foisonnement sonore des océans.

A bord de *Fleur de Passion*

Equipé de capteurs et de moyens de traitement et de transmission des données, le voilier *Fleur de Passion* recueillera en temps réel des données scientifiques qui font cruellement défaut à l'heure actuelle. Ce programme se déroulera dans le cadre de *The Ocean Mapping Expedition*, vaste tour du monde à la fois scientifique, socio-éducatif et culturel de quatre ans dans le sillage du découvreur du Pacifique de 2015 à 2019.

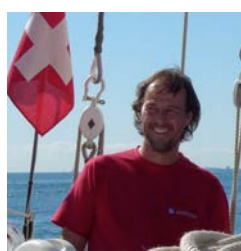
L'objectif de *20 000 sons sous les mers* est de fournir à la communauté scientifique des données de première importance destinée à une meilleure compréhension d'un phénomène encore trop mal connu aujourd'hui. Il consiste également à développer des moyens de sensibiliser le grand public et les acteurs politiques et économiques concernés par cette thématique d'importance vitale pour l'équilibre des océans.

Clin d'œil à Jules Verne et Cousteau

Clin d'œil explicite à Jules Verne et à son esprit visionnaire, référence évidente au Commandant Cousteau et au film *Le Monde du Silence* qui ont joué un si grand rôle dans la prise de conscience des enjeux liés à la mer, *20 000 sons sous les mers* se veut le creuset de nouvelles prises de conscience et, peut-être aussi, le catalyseur de nouvelles applications techniques à inventer et à mettre en œuvre pour que les océans retrouvent un peu de quiétude. Et avec eux les créatures qui les peuplent.”



Michel André
Directeur du Laboratoire
d'applications bioacoustiques (LAB),
Université polytechnique de Catalogne



Pietro Godenzi
Président de la Fondation Pacifique
Membre fondateur

Des océans pleins de sons



L'environnement marin est rempli de sons naturels, bien qu'un nombre croissant de bruits d'origine humaine aient contribué au niveau sonore général actuel des océans. L'ampleur avec laquelle ces bruits impactent et affectent l'environnement et la vie marines est une question suscitant actuellement un très grand intérêt à la fois de la part de la communauté scientifique et du grand public. L'intérêt des scientifiques découle du besoin de mieux comprendre le rôle de la production de ces bruits et de leur perception sur le comportement, la physiologie et l'écologie des organismes marins. Les sons d'origine humaine, y compris ceux nécessaires à l'étude de l'environnement marin, peuvent interférer avec ceux, naturels et biologiques, produits par ces mêmes organismes marins. L'intérêt du grand public provient quant à lui principalement des possibles effets de ces bruits d'origine humaine sur les mammifères marins, étant donné l'acceptation générale de l'importance du bruit dans la vie de ces espèces.

L'importance des sons pour les organismes marins

Pour les océanographes spécialistes d'acoustique, les sismologues marins ou encore les prospecteurs d'énergie fossile (pétrole et gaz), le bruit est le moyen le plus efficace actuellement disponible pour déterminer la structure des fonds marins et découvrir de nouvelles réserves de pétrole ou de gaz profondément enfouies sous le lit de océans. La société dans son ensemble a tiré d'importants bénéfices de ces activités en termes de connaissances ou de technologies permettant, grâce aux sonars servant à cartographier les fonds marins, la découverte de réserves de pétrole substantielles. **Mais les scientifiques comme le grand public sont aussi profondément conscients du fait que les sons représentent le moyen essentiel grâce auquel de nombreux organismes marins évoluent dans leur environnement, et que les sons constituent également le principal moyen de communication, de navigation et de reproduction pour de nombreuses espèces de poissons et de mammifères marins.** L'étude des sons produits par ces organismes marins donne de nombreuses indications intéressantes sur leur biologie et permet d'en tirer des enseignements sur la gestion des écosystèmes marins. **L'intérêt tant du grand public que de la communauté scientifique sur l'impact des sons produits par l'homme sur les animaux marins a très fortement augmenté ces dernières années.** L'inquiétude porte sur le fait que ces sons d'origine humaine pourraient interférer avec ceux naturellement produits par ces animaux marins, voire leur causer un tort sur le plan physique. La question est de savoir dans quelle mesure les sons d'origine humaine affectent la capacité des animaux marins à mener leurs activités normales et à long terme leur capacité à survivre, à se reproduire et à maintenir des populations saines. **C'est dans ce contexte de développement parallèle de l'acoustique et de la sismologie marine, de l'exploration minière et pétrolière, et de la bioacoustique animale qu'a émergé la préoccupation sur les effets du bruit sur la vie marine.**

De possibles menaces sur le bien-être de la vie marine

Les scientifiques connaissent depuis longtemps déjà la nature des sons produits par la vie marine. Ce n'est toutefois que depuis le projet Thermométrie acoustique du climat des océans (Acoustic Thermometry of Ocean Climate, ATOC), dans le cadre duquel des sons à haute intensité et de basse fréquence (définie ici en tant que plus bas que 1000 Hz) étaient transmis sur de longues distances, que l'attention du grand public s'est portée sur les possibles impacts des sons d'origine humaine sur les mammifères marins.

Soudainement, toutes les sources de production de ces sons ont fait l'objet d'une intense attention et ont été perçues comme représentant de possibles menaces sur l'existence et le bien-être de la vie sous-marine. Ces sources concernent non seulement les instruments de cartographie utilisés dans un cadre océanographique, militaire ou sismologique, mais aussi les sources non intentionnelles comme le transport maritime, l'activité off-shore ou encore la plaisance.

Ce qu'il faut bien comprendre, c'est que les sons dans les océans sont produits par une palette extraordinairement vaste et diverse de sources naturelles d'origine biologique et non-biologique. Les sons naturels non-biologiques peuvent tout autant provenir du vent et des vagues que de glissements de terrain et d'autres phénomènes géologiques, de tempêtes ou des mouvements de l'eau sur un récif coralien.

Quel impact sur la communication des animaux?

Beaucoup de ces sons existent depuis la formation de la Terre et des océans, et il est très fortement probable qu'ils aient eu un impact sur l'évolution du système auditif des animaux marins et sur leurs modes de communication. Les sons biologiques sont également d'origine très variée et sont émis de façon intentionnelle ou non-intentionnelle par de nombreux organismes. Les sons non-intentionnels incluent par exemples ceux produits par les bancs de poissons lorsqu'ils nagent ou lorsqu'ils relâchent de l'air pour ajuster leur flottaison. On pense que les sons intentionnels, comme le chant des baleines, les clics des dauphins ou les vocalisations des poissons sont produits à des fins de communication, d'écholocation et peut-être également de cartographie acoustique de l'environnement pour en évaluer les caractéristiques physiques. La détection de sons par les vertébrés augmente clairement dans l'environnement aquatique. Les capacités auditives **de certaines espèces de poissons (télostènes)** sont relativement sophistiquées et de nombreuses espèces sont non seulement capables de détecter les sons mais aussi de déterminer la direction de leur provenance, de détecter un signal parmi des bruits qui tendraient à le masquer, et de faire la distinction entre différents sons. En outre, on note une similarité considérable dans la structure de l'oreille des vertébrés aquatiques et terrestres. Et il est clair que la structure de base de l'oreille, y compris les **cellules sensorielles ciliées** qui transforment les vibrations en signaux électriques dans le système nerveux chez tous les vertébrés, a évolué très tôt dans l'histoire de ceux-ci.

Il y a peu, voire pas de lumière dans l'environnement marin. Et même dans les régions qui bénéficient d'une très grande luminosité, la portée de la vue demeure limitée due à la rapide absorption des longueurs d'onde lumineuses. En conséquence, si les premiers animaux aquatiques avaient seulement disposé de systèmes visuels, la gamme d'informations qu'ils auraient pu recueillir sur leur environnement aurait été limitée du fait de la courte distance de pénétration de la lumière dans l'eau. L'évolution d'un système auditif capable de faire la différence entre les sons, de déterminer leur provenance et de



Michel André utilisant un hydrophone lors d'une mission en Méditerranée.

détecter leurs composantes même si l'environnement est raisonnablement bruyant a considérablement augmenté les possibilités de survie des animaux marins. Il est convenu d'affirmer que les humains comme les animaux puisent sur la "scène acoustique" et dans l'immense quantité d'informations très subtiles qu'elle fournit largement de quoi situer leur environnement. Par extension, cela permet de présupposer que l'aspect le plus important de l'ouïe n'est pas la communication en tant que telle mais la possibilité de se mouvoir dans cette "scène acoustique" dans le but d'y détecter des objets ou des organismes et de faire la différence entre différents sons et leur provenance.

Apprendre de son environnement et survivre

Les sons et leur détection apparaissent dès lors comme des éléments essentiels dans la vie des poissons et des mammifères marins. Nombre de ces animaux utilisent les sons pour communiquer entre membres d'une même espèce. Tout aussi importante est l'idée que toutes les espèces utilisent ces sons pour se situer dans leur environnement et survivre. **En conséquence de quoi, la préoccupation devrait porter non seulement sur l'impact des sources d'origine humaine sur la communication, mais aussi sur l'impact général sur leur capacité à extraire l'information de l'environnement.** Une question fondamentale est de savoir si l'impact de ces sons d'origine humaine sur les mammifères marins et sur l'écosystème marin en général est assez important pour justifier l'inquiétude tant de la communauté scientifique que du grand public. Or en l'état des données disponibles, la réponse est qu'un tel intérêt est largement justifié.



L'aspect le plus important de l'ouïe n'est pas la communication en tant que telle mais la possibilité de se mouvoir sur la "scène acoustique" marine.

Cela étant, nos connaissances demeurent très partielles, raison pour laquelle il est très important de mener un programme tel que *20 000 sons sous les mers*. Celui-ci doit aider à établir une base scientifique qui permettra de :

- 1) identifier et classifier automatiquement les sons d'origine biologique et non-biologique;
- 2) monitorer les organismes marins et la dynamique des populations;
- 3) observer et vérifier les effets des sons d'origine humaine sur les organismes marins à une échelle géographique et temporelle jamais encore atteinte.

Une opportunité unique pour mener un état des lieux

Un tel programme scientifique n'est possible que si des données sont disponibles sur une vaste échelle spatiale et temporelle. Aussi, un tour du monde de plusieurs années sur les traces de Magellan dans le cadre du projet *The Ocean Mapping Expedition* de la fondation Pacifique à bord du voilier *Fleur de Passion* constitue-t-il une opportunité unique pour mener un véritable état des lieux mondial des sons des océans et dresser une carte acoustique des océans. Il permettra d'identifier de possibles conflits d'intérêts entre les différentes sources de bruits et de proposer aux acteurs concernés des solutions concrètes destinées à faire en sorte que les océans retrouvent un meilleur équilibre acoustique entre bruits naturels et silences.



Objectifs scientifiques et applications

Grâce à l'analyse en temps réel des informations recueillies par les équipements acoustiques à bord de *Fleur de Passion* et transmises aux chercheurs du Laboratoire d'applications bioacoustiques (LAB) de l'Université polytechnique de Catalogne, le programme *20 000 sons sous les mers* va évaluer la contribution respective des hommes et de la nature au bruit ambiant des océans et décrire les tendances de fond en termes de niveau sonore général, en particulier en ce qui concerne les activités humaines. Il mettra en évidence quelles sont les recherches nécessaires pour évaluer les impacts du bruit ambiant provenant de différentes sources (naturelle, transport maritime, activités militaires, recherche océanographique) sur les espèces marines, en particulier dans les zones sensibles du point de vue biologique. Le programme passera en revue et identifiera les manques dans les bases de données de bruits marins existantes et formulera des recommandations quant aux recherches à mener pour développer un modèle de bruit des océans qui incorpore des variables à la fois temporelles, spatiales et en termes de fréquences.

Points essentiels

Même si le programme *20 000 sons sous les mers* se focalisera principalement sur les effets du bruit sur les mammifères marins, il s'intéressera également à d'autres espèces (par exemple les poissons) qui font partie de l'écosystème et de la chaîne alimentaire dont dépendent ces animaux. La fréquence des sons étudiés ira de quelques Hertz à 200.000 Hz (200 kHz), puisque c'est dans cette largeur de fréquence que de nombreux organismes marins sont capables de détecter des sons.

Points considérés comme essentiels pour atteindre les objectifs du programme :

- concentrer les données existantes sur les sons et sources de sons d'origine humaine;
- établir une relation quantitative entre sons d'origine humaine et niveau d'activité humaine;
- établir un programme de monitoring à large échelle du bruit des océans couvrant une bande de fréquence de 1 à 200 000 Hz;
- compléter la connaissance sur la répartition, les schémas de propagation, les caractéristiques et la classification des sons marins biologiques et des organismes;
- monitorer le bruit des océans dans des régions géographiquement très diverses avec une attention plus soutenue sur les zones d'habitat des mammifères marins;
- examiner l'impact du bruit des océans sur des espèces non mammifères de l'écosystème marin.

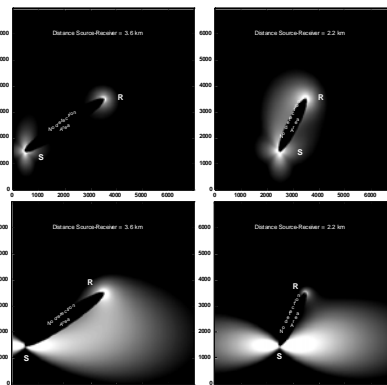
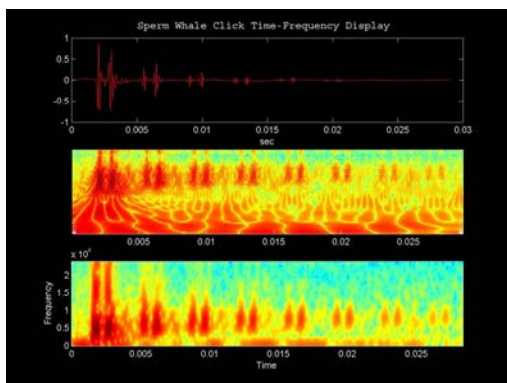
Ce programme de recherche et ses modalités de mise en oeuvre doivent reposer sur une approche pluridisciplinaire et compter sur la contribution et l'expertise de :

- spécialistes en électronique pour le choix et la calibration des **transducteurs** servant au monitoring des sons naturels, biologiques et d'origine humaine;
- spécialistes en physique acoustique pour analyser les informations recueillies;
- biologistes marins pour observer le comportement des espèces en lien avec les sons
- des statisticiens pour le concept initial, l'analyse des données et leur représentation.



A l'écoute des sons des océans. Le programme s'intéressera également aux poissons, qui font partie de l'écosystème et de la chaîne alimentaire dont dépendent les cétacés.

Le Laboratoire d'Applications Bioacoustiques (LAB) de l'Université Polytechnique de Catalogne rassemble un groupe pluridisciplinaire de chercheurs dont l'expertise couvre l'ensemble des compétences et de l'expérience nécessaires pour mener à bien le projet.



Equipements à bord de *Fleur de Passion*

Pour cartographier les sons des océans au cours de son tour du monde à la voile sur les traces de Magellan, *Fleur de Passion* sera doté des équipements suivants :

- 1 système d'hydrophones tractés derrière le voilier pour une écoute continue des sons marins. A noter que ce ruban d'hydrophones sera également muni d'une caméra qui recueillera des images de la faune marine et en particulier des cétacés rencontrés, enclins à venir jouer autour d'un tel équipement;
- mesure de sources de bruit;
- des moyens informatiques et de communication pour la transmission en temps réel et en continue des données recueillies, sons et images.

Grâce au développement de la technologie, une fois que les hydrophones sont mis à l'eau par l'équipage du voilier, ces équipements de recueil et de transmission des données seront opérés à distance directement par les spécialistes du LAB, à travers la technologie internet directement intégrée dans les moyens techniques mis en oeuvre.

Un site internet dédié

Le programme *20 000 sons sous les mers* donnera lieu au développement et à la création d'un site internet dédié qui permettra de suivre les navigations du voilier et d'écouter notamment :

- des sons en direct,
- les enregistrements bruts des deux mois écoulés,
- des segments intéressants,
- des mesures de bruits de différents endroits.
- l'analyse statistique ainsi que les cartes de bruit crée automatiquement par les logiciels embarqués.

Grâce à la camera fixée sur la ligne d'hydrophones, le site permettra aussi de partager avec le grand public des images des animaux marins rencontrés.

Aux escales, diffuser les sons de la mer

Aussi bien les sons des océans que les images ont également vocation à être partagés lors des escales du voilier grâce à des équipements de diffusion et de projection embarqués sur le bateau.

Dans le cadre plus global de *The Ocean Mapping Expedition*, tour du monde de quatre ans - de 2015 à 2019 - dans le sillage de Magellan, chaque escale donne en effet lieu à l'organisation d'un "village" autour du voilier, dans lequel sont présentés au grand public les différents programmes qui constituent le projet.

ANNEXE 1: la pollution sonore des océans

Les cent dernières années ont vu les sons d'origine humaine se développer dans l'environnement marin d'une manière sans précédent par rapport aux dix millions d'années de l'évolution de l'ordre moderne des cétacés. De ce fait, il est relativement logique de remarquer que durant ce dernier chapitre de leur histoire, les baleines et les dauphins n'ont pas été en mesure d'adapter leur système auditif aux sons nouveaux et forts produits par l'activité humaine.

Cette pollution sonore des océans produite par l'activité humaine est produite par :

- le transport maritime,
- la prospection et l'exploitation pétrolière et gazière offshore,
- les sonars industriels et militaires,
- les sources acoustiques expérimentales,
- les explosions sous-marines et autres activités d'ingénierie civile sous-marine,
- le bruit des avions supersoniques.

Ces bruits artificiels occupent l'espace physique et acoustique des organismes vivant sans que l'on puisse évaluer de quelle manière ils sont de nature à affecter négativement l'équilibre des océans sur le court, moyen et long terme.

Le contrôle de ces sources de bruits constitue un défi scientifique et implique une responsabilité importante de la part de la société et des gouvernements.

Bien que l'effet négatif de ces bruits élevés tels que l'activité industrielle, la prospection sismique ou le trafic maritime ait été démontré à travers l'observation de changement de comportement de la part de certains animaux marins, il demeure très difficile de déterminer si les sons d'origine humaine peuvent avoir des conséquences mortelles sur ceux-ci.

Il devient néanmoins clair que ces bruits d'origine humaine, à différents niveaux d'intensité, peuvent affecter négativement les populations de cétacés et se traduire par le déplacement de ces populations de leurs habitats traditionnels, l'évitement, des collisions avec des bateaux ou encore par des échouages en masse suivis de la mort des individus affectés. Les preuves sont particulièrement probantes que les sonars à haute intensité ainsi que les bruits forts comme ceux produits par le transport maritime, la prospection offshore ou les études sismologiques provoquent des lésions des organes auditifs suffisamment graves pour être mortelles. L'état actuel des



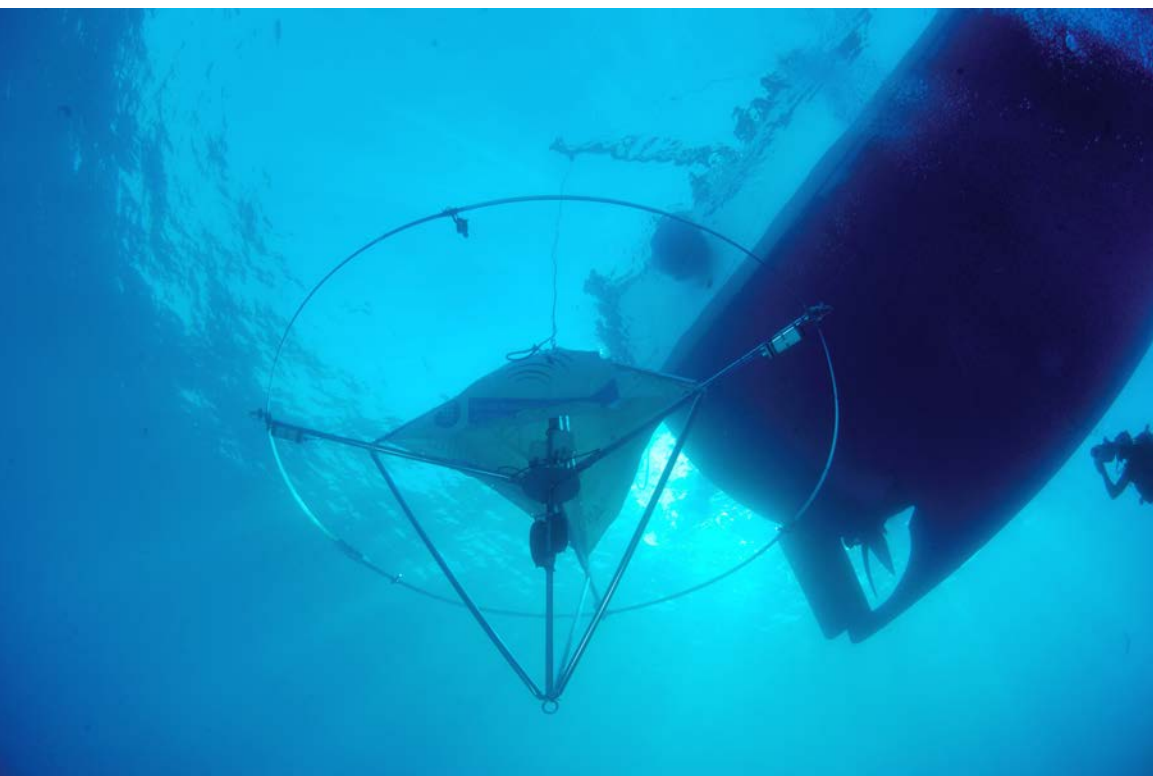
Cachalot percuté par un navire. Les graves lésions provoquées par de telles collisions peuvent être fatales.

connaissances sur l'effet du bruit sur les mammifères marins et leur habitat est insuffisant pour comprendre le lien entre d'une part fréquences, intensité et durée de l'exposition au bruit et d'autre part les dommages causés.

A la lumière d'événements récents ayant entraîné la mort de cétacés, le Conseil de la Société Européenne des Cétacés (European Cetacean Society) a produit une déclaration en clôture de sa 17e conférence annuelle sur les sons et les mammifères marins qui stipule que :

1. la recherche sur les effets du bruit d'origine humaine sur les mammifères marins et urgemment nécessaire et doit être conduite conformément aux plus hauts standards en termes de crédibilité scientifique et publique et en évitant tout conflit d'intérêt;
2. des mesures de mitigation non-invasive doivent être développées et mise en oeuvre aussi rapidement que possible;
3. le recours à des sources de forts bruits sous-marins devrait être limité jusqu'à ce que leurs effets à court et long terme sur les mammifères marins soient mieux compris, et ne devrait pas être utilisé dans des régions d'importance pour les cétacés;
4. des instruments législatifs doivent être développés pour accompagner l'application des politiques nationales et européennes en matière de pollution sonore des océans.

Ces nouveaux éléments requièrent une analyse dynamique de la situation qui en passe par le développement et la mise en oeuvre de nouvelles technologies ne ralentissant pas les intérêts humains ni ne compromettant la conservation de l'environnement marin, si nous ne voulons pas que l'activité humaine dans les océans devienne à court terme synonyme de remise en cause définitive de leur équilibre naturel.



L'un des éléments du système anti-collision avec les baleines inventé par Michel André, et qui a valu un Prix Rolex à l'esprit d'entreprise en 2002.

A propos de la Fondation Pacifique

La Fondation Pacifique est une organisation suisse à but non-lucratif reconnue d'utilité publique basée à Genève. Depuis sa création en 2007, elle conçoit, organise et mène en mer à bord de son voilier *Fleur de Passion*, vieux gréement de 33 mètres, des expéditions thématiques mêlant programmes de recherche scientifique, projets culturels, socio-éducatifs et de sensibilisation à l'environnement. Elle a pour ambition de contribuer à une meilleure connaissance de l'impact humain sur les océans et d'inviter à la réflexion sur la place de l'homme sur la planète mer en permettant à tout un chacun d'embarquer comme équipier et de participer à l'expédition. Dans ce but, ses expéditions se déroulent dans un esprit multidisciplinaire et de partage de l'expérience, et s'accompagnent d'actions de communication à l'adresse du grand public, notamment aux escales. Son projet phare, *The Ocean Mapping Expedition*, un tour du monde de quatre (2015-2019) dans le sillage du découvreur du Pacifique, est l'occasion originale et privilégiée d'observer et de cartographier l'état des océans d'aujourd'hui à la lumière de l'aventure vécue par le navigateur portugais et son équipage il y a bientôt 500.



Fondation Pacifique

9bis, rue de Veyrier, 1227 Carouge, Suisse
www.fondationpacifique.ch
www.omexpedition.ch
Contact média:
samuel@pacifique.ch - +41 76 563 65 43

Programme 20'000 sons sous les mers
En partenariat avec le



Laboratoire d'applications bioacoustiques (LAB)
de l'Université polytechnique de Catalogne
www.lab.upc.es
Contact média:
michel.andre@upc.edu - +34 93 896 7299/ 7200