

Histoire de l'acoustique sous-marine
par Pierre Juhel

Sur cette page : | [sommaire](#) | [préface de P. Alais](#) | [introduction](#) | [revue de presse](#) |

Sommaire

Table des matières

Préface de Pierre Alais

Introduction

HISTOIRE DES TECHNIQUES DE PRODUCTION ET DE RÉCEPTION DES SONS DANS LA MER

De l'Antiquité au XVIIIe siècle

Le son se propage plus vite dans l'eau que dans l'air

Repérage en mer : acoustique sous-marine ou acoustique aérienne ?

▶ Encart : Louis Gabriel Pichon, un Brestois ardent défenseur des cloches sous-marines

Du plomb de sonde au sondeur acoustique

▶ Encart : Le sondeur Thomson

Le sondeur acoustique

▶ Le premier sondeur acoustique : le bathymètre de Berggraf

▶ Encart : Le bathymètre de Berggraf

Après le naufrage du Titanic

Communiquer en mer : acoustique sous-marine ou acoustique aérienne ?

L'acoustique sous-marine déclare la guerre aux sous- marins

Le retour aux applications civiles

L'invention Langevin-Chilowski

▶ Encart : Trois années de recherche

Le sondage continu

▶ Encart : Analyseur optique

Un enjeu commercial

▶ Encart : La magnétostriction

Une querelle partisane : sons audibles ou ultrasons ?

Un nouveau procédé de guidage : le phare ultrasonore de Calais

Les cloches sous-marines n'ont pas sonné leur glas

Détection par ondes hertziennes ultra-courtes

L'acoustique sous-marine face à une nouvelle guerre

▶ La bataille de l'Atlantique

▶ L'après-guerre

Nouvelles générations de sondeurs

LES ALÉAS DE LA PROPAGATION DES SONS DANS L'OcéAN

La propagation des ondes selon Huygens

La loi de Snell-Descartes

Le phénomène de mirage

Détermination de la vitesse du son dans l'eau salée

De l'inégalité des ondes acoustiques dans l'océan

Une surprenante propagation des sons basse fréquence dans l'océan

Helmoltz : le père de l'équation de propagation

▶ Encart : Équation des ondes

Une propagation imprévisible : celle du chant des hélices

DES OUTILS INDISPENSABLES POUR LA CONNAISSANCE ET L'EXPLOITATION DES OcéANS

La sismique : la reine des techniques géophysiques pour la prospection en mer

▶ La sismique réfraction : une course entre les ondes

▶ Encart : Vitesse du son dans les matériaux géologiques

▶ La sismique réflexion : les « miroirs » géologiques réfléchissent le son

La boîte à outils pour les travaux sous-marins

▶ Un exemple de localisation

▶ Un mariage inattendu : acoustique sous-marine et satellite

▶ L'exploitation des hydrocarbures en mer

L'acoustique sous-marine a révolutionné l'océanographie

▶ La cartographie des fonds marins

▶ Le sondeur multifaisceaux

▶ Le sonar latéral

▶ Encart : Diagramme de directivité

▶ Encart : La sonde de Brooke

▶ Cinq mille lieues sous la mer pour mesurer la température des océans

▶ Encart : Définition du niveau sonore d'une source

▶ La tomographie acoustique

▶ La circulation océanique

L'identification de la matière vivante

De l'immensité océanique à l'œil humain

L'OCÉAN N'EST PAS LE MONDE DU SILENCE

Un début de connaissances mêlées de légendes

Des connaissances encore incomplètes

Des sonars perfectionnés depuis des millions d'années

Vers la disparition des cétacés ?

CONCLUSION :

L'acoustique sous-marine, une déjà vieille dame qui voudrait bien rajeunir

Annexes : Glossaire - Bibliographie - Index des noms de personnes - Source des illustrations

Préface de Pierre Alais

Bien qu'ayant consacré de nombreuses années à l'acoustique sous-marine, j'ai découvert, à la lecture de ce livre, toute une partie de son histoire que je connaissais fort mal et qui pourrait, sans l'initiative de Pierre Juhel, tomber doucement dans l'oubli.

Les expériences de Paul Langevin ont, chacun le sait, ouvert la porte aux techniques modernes de détection sous-marine lors de la Première Guerre mondiale. Mais on savait depuis longtemps que le son se propage admirablement bien dans l'eau, mieux que dans l'air. Dès le début du XXe siècle, on savait déjà réaliser un grand nombre de phares acoustiques à l'aide de cloches sous-marines. De même, des techniques de sondage acoustique ou de localisation de sources acoustiques à partir de navires furent développées avec des méthodes classiques d'écoute, longtemps avant et longtemps après les premières expériences de Langevin et Chilowski. Ce n'est qu'avec le développement de la technologie d'amplification électronique que ces méthodes furent reléguées au profit des transducteurs* piézoélectriques, après trois décennies de tentatives innombrables.

L'auteur a eu une carrière largement consacrée à l'acoustique sous-marine, d'abord dans le domaine de la sismique pétrolière en Afrique équatoriale où, en raison de l'omniprésence de l'eau, les hydrophones* sont aussi utiles que les géophones*, puis dans la sécurisation des dragueurs de mines pour le compte du Groupe d'études sous-marines de l'Atlantique et, enfin, dans le cadre de campagnes océanographiques au sein du Centre national d'exploitation des océans. Mais c'est certainement sa passion pour cette grande aventure humaine qui l'a poussé à recueillir les revues scientifiques de l'époque qui lui ont permis de nourrir fort heureusement cet ouvrage.

Ce livre est d'abord une histoire, une histoire où la science se retrouve largement empêtrée dans des conflits d'intérêts économiques et politiques. On ne savait toujours pas, au début des années 1930, si les sondeurs piézoélectriques l'emporteraient sur les techniques audibles.

Le poids donné, à juste titre, à toutes ces années balbutiantes mais si riches de tentatives et si intéressantes font que l'évolution récente des sondeurs et des sonars modernes est évoquée un peu plus rapidement, avec cependant une relation détaillée des performances des sondeurs multifaisceaux comme celui qui équipe l'Atalante, un navire de l'Ifremer.

Enfin, certaines techniques plus spécifiques comme l'imagerie du fond marin par le sonar latéral ou encore l'étude des océans par la tomographie océanique, sont exposées toujours d'une façon très vivante, sans équations, ce qui rend la lecture de ce livre très attrayante pour tous, tout en révélant un pan de l'histoire des sciences mal connu.

Pierre Alais

Professeur émérite

Université Pierre et Marie Curie

Introduction

L'acoustique sous-marine, si on la compare à d'autres branches de la physique et de la technologie, est toute jeune. Elle n'est que centenaire, alors que son principal champ d'applications, le repérage en mer, date de la protohistoire.

Dès la plus haute antiquité, les hommes qui s'aventuraient en mer se souciaient de la profondeur mais aussi de la nature du fond. La détermination de la profondeur - une opération qu'on appellera beaucoup plus tard sondage (du scandinave Sund, mer) - consistait à immerger un poids fixé à l'extrémité d'une corde, jusqu'à ce que ce poids touche le fond. L'opération étant effectuée à l'arrêt, la mesure de la longueur filée, en l'absence de courant, coïncidait avec la profondeur. Très tôt les marins utilisèrent cette information pour éviter les récifs.

Histoire de l'acoustique sous-marine par **Pierre Juhel**

document de présentation pour en savoir plus sur l'ouvrage- © Adapt-Snes éditions

Ils exploitèrent aussi une deuxième information : les traces de sédiments qui adhéraient sur le poids, lors de sa remontée à bord.

Au temps des Ptolémées, un navigateur expérimenté pouvait ainsi annoncer la proximité d'Alexandrie, avant d'apercevoir la côte. Cette technique de navigation se perpétua jusqu'à la fin du XIXe siècle ; il existait des cartes d'atterrissages*, teintées de diverses couleurs selon la nature des sédiments, qui facilitaient la navigation par temps de brume.

La connaissance des fonds marins resta longtemps limitée à ce qu'on appelle aujourd'hui le Plateau continental. Au delà se situait le royaume des abysses qui a nourri l'imaginaire de l'Humanité. Pour les Grecs, des milliers d'Océanides, aux yeux et aux vêtements couleur des flots, peuplaient ces abysses. Elles étaient filles d'Okéanos dont la nature variait selon les auteurs ; d'après Homère, Okéanos était un dieu-fleuve dont l'embouchure et la source se confondaient.

Pendant des siècles, on resta persuadé que le fond de la mer présentait d'insondables gouffres. Le père de l'océanographie Marsigli (1658-1730) fut l'un des premiers à combattre cette idée. Celle-ci fut définitivement abandonnée vers 1830 ; cette époque marque le début des grandes campagnes océanographiques dont certaines firent le tour du monde. Des sondages, effectués à l'aide d'instruments de plus en plus perfectionnés mais relevant tous de la conception de l'antique corde lestée, permirent d'établir des ébauches de cartes représentant le fond des océans.

Dans la deuxième partie du XIXe siècle, l'absence de cartes précises fut cruellement ressentie. En 1854, l'Américain Field (1819-1892) envisagea, malgré des avis unanimement défavorables, la pose d'un câble entre Terre-Neuve et l'Irlande, afin que les messages codés de Samuel Morse (1791-1872) puissent être échangés entre les deux continents. Les poses de câbles se multiplièrent, les incidents aussi dont certains furent provoqués par un manque d'informations sur les profondeurs et la nature du fond. L'art du sondage n'était pas à la hauteur de celui du télégraphe électrique. Cette situation semblait sans issue. Mais à la suite de deux événements exceptionnels, dont l'océan sera le témoin, une révolution technologique s'opéra : la maîtrise de la production et de la réception des sons dans l'eau. Il sera alors possible de connaître la profondeur des mers en écoutant l'écho d'une onde* sonore renvoyée par le fond.

L'homme du début du XXe siècle fut stupéfait, lorsqu'il entendit deux nouvelles annoncées par les crieurs de journaux, à trois ans d'intervalle : le Titanic a sombré ! le Lusitania a été torpillé !

En 1907, Lusitania était un nom prononcé avec admiration dans le monde de l'industrie maritime. Ce paquebot de la compagnie britannique de navigation Cunard allait s'attaquer, au cours de son voyage inaugural, au record de vitesse de la traversée de l'Atlantique Nord.

En 1909, le Titanic était mis en chantier pour le compte d'une autre compagnie de navigation britannique, la White Star Line, une concurrente de la précédente.

Le 15 avril 1912, le monde entier apprenait le naufrage du Titanic. Le gigantesque et luxueux paquebot avait heurté un iceberg, au sud de Terre-Neuve, au cours de sa première traversée. Quinze cents personnes périrent. Le monde maritime fut en deuil. On déplora le grand nombre de victimes ainsi que la fortune engloutie.

Des savants et inventeurs, pour la plupart d'origine anglo-saxonne, se manifestèrent pour répondre à la demande des hommes politiques et des journalistes qui, tous, exigeaient que la science apportât une solution immédiate pour éviter de telles catastrophes.

Au début de l'été 1914, le monde maritime refît à nouveau son souffle. Le plus grand projet imaginé par l'homme : faire communiquer les deux océans, l'Atlantique et le Pacifique, allait enfin se réaliser ; un rêve qui datait de l'époque de Charles Quint. Le percement de l'isthme de Panama, d'abord entrepris par une société française - celle-ci dut mettre fin à ses activités à la suite de la célèbre Affaire - était en voie d'achèvement grâce au concours financier voté par le Congrès américain.

Les États-Unis, qui avaient l'ambition de devenir une grande puissance maritime, s'étaient assuré du contrôle du futur canal après avoir obtenu, en 1898, celui de la mer des Antilles en chassant l'Espagne des deux îles Cuba et Porto Rico. Les États-Unis n'étaient pas les seuls à vouloir concurrencer la Grande-Bretagne dont les navires assuraient le transport de la moitié du tonnage mondial. La Ligue Maritime s'employait à promouvoir les compagnies de navigation françaises, Hambourg était devenu le premier port transatlantique, et même Trieste, le grand port de l'empire austro-hongrois, affichait ses ambitions.

Depuis la fin du XIXe siècle, alors que les steamers* s'imposaient de plus en plus devant les grands voiliers, le trafic maritime, entre l'Europe et le Nouveau Monde, était en continuelle augmentation. Pour faciliter

la navigation par temps de brume, en particulier à proximité des côtes, plusieurs moyens de repérage furent utilisés dont certains firent appel à cette propriété de l'eau connue depuis l'Antiquité : la faculté de transmettre les sons. On immergea des cloches qui furent actionnées suivant des procédés les plus divers. Pour écouter ces cloches - inventées, paraît-il, par les Chinois vers 2500 ans avant notre ère - on se servit d'un récepteur encore plus ancien : l'oreille humaine, mais aussi d'une récente invention, le microphone.

Ces débuts de l'acoustique sous-marine furent laborieux et atypiques. Alors que la physique est avant tout expérimentale, le milieu marin extrêmement changeant en surface et, jusqu'à une période très récente, plein de mystères, n'offrait pas aux pionniers la possibilité d'effectuer des expériences répétitives, indispensables pour connaître l'influence de certains paramètres sur la propagation des sons dans l'océan. D'autre part une expérimentation en mer a toujours nécessité des moyens coûteux. Ils furent parcimonieusement attribués à ces pionniers, aussi ne faut-il pas s'étonner de l'aspect empirique de cette toute nouvelle branche de la physique.

Le 15 août 1914, l'inauguration du canal passa inaperçue en Europe. La guerre venait d'éclater. Les états-majors des marines anglaises et françaises avaient d'autres préoccupations : les croiseurs allemands, signalés dans la mer des Antilles, allaient certainement tenter de couler des navires marchands. L'idée d'une attaque par sous-marin, dont l'exiguïté interdisait de porter secours à des centaines de naufragés, était écartée. Seuls des auteurs de romans d'épouvante y avaient songé.

Le 7 mai 1915, le paquebot Lusitania était torpillé par un sous-marin allemand, au large de l'Irlande. Douze cent personnes périrent. L'hebdomadaire, dont la devise était : Le Miroir paie n'importe quel prix les documents photographiques relatifs à la guerre, consacra, dans son numéro du 23 mai, plusieurs pages au naufrage. Des photographies de sauveteurs et de personnalités disparues y figurent ainsi que le prix de la torpille (25 000 francs or) qui avait détruit un navire dont le prix était estimé à 30 millions de ces mêmes francs. La guerre coûtait cher en hommes et en argent.

On fit de nouveau appel aux physiciens. Les savants français furent, cette fois, très nombreux à répondre à cette demande. Une autre guerre commençait : celle de l'acoustique contre les sous-marins.

Les sources documentaires, permettant de reconstituer les différentes étapes qui ont marqué les recherches en acoustique sous-marine, sont disséminées dans une multitude de revues scientifiques françaises et étrangères, et dans celles consacrées exclusivement au domaine marin. Mais ces dernières, comme les précédentes, ont rarement évoqué le sujet hormis la description des sondeurs acoustiques que fit systématiquement La Revue Hydrographique publiée à Monaco.

On peut retenir plusieurs causes pour expliquer cette discrétion. Au début du XXe siècle, le lecteur de revues scientifiques était demandeur d'articles concernant les deux merveilles, la TSF et la téléphonie, qui révolutionnaient sa vie quotidienne. Quelques années plus tard, il se passionnera pour les découvertes liées à la structure de la matière et pour la théorie de la relativité que Langevin (1872-1946) s'efforça de vulgariser en faisant appel à son voyageur qui parcourait l'univers à une vitesse deux cent mille fois supérieure à celle du son dans l'eau !

Dans ce contexte, l'acoustique sous-marine faisait pâle figure. Ses développements théoriques n'étaient pas à la hauteur des applications qu'on attendait d'elle et le secret qui entourait les recherches militaires était jalousement gardé. Seules, celles entreprises au cours de la Première Guerre mondiale furent abondamment décrites, dès la fin du conflit. À ce titre on pourra consulter le Bulletin officiel de la direction des recherches scientifiques et des inventions, publié par le ministère de l'Instruction publique et des Beaux-arts, si l'on ne tient pas compte de la mise en garde d'Henri Bouasse.

Ce professeur de physique à la faculté des sciences de Toulouse était fort connu dans le milieu universitaire. Ses livres, réunis dans une collection dont la devise était Beaucoup de science mais en vue des applications, faisaient autorité. Citons deux ouvrages consacrés à l'acoustique : Cordes et Membranes et Tuyaux et Résonateurs, publiés respectivement en 1926 et 1929.

H. Bouasse était célèbre pour cette collection de manuels destinés aux ingénieurs et aux chercheurs, mais il l'était autant pour ses longues et savoureuses préfaces. Dans l'une d'elle il fustige ce bulletin du ministère qui, d'après lui, était surtout destiné à ponctionner le contribuable pour enrichir les cent membres d'un comité dit de perfectionnement !

H. Bouasse exigeait une extrême rigueur des revues scientifiques. Ce n'était pas toujours le cas en acoustique sous-marine. Une invention - celle-ci naissait généralement après une catastrophe maritime - provoquait l'enthousiasme d'un rédacteur mais laissait indifférents les armateurs qui se gardaient bien de la mettre à l'épreuve. Ces fabuleuses nouvelles, qui souvent prenaient naissance outre-Atlantique, étaient

accueillies avec complaisance dans les pages des revues de la vieille Europe : des appareils, qui ne virent jamais le jour et dont le principe n'était étayé par aucun calcul, étaient décrits avec un luxe de détails. L'optimisme des inventeurs n'avait d'égal que leur totale ignorance des difficultés d'expérimentation dans un milieu aussi hostile que celui de la mer.

Durant l'entre-deux guerres, une figure s'impose : celle de Paul Langevin. Avec Constantin Chilowski, il avait établi, en 1917, les bases de l'acoustique sous-marine moderne, en préconisant l'utilisation des ultrasons. Après avoir mis au point les procédés d'émission et de réception de ces ultrasons, les deux chercheurs surent rapidement trouver des solutions industrielles pour mesurer la hauteur d'eau sous la quille d'un navire, en détectant l'écho d'un signal acoustique émis en surface puis réfléchi par le fond.

Langevin mena de pair ses recherches et ses activités industrielles. Il fut aussi le physicien qui donna ses lettres de noblesse à l'acoustique sous-marine en enseignant cette nouvelle discipline au collège de France. L'une de ses conférences faites, en 1929, dans le cadre de l'Association technique maritime et aéronautique, laisse présager que l'acoustique sous-marine deviendra un outil indispensable pour accéder à la connaissance des océans. Le président de séance l'avait, lui aussi, pressenti. Il avait conclu :

Vous voyez quel puissant moyen d'investigation constitue l'emploi des radiations ultrasonores... Nous ne savons pas à quelle extension cette science de recherches sous la mer pourra conduire, sans doute à des conséquences importantes dans l'avenir. L'origine de toute cette doctrine, ce sont les travaux de Monsieur Langevin.

Quarante ans plus tard, l'acoustique sous-marine prendra sa revanche. Autrefois négligée par la majorité des théoriciens, elle monopolisera des armées de mathématiciens.

Après la Seconde Guerre mondiale, l'acoustique sous-marine va conquérir des titres de gloire. Des ondes sonores aideront à percer les mystères des abysses, dont celui de l'hydrothermalisme* marin. Elles s'aventureront même à l'intérieur des couches géologiques sur lesquelles reposent les océans. L'acoustique sous-marine sera l'outil privilégié des géologues et des chercheurs de pétrole.

Les physiciens ont même songé à utiliser les ondes acoustiques pour obtenir des renseignements sur le devenir climatique de la planète bleue tributaire de l'océan.

Les ingénieurs s'occupant de chantiers sous-marins ont, eux aussi, recours à l'acoustique sous-marine. Ils ne disposent pas, comme leurs collègues qui envoient des satellites dans l'espace, de tout cet arsenal de moyens de repérage et de communication offerts par les ondes électromagnétiques. Celles-ci sont très vite absorbées par l'eau de mer. L'océan, qui représente 70 % de la superficie de notre planète, accepte les ondes sonores mais refuse les ondes électromagnétiques.

La jeune acoustique sous-marine a ainsi obtenu, en peu de temps, des résultats remarquables. Elle le doit aux savants et ingénieurs du XXe siècle mais aussi à des aînés lointains. L'acoustique sous-marine est fille de l'acoustique aérienne, dont certains concepts datent de la plus haute antiquité, et de l'optique - essentiellement celle du XVIIe siècle - deux branches de la physique sans lesquelles elle n'aurait pu être aussi féconde.

Revue de presse

La Recherche :

« Depuis la construction du premiersonar, au début du XXe siècle, les appareilsrecourant à la transmission des sons dans l'eau n'ont cessé de s'améliorer.Ce livre, bien illustré, raconte cettehistoire, où se côtoient ingénieurs, militaireset physiciens de renom. »

Revue XYZ, n°106, 1^{er}tr 2006

"(...) L'ouvrage de Pierre Juhel est remarquable par son exposé historique des faits scientifiques sur lesquels s'appuient les progrès dans le domaine océanographique, particulièrement."

Jean Bourgoïn