

SURVEILLANCE, ETUDE ET RECONNAISSANCE DE L'ENVIRONNEMENT PAR ACOUSTIQUE DISCRÈTE : **LE SÉMINAIRE SERENADE**

par Yann Stéphan ⁽¹⁾, Cédric Gervaise ⁽²⁾ et Céline Liret ⁽³⁾

RÉSUMÉ

Les techniques de monitoring du milieu par acoustique passive et discrète font l'objet de nombreuses initiatives de recherche et développement. Dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique Europôle Mer (GIS-EM), l'ENSIETA, le SHOM et Océanopolis ont co-organisé à Brest le séminaire SERENADE ayant pour but de dresser un état de l'art dans le domaine de la surveillance acoustique du milieu marin, de confronter les points de vue et de dégager des perspectives de collaborations pour les années futures.

ABSTRACT

Monitoring the environment with non intrusive acoustic techniques is the subject of many research initiatives worldwide. In the framework of the scientific interest group "Europôle Mer (GIS-EM)", ENSIETA, SHOM and Océanopolis co-organized the SERENADE workshop in Brest. This workshop has enabled to provide a state of the art in the field of acoustic monitoring of marine environment, to share the points of view from various scientific communities and to identify prospects for collaborations in the next future.

(1) SHOM, 13 rue du Chatellier, CS92803, 29228 Brest Cedex 2, France.

(2) EA3876 et DTN, ENSIETA, 2 Rue François Verny, 29200 Brest, France.

(3) Océanopolis, port de plaisance du Moulin Blanc, 29200 Brest, France.

1. ÉCOUTER POUR COMPRENDRE...

L'océan est bien connu pour être un excellent guide pour les ondes acoustiques. Les progrès technologiques de la deuxième moitié du vingtième siècle ont permis la mise au point de systèmes exploitant cette propriété, les sonars. Les premières applications de ces systèmes ont été la détection et la localisation de cibles que ce soit des cibles d'origine anthropique (sous-marins, bâtiments, mines,...) ou naturelle (bancs de poissons, fonds sous-marins,...). Fort de ces systèmes permettant de scruter l'océan, d'autres applications ont vu le jour, visant à extraire une information environnementale des signaux acoustiques propagés, réfléchis ou réverbérés dans le milieu. Ce sont par exemple les systèmes de tomographie, de caractérisation sédimentaire, d'exploration sismique ou encore de courantométrie acoustique. Il ne s'agit plus seulement de détecter et localiser, mais de quantifier et caractériser les paramètres physiques, chimiques ou biologiques de l'océan.

Si la maîtrise des systèmes acoustiques sous-marins permet maintenant d'appréhender le milieu en y injectant des signaux sonores, l'introduction d'énergie sonore dans l'océan n'est pas toujours sans poser problème comme en témoigne les polémiques récentes autour de l'impact potentiel sur la faune de sources acoustiques à forte puissance. De manière générale, si l'acoustique active, c'est à dire ayant recours à l'émission dans le milieu de signaux sonores contrôlés, est un outil indispensable à l'acquisition de la connaissance des océans, elle constitue une forme d'intrusion dans le milieu, intrusion dont l'impact à la fois opérationnel et écologique peut s'avérer gênant voire dans certains cas rédhibitoire. Pour limiter cet impact, il est assez naturel de rechercher des solutions techniques limitant l'introduction d'énergie sonore. En matière d'observation acoustique du milieu marin, un des enjeux des prochaines décennies sera probablement de développer notre capacité à "observer en silence", en toute discrétion acoustique...

Comment faire face à cet enjeu ? Et si finalement, la réponse venait de l'océan lui-même ? Tout baigneur ou plongeur sous-marin en a fait l'expérience : bien loin du "monde du silence", l'océan est le siège d'une activité sonore intense et permanente. Si, pour un non-initié, ce chorus peut s'apparenter à une espèce de brouhaha au mieux amusant, probablement intrigant ou au pire inquiétant, les initiés à l'acoustique sous-marine connaissent la richesse de ce chorus océanique. Toutes sortes de bruits s'y côtoient comme les bruits d'origine météorologique (générés par le vent ou la pluie), les bruits d'origine sismique ou volcanique, les bruits d'origine anthropique (trafic maritime, exploration pétrolière, détection sous-marine,...) ou encore les bruits d'origine biologiques (vocalises de mammifères marins, claquements de crevettes et de coquillages,...). Ce chorus océanique possède un contenu informatif gigantesque et encore largement inexploité sur la connaissance du milieu marin, sa biodiversité, son évolution ou encore ses processus physiques... A condition bien entendu de savoir le décoder... Et si finalement, il suffisait d'écouter pour comprendre ?...

Cette idée d'écouter les océans n'est pas nouvelle et des observatoires acoustiques passifs sont utilisés depuis plusieurs décennies. Néanmoins, les efforts consentis pour le

développement et l'exploitation de ces observatoires l'ont été d'une manière relativement ciblée dans des domaines applicatifs bien bornés. Le besoin d'observation des environnements côtiers est de nature à inverser cette tendance. En effet, contrairement à certaines idées reçues, les zones côtières et littorales sont sûrement moins connues et souvent moins accessibles que les environnements profonds. Or, la connaissance de ces zones revêt des enjeux économiques et écologiques importants et suscite une demande très soutenue des "usagers" des océans. Cette demande peut s'exercer dans des domaines très variés (pollution marine, sécurité maritime, gestion intégrée des littoraux, surveillance des habitats et de la biodiversité,...), sur toutes les échelles spatiales et temporelles, à de multiples niveaux d'utilisateurs (scientifiques, exploitants, pouvoirs publics, industriels, ...). Cette demande s'exerce par ailleurs sous fortes contraintes puisque l'acquisition de données dans les zones côtières nécessite de répondre à de multiples obligations de nature réglementaire (limitation des eaux territoriales, zones économiques exclusives, présences d'aires marines protégées, directives européennes, droit maritime,...) et doit se faire en bonne harmonie avec des activités anthropiques souvent intenses (pêche, trafic maritime, loisirs, exploitation industrielle de sites,...). Face à un manque abyssal de connaissance en zones de faible profondeur se pose la nécessité de développer des outils d'observation permettant de répondre à un spectre large d'applications. En ce sens, l'acoustique discrète est un outil qui mérite assurément d'être développé pour au moins trois raisons :

- la richesse de la donnée : les enregistrements acoustiques permettent d'assurer un monitoring continu sur plusieurs mois. Ils sont non invasifs et, par nature, intégrés si l'on considère des hydrophones de très large bande. En effet, le même son, donc la même donnée, peut servir au biologiste, qui dénombre des mammifères, au géophysicien, qui mesurera une activité sismique ou à l'océanographe qui estimera un contenu thermique. Il est également assez remarquable qu'une même donnée puisse être un indicateur de pression anthropique (par exemple le bruit généré par des sources impulsives) et un indicateur de son impact (par exemple une densité de vocalisation) ;
- la complémentarité avec les autres techniques d'observation ; les enregistrements acoustiques apportent une "autre" vision que les systèmes de mesures physiques. Par exemple, les mammifères marins ne passent qu'une partie de leur temps en surface (moins de 10 % pour les grands dauphins). La détection et l'étude de leur activité sonore permettent d'apporter un angle d'étude complémentaire sur le recensement des populations et les comportements. Pour autre exemple, citons également le fait que trois quarts de l'activité sismique sous-marine est de magnitude faible et difficilement mesurable par les sismographes, peu sensibles aux petits mouvements terrestres. Par contre, le bruit sous-marin généré par les petits séismes s'entend souvent très distinctement sur des hydrophones aux fréquences dites ultra basses (de quelques hertz à quelques dizaines de hertz).
- la maturité technologique : si le développement et l'exploitation des systèmes actifs restent relativement lourds, l'observation par techniques passives est par contre très accessible. Nombre de systèmes autonomes existent sur étagères pour quelques milliers d'euros et sont d'emploi très simple. Le recours systématique à des techniques discrètes peut au final se révéler peu coûteux et procurer un rapport information/coût parmi les plus intéressants.

L'acoustique discrète présente des avantages indéniables. Cependant, l'impossibilité de travailler avec des signaux optimaux rend nécessaire des développements originaux en traitement du signal. Pour s'adapter au contexte scientifique difficile du discret et du passif, de nouvelles méthodologies et concept d'emploi doivent être pensés, en étroite collaboration entre acousticiens, traiteurs de signaux et environnementalistes. Pour profiter des promesses de l'acoustique discrète, il faudra impérativement tisser des liens étroits entre les différentes communautés scientifiques. C'est en tout cas dans cet esprit que le séminaire SERENADE a vu le jour...

2. SURVEILLER, ÉTUDIER ET RECONNAÎTRE L'ENVIRONNEMENT PAR L'ACOUSTIQUE DISCRÈTE

Les techniques de monitoring du milieu par acoustique passive et discrète font actuellement l'objet de nombreuses initiatives de recherche et développement, tant pour l'observation physique de l'environnement que pour l'étude et la protection de son écosystème ou encore la surveillance des activités humaines et de leur impact. Dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique Europôle Mer (GIS-EM), l'ENSIETA, le SHOM et Océanopolis se sont associés pour conduire le projet "MER CALME" qui poursuit trois axes :

- d'une part, montrer l'intérêt et la faisabilité de l'acoustique passive pour l'étude de la population des grands dauphins sur le site de l'archipel de Molène,
- d'autre part, montrer l'intérêt et la faisabilité du suivi par acoustique passive du front d'Ouessant,
- enfin, promouvoir les échanges scientifiques entre les principaux acteurs de la région brestoise et différentes équipes de recherche à l'étranger investies dans l'utilisation des techniques acoustiques de monitoring environnemental.

Un des vecteurs retenus pour ce troisième axe était la tenue d'un séminaire de travail ayant pour but de dresser un état de l'art dans le domaine de la surveillance acoustique du milieu marin, de confronter les points de vue et de dégager des perspectives de collaborations pour les années futures. C'est à ces fins qu'a été organisé le séminaire SERENADE, qui s'est tenu les 17 et 18 mars 2010 à l'École nationale supérieure des ingénieurs en techniques d'armement (ENSIETA) à Brest. Ce séminaire a comporté des présentations orales (une vingtaine de minutes et dix minutes de questions) ainsi que des débats et discussions libres sur les techniques de monitoring acoustique, les besoins des utilisateurs et les perspectives de travail.

La première journée du séminaire a été consacrée à l'application de techniques discrètes à l'observation de l'écosystème marin. Le second jour a porté sur la caractérisation physique des océans par acoustique discrète. Au final, le séminaire a rassemblé plus de quarante participants d'horizons divers représentant 4 organismes étrangers, 4 organismes nationaux, 9 organismes membres du GIS ainsi que 2 PME. La qualité et la diversité de l'audience ont rendu possible la confrontation des expériences des uns et des autres et le partage d'idées entre biologistes, géophysiciens, océanographes, acousticiens et traiteurs de signaux. Les présentations, de grande qualité, ont permis de montrer le spectre

fantastique d'application de l'acoustique discrète, de l'étude des animaux les plus petits, comme les poissons clowns ou les coquilles Saint-Jacques aux plus grands, comme les baleines bleues, de la dynamique sédimentaire des estuaires aux mouvements tectoniques dans les abysses.

Pour garder trace écrite de la richesse des débats et de la diversité des sujets abordés, le SHOM a le plaisir de consacrer au séminaire SERENADE le numéro spécial 776 de ses *Annales Hydrographiques*, disponible en ligne (www.shom.fr, rubriques "Annales hydrographiques"). En espérant que les participants et les futurs lecteurs puissent y trouver de nombreuses sources d'inspiration !

REMERCIEMENTS

Ce séminaire a été organisé sous l'égide du GIS Europôle Mer (axe 5) et grâce à son soutien financier dans le cadre du contrat n° 08/2210208. Les organisateurs remercient chaleureusement l'ensemble des participants et contributeurs pour avoir rendu ce séminaire aussi riche et aussi convivial.

Liste des interventions

Titre	Auteurs (intervenant en souligné)	Organisme	Contact
Observation des populations de cétacés : cas des dauphins de l'Iroise	<u>C. LIRET</u>	Océanopolis, LEMM ¹ (F)	celine.liret@oceanopolis.com
Observatoire acoustique des grandes baleines dans les océans Indien et Austral	<u>F. SAMARAN</u> O. ADAM J-Y. ROYER C. GUINET	Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (F) Université de Paris Sud 11 (F) IUEM/LDO ² (F) Centre d'Études Biologiques de Chizé	flore.samaran@cebc.cnrs.fr
Communication acoustique des grandes baleines et activités sonores anthropiques	<u>L. DI IORIO</u> C.W. CLARK L. HATCH S. VAN PARJIS	ENSIETA/DTN ³ (F) Cornell Bioacous. Research Lab (USA) NOAA ⁴ (USA) NOAA (USA)	lucia.di_iorio@ensieta.fr
Apport de l'acoustique passive pour l'éthologie de la coquille Saint-Jacques	<u>C. GERVAISE</u> B. KINDA S. BUSSON V. JAUD <u>L. CHAUVAUD</u> T. ROBSON	ENSIETA/DTN (F) ENSIETA/DTN (F) ENSIETA/DTN (F) ENSIETA/DTN (F) IUEM/LEMAR ⁵ (F) IUEM/LEMAR (F)	cedric.gervaise@ensieta.fr
Communication acoustique chez des poissons	<u>L. KÉVER</u>	Université de Liège (B)	loic.kever@student.ulg.ac.be
Observation de la posidonie par acoustique	<u>J-P. HERMAND</u>	Université Libre de Bruxelles, EHL (B)	jhermand@ulb.ac.be
Détection des clics des baleines à bec	<u>O. GÉRARD</u> C. CARHEL S. CORALUPPI	DGA Techniques Navales (F) NURC ⁶ (OTAN) NURC (OTAN)	odile.gerard@dga.defense.gouv.fr
Campagne Erato'09 : émissions acoustiques et présence des mammifères marins sur le plateau continental	<u>L. DI IORIO</u> B. KINDA C. GERVAISE Y. STÉPHAN N. JOSSO	ENSIETA/DTN (F) ENSIETA/DTN (F) ENSIETA/DTN (F) SHOM (F) GIPSA-LAB ⁷ Grenoble (F)	lucia.di_iorio@ensieta.fr
Émissions SONAR et mammifères marins : peuplement dans le golfe de Gascogne et en mer Méditerranée Occidentale	L. MIFSUD <u>O. GÉRARD</u>	DGA Techniques Navales (F) DGA Techniques Navales (F)	laurent.mifsud@dga.defense.gouv.fr
Observations acoustiques : exemples d'applications et défis DCL dans le Saint-Laurent	<u>Y. SIMARD</u> N. ROY	Institut des Sciences de la Mer, Québec (CA) Pêches et Océans Canada, Québec (CA)	yvan.simard@dfo-mpo.gc.ca
Vers la prévision du bruit anthropique	<u>T. FOLÉGOT</u>	QUIET-OCEANS (F)	thomas.folegot@gmail.com
Tomographie acoustique : technique du passé ou du futur ?	<u>Y. STÉPHAN</u> J-P. HERMAND C. GERVAISE	SHOM (F) Université Libre de Bruxelles, EHL (B) ENSIETA/DTN (F)	yann.stephan@shom.fr

Titre	Auteurs (intervenant en souligné)	Organisme	Contact
Acoustique et océanographie opérationnelle	<u>Y. STÉPHAN</u>	SHOM (F)	yann.stephan@shom.fr
Acoustic data assimilation : the Ushant front monitoring	<u>O. CARRIERE</u> J-P. HERMAND Y. STÉPHAN	Université Libre de Bruxelles, EHL (B) Université Libre de Bruxelles, EHL (B) SHOM (F)	ocarrier@ulb.ac.be
Inversion géoacoustique à partir du bruit large bande rayonné par les navires	<u>B. KINDA</u> C. GERVAISE Y. STÉPHAN C. CHAILLOUX	ENSIETA/DTN (F) ENSIETA/DTN (F) SHOM (F) ENSIETA/DTN (F)	basile.kind@ensieta.fr
Shallow water inversion on a single receiver using warping tools	J. BONNEL B. NICOLAS <u>J-I. MARS</u> D. FATTACCIOLI	GIPSA-LAB, Grenoble (F) GIPSA-LAB, Grenoble (F) GIPSA-LAB, Grenoble (F) DGA Techniques Navales (F)	julien.bonnel@gipsa-lab.grenoble-inp.fr
Acoustique pour l'observation de l'activité sismique	<u>J.-Y. ROYER</u> J. GOSLIN J. PERROT C. GUENNOU J-F. D'EU C. BRACHET	IUEM/LDO (F) IUEM/LDO (F) IUEM/LDO (F) IUEM/LDO (F) IUEM/LDO (F) IUEM/LDO (F)	jean-yves.royer@univ-brest.fr
Acoustique et dynamique sédimentaire	<u>J-P. HERMAND</u>	Université Libre de Bruxelles, EHL (B)	jhermand@ulb.ac.be
Etude de la surface à partir de mesures acoustiques passives	<u>X. DEMOULIN</u>	MAREE ⁸ (F)	xdemoulin@maree.fr
MeDON ⁹ et observatoire côtier câblé	<u>Y. Aoustin</u>	Ifremer (F)	yannick.aoustin@ifremer.fr
Observatoire acoustique ESONET-LIDO ¹⁰	M. ANDRÉ <u>C. GERVAISE</u>	Universidad Politecnica de Cataluya (E) ENSIETA/DTN (F)	cedric.gervaise@ensieta.fr

¹ Laboratoire d'Étude des Mammifères Marins.

² Institut Universitaire Européen de la Mer/Laboratoire des Domaines Océaniques.

³ École Nationale Supérieure des Ingénieurs en Études et Techniques d'Armement/Développement des Techniques Nouvelles.

⁴ National Oceanic and Atmospheric Administration.

⁵ IUEM/Laboratoire de l'Environnement MARin.

⁶ Nato Undersea Research Center (La Spèzia - Italie).

⁷ Grenoble Image Parole Signal Automatique - Laboratoire.

⁸ Méthodes Acoustiques de REconnaissance de l'Environnement.

⁹ Marine e-Data Observatory Network.

¹⁰ European Seas Observatory NETWORK - Listening to the Deep Ocean environment.