

Développement d'une méthode acoustique de détection des herbiers de posidonies

Claire NOEL¹ - Christophe VIALA¹ - Eric LEHN¹ - Claude JAUFFRET²

¹SEMANTIC-TS - 39, chemin de la Buge - 83110 SANARY - Tél : 04.94.88.24.58 - E-mail : contact@semantic-ts.fr

²LABORATOIRE STIC équipe GESSY – USTV - BP 20 132 - 83 957 La Garde Cedex – Tél : 04 94 14 24 14

I. Introduction

Cet article présente les travaux de recherche réalisés par la société SEMANTIC-TS, en collaboration avec le laboratoire STIC de l'Université du Sud Toulon-Var, aboutissant à une méthode de détection de la biocénose éventuellement présente sur le fond marin à partir de signaux réels de sondeur mono faisceau. Dans un premier temps, l'étude se limite aux herbiers de posidonie, écosystème pivot de la Méditerranée, pour lesquels nous cherchons à renseigner les critères suivants :

- recouvrement (présence / absence),
- densité (abondance / dominance).

La méthode développée pourra ensuite être étendue à d'autres types ou espèces (zostère, caulerpe, ...).

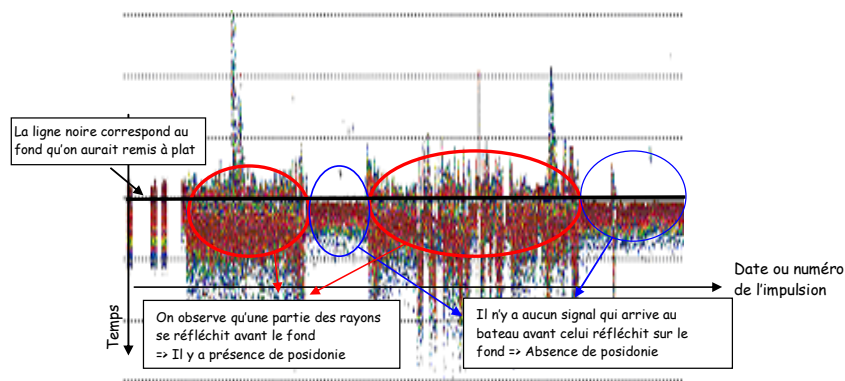
II. Expérimentations préliminaires

Une phase d'expérimentation a été menée afin d'acquérir des signaux réverbérés par différents types de fonds (sable avec et sans présence de végétation, roche), à différentes profondeurs et pour différents paramétrages du sondeur (puissance d'émission et durée d'impulsion). Ces mesures ont été réalisées à l'aide d'un sondeur mono faisceau SIMRAD EQ60 émettant à des fréquences de 38 et 200 kHz ; elles ont été accompagnées de plongées et de prises de vues (caméra) afin de disposer d'une vérité terrain.

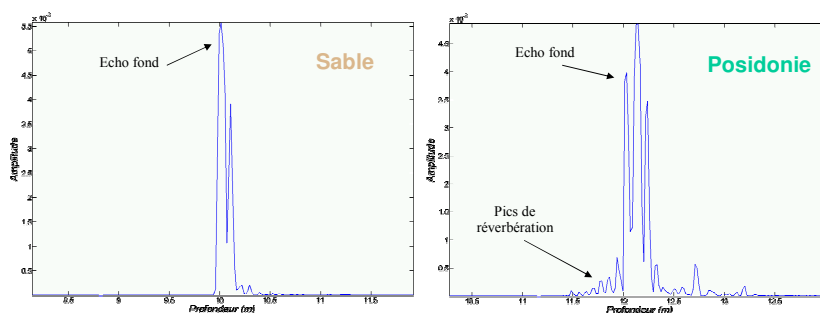


Image d'un fond recouvert de Posidonie. Cette image est issue de l'enregistrement vidéo qui sert de vérité terrain. Le dispositif fourni une échelle des distances.

Le dépouillement et l'analyse de ces signaux mettent en évidence la présence de pics de réverbération avant l'écho fond dans le cas de fonds recouverts de posidonie. Cette spécificité permet de différencier les signatures acoustiques des fonds et assure la faisabilité de la détection acoustique des herbiers de posidonies. En outre, la comparaison des profondeurs auxquelles interviennent le premier pic de réverbération dû à la végétation et celui dû à l'écho fond, permet d'estimer la hauteur de l'herbier.



Exemple de séquence SIMRAD EQ60 – Agrandissement du premier écho fond



Exemple de réponses impulsionnelles mesurées

III. Méthodes de caractérisation des fonds

III.1) Evaluation des performances

Les probabilités de détection (pd) et de fausse alarme (pfa) sont utilisées afin de tester les performances des méthodes développées et de pouvoir les comparer entre elles.

Soient alors les deux hypothèses H0 et H1 suivantes :

- H0 : « l'écho étudié n'est pas représentatif de la posidonie »,
- H1 : « l'écho étudié est représentatif de la posidonie ».

Si H0 est vraie (le fond n'est pas recouvert de posidonie) et que H1 est choisie, une erreur est commise appelée « fausse alarme » ou erreur de première espèce. Si, par contre, H1 est vraie et H0 est choisie, l'erreur commise est dite de « non détection » ou erreur de deuxième espèce.

	H0 vraie	H1 vraie
H0 décidée	1 - α	β
H1 décidée	$\alpha = pfa$	1 - $\beta = pd$

α : erreur de première espèce
 β : erreur de deuxième espèce

Les méthodes classiques issues de la théorie décisionnelle (ou méthodes probabilistes) tendent à maximiser la probabilité de détection à probabilité de fausse alarme fixée. D'autres méthodes, dites méthodes géométriques, tentent de minimiser le taux de « mal-classés ». Ces dernières permettent en outre de considérer le cas d'un nombre de classes supérieur à 2.

III.2) Méthodes probabilistes

Un état de l'art basé sur une recherche bibliographique a permis de dégager plusieurs méthodes prometteuses utilisées habituellement dans le domaine de la reconnaissance acoustique des fonds marins [1] à [7]. Il s'agit de celles basées sur

- Le calcul de l'énergie cumulée du premier écho fond,
- Le calcul de l'énergie présente avant le premier écho fond,
- Le calcul de l'énergie présente dans le premier écho fond,
- Le calcul de la dimension fractale du premier écho fond,
- L'analyse de la dureté et de la rugosité au travers du premier écho fond,
- L'analyse de la dureté et de la rugosité au travers du premier et du deuxième écho fond.

Ces méthodes ont été évaluées pour la détection des herbiers de posidonies sur des fonds de sable. Les résultats obtenus sur des fichiers tests en point fixe sont pour les trois méthodes les plus intéressantes, basées sur :

- Le calcul de l'énergie cumulée du premier écho fond (pd = 87 %, pfa = 10 %),
- L'analyse de la dureté et de la rugosité à partir des premier et second échos fond (pd = 87 %, pfa = 12 %),
- Le calcul de la dimension fractale du premier écho fond (pd = 93 %, pfa = 19 %).

Ces méthodes sont relativement peu appropriées pour la détection de la végétation, principalement parce qu'elles exploitent le signal après le fond. Une méthode basée sur le calcul de l'énergie présente avant le fond donne de meilleurs résultats (pd = 91 %, pfa = 9 %). Cette méthode présente toutefois un certain nombre d'inconvénients tels que :

- un seuil de détection fixé empiriquement,
- importante sensibilité au bruit,
- erreurs importantes pour les séquences en mouvement.

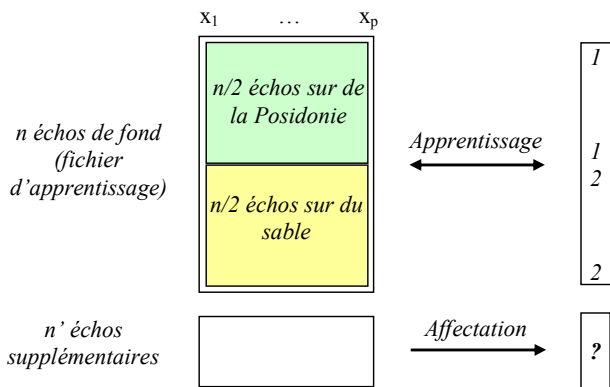
Ces résultats nous ont conduits à explorer d'autres domaines dont en particulier ceux de l'analyse de données multidimensionnelles et de la reconnaissance de forme. L'analyse discriminante s'est révélée être particulièrement intéressante.

III.3) Méthode géométrique : l'Analyse discriminante linéaire

III.3.1) Principe

On désigne par le terme d'analyse discriminante une famille de techniques destinées à classer, c'est-à-dire à affecter à des classes préexistantes, des observations caractérisées par un certain nombre de variables numériques ou nominales. Cette méthode s'avère particulièrement bien adaptée à notre problématique qui consiste à affecter aux échos réverbérés par le fond (les observations) un type de biocénose prédéfini (les classes) : fond de sable avec ou sans présence de végétation, fond de roche, ...

La méthode d'analyse discriminante se décompose en deux étapes distinctes [8]. La première, ou phase d'apprentissage, consiste à séparer les différentes classes en fonction des variables explicatives (points d'échantillonnage des échos du fond). Il s'agit pour cela de déterminer des fonctions dites discriminantes sur un ensemble d'observations dont on connaît a priori le groupe d'appartenance (fichier d'apprentissage). La seconde étape, ou phase d'exploitation, a pour but d'affecter toute nouvelle observation à l'une des classes préexistantes et ce, à partir des valeurs prises par les fonctions discriminantes.



Principe de fonctionnement de la méthode d'analyse discriminante.

Deux classes sont ici considérées : une première pour des échos représentatifs des fonds recouverts de posidonie (à laquelle on affecte le chiffre 1) et une seconde pour des fonds de sable sans végétation (à laquelle on affecte le chiffre 2).

Exemples de fonctions discriminantes utilisées (distance de Mahalanobis) :

$$g_k(\vec{x}) = -\frac{1}{2}(\vec{x} - \vec{\mu}_k)^T \Sigma^{-1}(\vec{x} - \vec{\mu}_k)$$

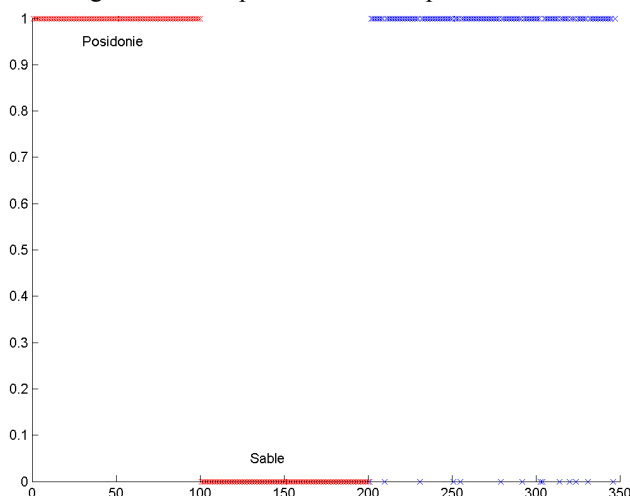
où $\vec{\mu}_k$ désigne le vecteur moyenne des observations d'apprentissage pour chaque groupe k et Σ la matrice de variance-covariance empirique des observations.

L'affectation d'un nouvel écho \vec{y} revient alors à choisir la classe C_k , $k \in \{1, \dots, m\}$, telle que :

$$g_k(\vec{y}) = \max_{l \in \{1, \dots, m\}} (g_l(\vec{y}))$$

III.3.2) Résultats

La figure suivante présente un exemple de résultats de l'analyse discriminante :



Exemple de résultats de l'analyse discriminante

En rouge : phase d'apprentissage

En bleu : phase de discrimination sur un fond de référence constitué de posidonies

Les performances de la méthode en point fixe sont les suivantes :

- discrimination sable / posidonie : pd = 96 % et pfa = 5 %,
- discrimination roche / posidonie : pd = 79 % et pfa = 20 %.

La méthode présente l'avantage de ne nécessiter aucun réglage de seuil. Si les résultats pour la distinction sable / posidonie sont encourageants ; ceux pour la distinction roche / posidonie sont dégradés. Ce phénomène peut s'expliquer par le caractère très semblable des échos sur un fond de roche et ceux sur un fond recouvert de posidonie.

IV. Conclusion et perspectives

La méthode d'analyse discriminante présentée réalise la détection acoustique automatisée en point fixe de la présence d'herbier de posidonies avec des performances opérationnelles acceptables. Cette méthode est actuellement en cours d'adaptation pour le traitement des radiales (déplacement du navire). Ces travaux permettront à terme de déterminer les éléments suivants :

- la profondeur,
- la présence / l'absence de végétation,
- la hauteur de la végétation,
- le pourcentage de recouvrement (moyenne sur 8 à 10 impulsions),
- le géoréférencement des données (longitude et latitude).
-

V. Bibliographie

- [1] B. M. Sabol, J. Burczynski and J. Hoffman (2002) : "Advanced digital processing of echo sounder for characterization of very dense submersed aquatic vegetation". Aquatic plant control research program US Army Corps of Engineers report ERDC/EL TR-02-30.
- [2] E. Pouliquen and X. Lurton. « Identification de la nature du fond de la mer à l'aide de signaux d'échosondeurs : I. Modélisation d'échos réverbérés par le fond ». Acta Acustica vol. 2 p. 113-126, 1994.
- [3] E. Pouliquen and X. Lurton. « Identification de la nature du fond de la mer à l'aide de signaux d'écho-sondeurs : II. Méthode d'identification et résultats expérimentaux ». Acta Acustica vol. 2 p. 187-194, 1994.
- [4] D. Bakiera and A. Stepnowski. « Method of the sea bottom classification with a division of the first echo signal ». Proceedings of the XIII th. Symposium on hydroacoustics, Gdynia-Jurata, p. 55-60, 1996.
- [5] A. Orłowski. « Application of multiple echo energy measurements for evaluation of sea bottom type ». Ocenologia n°19, p.61-78, 1984.
- [6] R.C. Chivers, N. Emerson and D.R. Burns. « New acoustic processing for underway surveying ». The Hydrographic Journal n°56, 8-17, 1990.
- [7] E. Hustin, Y. Simard et P. Archambault. « Télédétection d'un gisement de pétoncles de l'estuaire du Saint-Laurent à l'aide d'un échosondeur simple-faisceau. Colloque « Caractérisation in-situ des fonds marins », Sea Tech Week 2004.
- [8] P. Bertier et J.M. Bourouche. « Analyse des données multidimensionnelles ». Presses Universitaires de France, 1981.

Les auteurs remercient l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse ainsi que La Région PACA qui ont soutenu financièrement ces travaux.