

# Segmentation 3D et analyse de bancs de poissons à partir d'une séquence d'images acquise par un sonar multi-faisceaux.

Laurent LECORNU, Sylvain TOGNI, Stéphane DERRODE, Chafiaâ HAMITOUCHE  
Département Image et Traitement de l'Information - ENST de Bretagne  
Technopôle Brest-Iroise BP 832, 29285 Brest Cedex, France  
chafiaa.hamitouche@enst-bretagne.fr, laurent.lecornu@enst-bretagne.fr  
sylvain.togni@enst-bretagne.fr, stephane.derrode@enst-bretagne.fr

**Résumé** – Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un projet dont l'objectif est l'analyse des ressources halieutiques à l'aide de séquences d'images acquises par un sonar multi-faisceaux. Nous présentons quelques méthodes de segmentation, d'extraction, de visualisation et d'analyse 3D des bancs de poissons et du fond marin présents dans les séquences. Les caractéristiques techniques du sonar et la résolution des images obtenues sont tout d'abord décrites. Ensuite, le volume des données est corrigé pour compenser le mouvement du bateau au cours de l'acquisition (tangage, roulis, pilonnement, cap et vitesse du bateau). Nous présentons également deux algorithmes de segmentation 3D pour l'extraction du fond marin et des bancs de poissons dans une séquence. Enfin, l'analyse des bancs de poissons extraits est réalisée grâce à quelques descripteurs 3D en vues d'études bio-statistiques sur les ressources halieutiques.

**Abstract** – The purpose of this paper is to analyse fishery resources based on a sequence of images acquired by multi-beam sonar. We present some 3D image processing methods for the segmentation, extraction, visualisation and analysis of fish schools and sea bottom. Firstly, the sonar characteristics and the image resolution are presented. Then, the data volume is registered taking into account the ship motion during the acquisition (the pitch, roll, heave,... parameters). Two algorithms are also presented to segment and extract the sea bottom and the fish schools in the entire sequence. Finally, the analysis of the extracted fish schools is realized with the extraction of 3D features for bio-statistical studies on fisheries resources.

## 1 Introduction

Jusqu'à présent, l'observation et l'analyse de la vie sous-marine par des techniques d'imagerie acoustique se limitaient à l'utilisation d'un écho-sondeur mono-faisceau ou d'un sonar omnidirectionnel. Dans le cas d'un écho-sondeur avec un seul faisceau étroit, une image 2D est reconstruite à partir de l'information mono-dimensionnelle et du chemin emprunté par le bateau. Les mesures effectuées sont très approximatives et les descripteurs des bancs de poissons obtenus (taille, description morphologique) sont en général erronés [1]. Un sonar multi-faisceaux fournit directement des images 2D de l'environnement sous-marin. La connaissance du mouvement du bateau (obtenue par des capteurs distincts) permet de reconstruire directement le volume 3D observé [2].

Nous obtenons une meilleure précision dans l'observation qui laisse présager une caractérisation, une classification et éventuellement une identification des différentes espèces de poissons par l'analyse de la structure des bancs qu'ils forment. Le sonar multi-faisceaux utilisé est un sonar SeaBat 6012 de la société Reson. Il opère à une fréquence de 455 kHz et est composé de 60 faisceaux d'une ouverture de  $1,5^\circ$  qui autorise un angle d'observation de  $90^\circ$ . La durée d'impulsion est de 0,06 ms ce qui entraîne une résolution de 4,9 cm le long de la direction de propagation. La portée maximale étant de 100 m, chaque faisceau comprend, à cette portée, 2048 cellules. La fréquence d'acquisition des images peut atteindre 7 images par seconde.

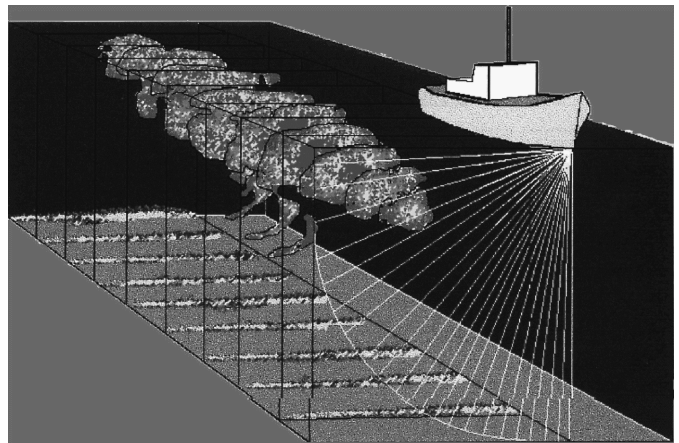


FIG. 1 – Schéma du système d'acquisition

En prenant en considération la vitesse du bateau (entre 2 et 4 nœuds), la distance qui sépare deux images varie de 1 à 5 m. La sortie numérique du sonar donne l'intensité de chaque cellule composant les 60 faisceaux. La figure 2 présente l'image visualisée sur l'écran vidéo (coordonnées cartésiennes).

La taille de l'image de la sortie numérique est, en général de  $60 \times 2048$  et la taille de l'image dans le plan de représentation de  $2896$  par  $2048$ . La figure 3 illustre le volume créé à partir d'une séquence de 255 images acquises par le sonar. On remarque la possibilité d'observer d'autres plans

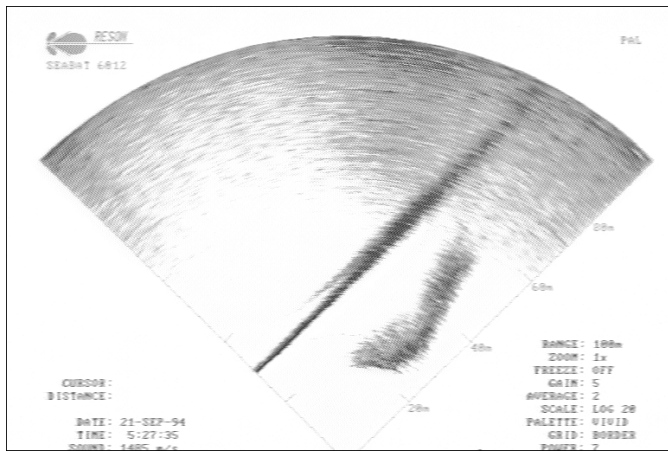


FIG. 2 – Sortie vidéo de l'écran sonar

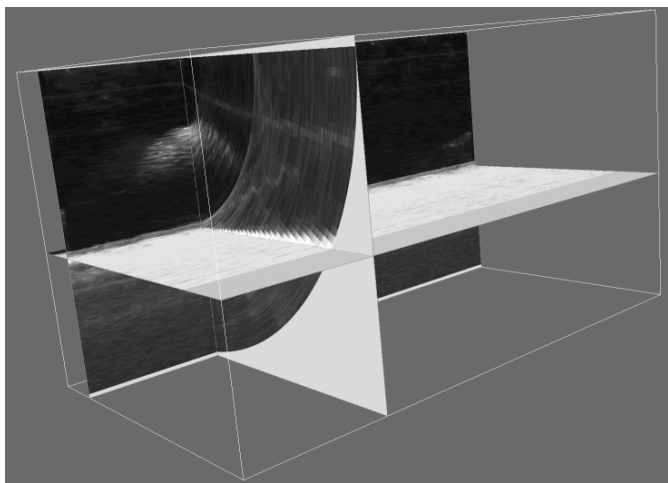


FIG. 3 – Représentation suivant 3 axes d'un volume acquis

de coupes (plan de coupe parallèle au déplacement du bateau et plan de coupe horizontal) qui permet d'obtenir un autre aperçu de la zone observée.

Dans la suite, nous décrivons d'abord une méthode de correction de la séquence brute pour son exploitation. Puis, nous présentons deux algorithmes de segmentation 3D en vue de l'extraction du fond marin et des bancs de poissons présents dans la séquence. Enfin, la forme, la position et la densité des bancs extraits sont caractérisés par des descripteurs géométriques et morphologiques.

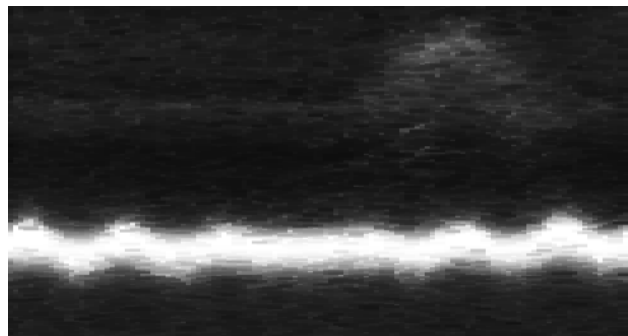
## 2 Correction des données

À cause du mouvement du bateau et de l'état de la mer, le volume acquis est déformé. Il est donc nécessaire de recalibrer la séquence. Lors de l'acquisition, plusieurs paramètres, comme la position GSM, le cap, le tangage, le roulis, le déplacement, le pilonnement et la vitesse du bateau, sont enregistrés à l'aide d'un capteur de mouvement. Le recalibrage consiste à annihiler les déformations pour améliorer la précision de chaque image de la séquence et obtenir une représentation 3D plus proche de la réalité. D'abord, nous effectuons un recalibrage des coupes afin de

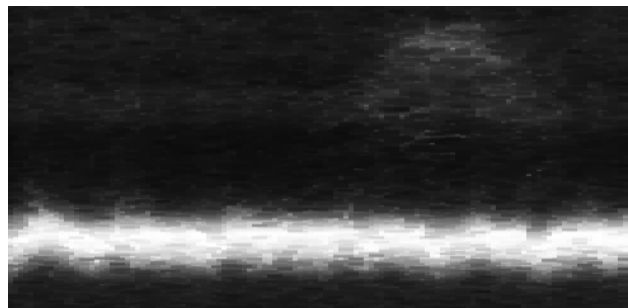
les rendre parallèles, suivi d'un ré-échantillonnage à pas constant des coupes ainsi corrigées. Le volume ainsi corrigé sera constitué de coupes parallèles comportant le même nombre de faisceaux ayant un angle de roulis, une valeur de pilonnement et une distance inter-coupe identiques.

### 2.1 Recalage individuel des coupes

La correction des données est réalisée sur la séquence en coordonnées polaires. L'objectif de cette étape est d'obtenir une séquence de coupes normalisées (gabarit) parfaitement à la verticale de la tête du sonar. On détermine le gabarit adapté à la séquence. Ce gabarit a toujours des faisceaux d'ouverture égale à  $1.5^\circ$ . Cependant il est constitué d'un nombre de cellules et de faisceaux supérieur à l'original afin que toutes les coupes soient entièrement inscrites à l'intérieur celui-ci. De ce fait, certaines cellules n'ont pas été observées par le sonar, leur valeur est par convention fixée à zéro. Pour calculer la valeur de niveau de gris de chaque cellule, on utilise différentes méthodes d'interpolation pour projeter les coupes originales sur le gabarit. Ceci permettra de faire disparaître notamment l'effet observé du pilonnement et du roulis dans la séquence corrigée. On crée ainsi une nouvelle séquence composée d'images parallèles et ayant des faisceaux de même angle. Les figures 4(a) et 4(b) illustrent le recalibrage effectué sur une séquence. On remarque la diminution substantielle des ondulations sur le fond marin (bande blanche) et l'influence du recalibrage sur la forme du banc de poissons (zone gris claire).



(a) Image avant recalage



(b) Image après recalage

FIG. 4 – Correction des données.

## 2.2 Ré-échantillonnage à pas constant

Cette séquence corrigée ne tient pas compte des variations de vitesse du bateau qui modifie distance entre deux coupes successives. Cette étape est donc destinée à ré-échantillonner la séquence à pas constant dont la valeur est fixée soit par les utilisateurs, soit par la distance minimale séparant deux coupes. Le ré-échantillonnage est réalisé par une méthode d'interpolation bi-linéaire entre les frames, le traitement étant réalisé en considérant les cellules précédente et suivante de même position. Cette correction s'applique sur une séquence qui a été corrigée à l'aide de la méthode précédemment décrite.

## 3 Segmentation du volume des données

L'extraction du fond (Fig. 5) s'effectue en détectant la ligne de fond dans chacune des coupes (en coordonnées polaires) qui constituent le volume puis en effectuant une triangulation entre deux lignes de fond successives. Le fond de la mer est représenté sur une image par une ligne épaisse possédant un niveau de gris élevé. On initialise notre contour en le positionnant sur cette ligne (utilisation des méthodes de morphologie mathématique), puis on affine la position de chacun de ses points en les déplaçant vers les points voisins ayant une valeur de gradient plus élevée.

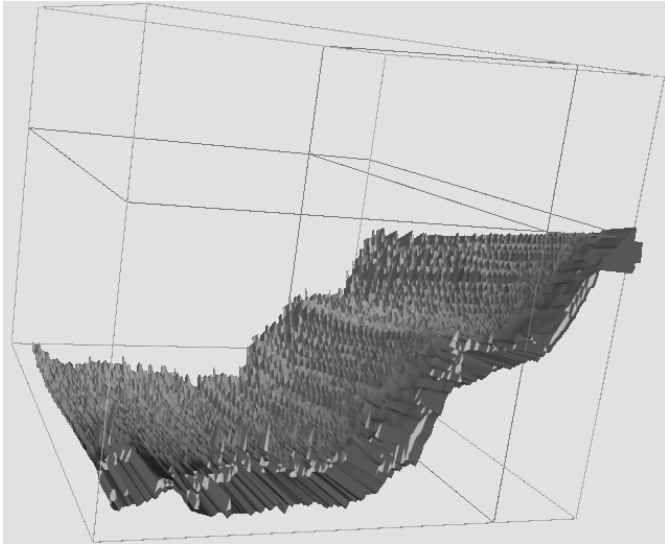


FIG. 5 – Exemple de fond

L'extraction du banc de poissons (Fig 6) s'effectue à l'aide d'un algorithme de croissance de région amélioré [4] appliqué au sein du volume de la zone observée. L'initialisation se fait de manière interactive par le choix supervisé d'un point appartenant à un banc de poissons. La croissance consiste à rechercher tous les points de connexités 6 dont la valeur du niveau de gris est inférieure à la valeur du point choisi (valeur égale à  $T$ ). On connecte également à cette région tous les points dont le niveau de gris est supérieur à  $0.9T$ , la valeur du module du gradient est à

la fois supérieure à un seuil  $T1$  et à la valeur du module du gradient du voxel courant. Une fois la croissance de région effectuée, on applique un algorithme d'extraction de la surface.

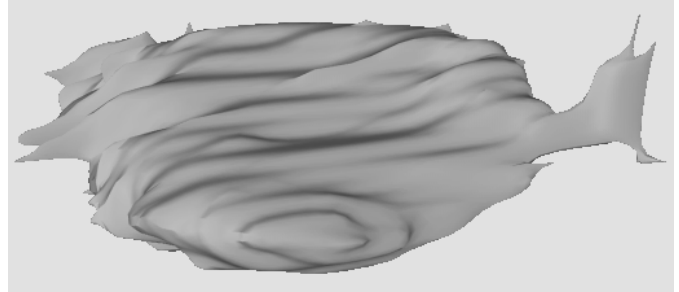


FIG. 6 – Exemple de banc de poissons

La Figure 7 donne un exemple de segmentation d'une scène sous-marine. La figure 9 permet d'observer que le banc de poissons est bien segmenté ainsi que la position de l'enveloppe de celui-ci.

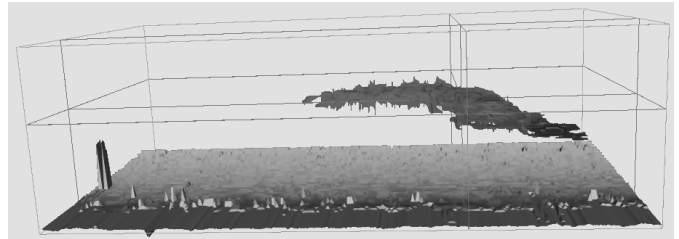


FIG. 7 – Reconstruction d'une scène sous-marine après extraction du fond et d'un banc de poissons

## 4 Description des bancs de poissons

Pour la description de la forme, la position et la densité locale des bancs de poissons, nous proposons quelques mesures pertinentes susceptibles d'aider les biologistes dans leurs études des ressources halieutiques. Nous avons utilisé trois types de descripteurs élémentaires : des descripteurs géométriques, morphologiques et statistiques. La qualité des images ne nous permet pas d'utiliser des descripteurs plus complexes.

Parmi les descripteurs morphologiques, nous calculons le volume, la surface du banc ainsi que le rapport entre les deux qui nous donne une mesure de la rugosité de la surface extérieure. Quant aux descripteurs géométriques, les positions du banc par rapport au fond, à la surface et à la tête de sonar sont calculées ainsi que le barycentre et le centre d'inertie (qui tient compte de la densité de chaque voxel composant le banc). À partir des premiers moments géométriques 3D, nous estimons les axes principaux du bancs qui donnent la direction de son allongement. Nous en déduisons le parallélépipède englobant. La figure 8 présente quelques uns des descripteurs. On peut remarquer une zone claire et une zone bruitée générée par

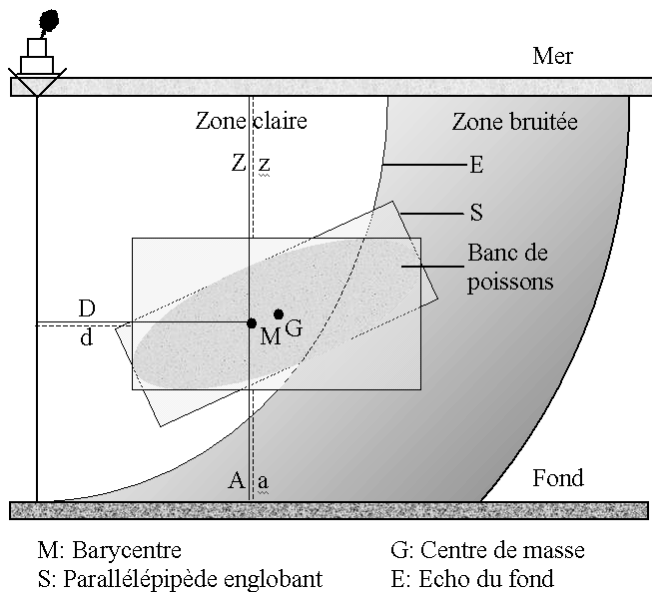


FIG. 8 – Description géométrique et morphologique d'un banc

l'écho parasite du fond à la verticale du bateau. Un descripteur donne le pourcentage du volume du banc de poissons dans chacune des deux zones.

Il arrive qu'au cours des acquisitions un banc soit partiellement visible à cause des limites physiques du sonar (jusqu'à 100m de la tête du sonar). Dans ce cas, nous précisons la surface d'intersection avec les bords de la séquence.

## 5 Conclusion

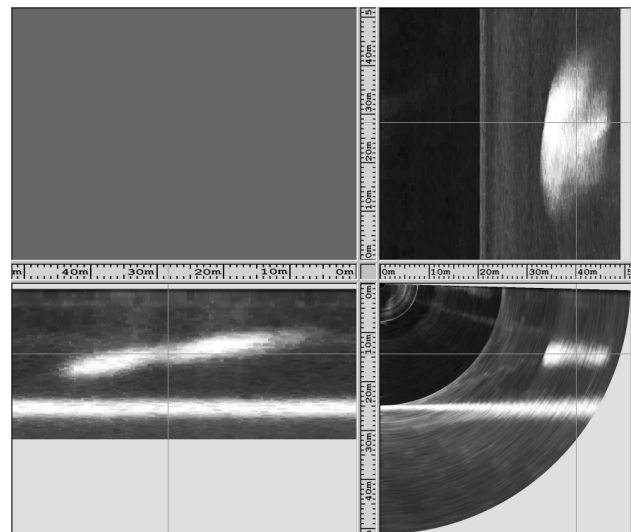
Dans ce travail, nous avons présenté une application de l'imagerie sonar multi-faisceaux pour l'extraction et la visualisation de bancs de poissons et du fond marin. Afin de pallier aux mouvements du bateau lors de l'acquisition, une méthode de correction de données a été développée. Celle-ci nous a permis d'extraire le fond marin (lorsqu'il est présent dans la séquence) ainsi que les bancs de poissons que nous avons caractérisé par des descripteurs 3D de forme géométriques, morphologiques et statistiques. La prochaine étape de ce travail consiste à utiliser ces descripteurs en vue d'une application biologique de classification et de reconnaissance automatique des bancs de poissons.

## Remerciements

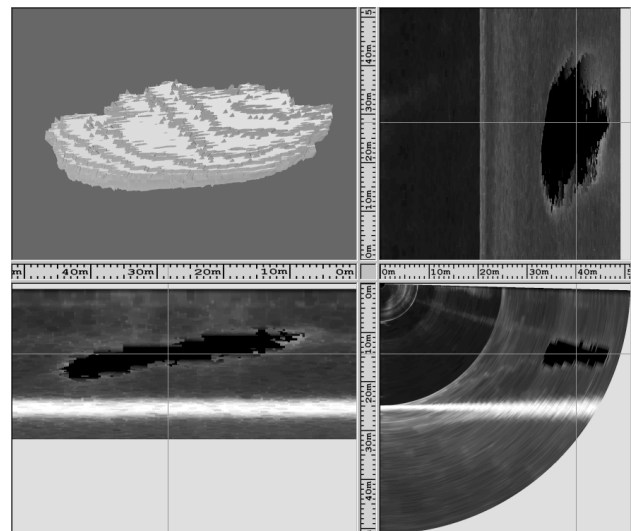
Cette étude a été effectuée dans le cadre du projet AVITIS qui est supporté par le programme EC DG XIV FAIR, contrat N° FAIR-CT96-1717.

## Références

- [1] C. Scalabrin et al., "Narrow band acoustic identification of mono-specific shoals", ICES J. Mar. Sci., 53, 1996, pp. 181-188.



(a) Avant extraction



(b) Après extraction

FIG. 9 – Extraction d'un banc de poissons.

- [2] L. Lecornu, V. Burdin, C. Scalabrin et C. Hamitouche, "Fish School analysis from multibeam sonar image processing", Ocean's 98, Nice.
- [3] C. Hamitouche, C. Roux and J.L. Coatrieux, "Design of new surface detection operators in the case of an anisotropic sampling 3D volume data", Lecture notes in computer science. Comp. Vision, Virtual Reality and Robotics in Medicine, Springer-Verlag Ed., Berlin, 1995, pp. 523-532.
- [4] R. C. Gonzalez and R. C. Woods, Digital Image Processing. Reading, MA : Addison-Wesley, 1992.
- [5] C. Scalabrin, "Identification acoustique des espèces pélagiques à partir d'attributs discriminants des bancs de poissons monospécifiques", Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Novembre 1997.