

# *Ecole National Supérieur d'Agronomie de Rennes*

Mémoire de DEA(Paris VI): Océanologie Biologique et Environnement Marin,  
*option(ENSAR): Ressources Vivantes et écosystèmes côtiers*  
*Année 1997 - 1998*

<p><b>Dynamique et évitement face à un navire de prospection acoustique, des bancs de poissons pélagiques tropicaux étudiés par sonar omnidirectionnel</b></p>
--

*Soutenue le 09/07/1998 à l'Université de Bretagne Occidentale*

*Par P. Brehmer*

*Préparé:  
sous la direction de F. Gerlotto*

*Centre ORSTOM de Montpellier, laboratoire Halieutique et Ecosystèmes Aquatiques,  
911 Avenue Agropolis B.P. 5045 34032 Montpellier cedex 1*

*Navire Océanographique Antéa (ORSTOM-Abidjan)*

# **Dynamique et évitement face à un navire de prospection acoustique, des bancs de poissons pélagiques tropicaux étudiés par sonar omnidirectionnel**

- Préparé par:

P. Brehmer  
sous la direction de F. Gerlotto

- En collaboration avec:

La FLASA (Fundation La Salle de ciencias natureles), final calle colon, Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela.

Les navires de recherches Océanographique:

N/O Antéa (ORSTOM),

N/O Hermano Gines (FLASA), pour sa participation à la *l'étalonnage* du sonar Simrad SR240.

- Remerciements:

A l'équipage de l'Antéa et de l'Hermano Gines pour leur professionnalisme et leur disponibilité, à Noël Diner (IFREMER) pour la calibration du sonar, à Francis Laloe (ORSTOM) pour son initiation à la régression logistique, à Thierry Lafont (CEE) pour son soutien informatique. A la fondation La Salle (FLASA) pour son accueil durant les campagnes Calib 98 et Varget 2/98.

Note importante:

Ce rapport de fin d'étude est présenté sous la forme d'une publication au format ALR, afin de ce différentier de rapport volumineux rarement lue dans leur intégralité avec intérêt. Il est important cependant de retenir ici une présentation formelle qui ne peu en aucun cas être cité comme une réelle publication.

Par ailleurs, ce rapport donnera lieu à deux communications au CIEM, l'une portera directement sur les résultats du mémoire, l'autre sur la nouvelle méthodologie développée pour y parvenir: calibration et logiciel de dépouillement.

# Dynamic and avoidance facing an acoustic prospection vessel, of tropical pelagic schools studied by omnidirectional sonar.

Patrice Brehmer & François Gerlotto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ORSTOM, centre de Montpellier  
911 Avenue Agropolis  
BP5045  
34032 Montpellier cedex 1  
*gerlotto@mpl.orstom.fr*  
*brehmer@mpl.orstom.fr*

Envoyé le 03/07/98, à l'ENSA de Rennes, unité halieutique & Université de Bretagne Occidentale, IUEM

---

## Abstract

The swimming behaviour of *Sardinella aurita* schools has been observed with an omnidirectional sonar Simrad SR240 on the R/V Antéa in venezulian water. The avoidance is significantly more important, of 20%, , in trawling (3- 4 Knot) speed than in prospection speed (5-6 Knot), the juveniles seem less avoid the boat than the adults. During acoustic prospection, the avoidance is 32.5% ( $\pm$  5%). The behaviour of swimming of the Sardinelles is meaningfully different the day and the night, that translating by a more active swimming of day. The noise of the ship does not disturb so much the general behavior of school swimming. Otherwise the new methodology of acquirement and treatment of data of the SR240 (infobanc, software),allows to treat the dynamics of a lot of number of shoal as well as their spatial structure.

**Keywords :** sonar, dynamic, behaviour, Sardinelle, avoidance, swimming speed, vessel

Dynamique et évitement face à un navire de prospection acoustique, des bancs de poissons pélagiques tropicaux étudiés par sonar omnidirectionnel.

## Résumé

Le comportement natatoire des bancs de *Sardinella Aurita* a été observé à l'aide d'un sonar omnidirectionnel Simrad SR240 embarqué à bord du N/O Antéa dans les eaux vénézuéliennes. En vitesse de prospection : l'évitement sur 24h00 apporte une sous estimation de 32.5% ( $\pm$  5%) de la densité de poisson. Il ressort un évitement significativement plus important, de 20%, à vitesse de chalutage (3- 4 Knots) qu'en vitesse de prospection (5-6 Knots), de plus les juvéniles évitent moins le navire que les adultes qui ont des vitesses de nage plus élevées. Le comportement de nage des *Sardinelles* est significativement différent le jour et la nuit, se traduisant par une nage plus active de jour. Le bruit du navire trouble peu le comportement général de nage des bancs. Par ailleurs la nouvelle méthodologie d'acquisition et de traitement des données du SR240 (infobanc, *software*), va permettre désormais de traiter la dynamique d'un grand nombre de bancs ainsi que de leur structuration spatiale.

**Mots-clés :** sonar, dynamique, comportement, Sardinelle, évitement, vitesse de nage, navire

## Introduction

La connaissance de la dynamique naturelle et face à un navire des bancs de poissons pélagiques a déjà intéressé, de nombreux auteurs sur différentes espèces pélagiques, mais jamais de façon simultanée. Des approches théoriques et empiriques sous forme de diverses modes opératoires ont été réalisées pour déterminer la vitesse de nage des poissons (Hara, 86; Blaster 67; Freicke 87). Plus récemment grâce à l'apparition d'une nouvelle génération de sonars basse fréquence et omnidirectionnels, l'observation directe des bancs à grande échelle, est devenue possible et a donné lieu à des études sur le comportement dynamique (Misund 90; Hafeistensen, 95) et la structuration spatiale (Petitgas, 96). On peut ainsi évaluer l'impacte de la pêche sur un écosystème et les mieux maîtriser les biais comportementaux lors des estimations directes et indirectes des stocks.

On sait désormais que les campagnes classiques d'écho-intégrations (Dalen, 83) souffrent d'un biais significatif dû à l'évitement du navire de prospection par une partie des bancs rencontrés sur la route du navire (Wilson, 98; Gerlotto, 93; Fréon, 93; Misund 92). Ce type de comportement spécifique est aujourd'hui couramment admis pour de nombreuses espèces de pélagiques exploités. Les poissons téléostéens étant sensibles à la génération d'une gamme de basses fréquences (Chapman, 69) émises par le navire (Urlick, 67).

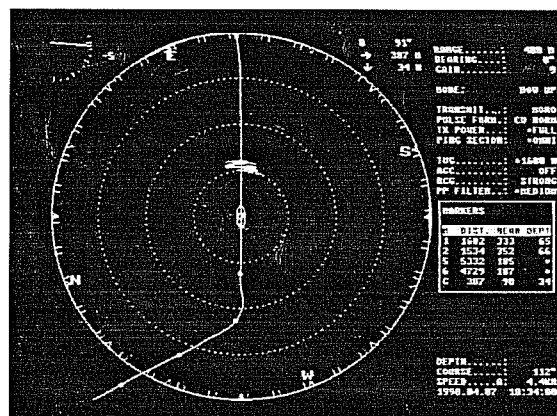
Nous avons ici cherché à quantifier l'évitement sur un stock de poissons pélagiques tropicaux (*Sardinella Aurita*) et à observer leurs comportements dynamiques, soit en condition naturelle, le navire en *dérive*, soit sous la contrainte du navire (en *tracking*). Le tout sous différentes configurations : opératoires, temporelles et géographiques d'observations ; afin de déterminer l'action de ces effets sur l'évitement et donc sur l'estimation de la biomasse des stocks par écho-intégration. Nous avons aussi cherché à différencier le comportement natatoire de ce type de banc tropical, sous les effets déjà cités, mais aussi en condition naturelle.

## Matériel et méthodes

La collecte des données a été réalisée sur le stock de *Sardinella aurita* situés dans le Golf de Cariaco et au Nord Araya, durant la campagne de prospection et d'investigation acoustique VARGET 2/98 conduite par le N/O « Antéa » (38 mètres). L'étude porte sur 223 bancs enregistrés par un sonar omnidirectionnel multifaisceaux de longue portée, 23,75 KHz, Simrad™ SR240 et d'un écho-

sondeur *Biosonics 102*, émettant à 380 KHz, ne causant aucune interférence notable. L'échelle utilisée était de 400 à 800 mètres de rayon, avec une seule fréquence d'émission, simultanée sur les 32 faisceaux du transducteur sphérique du SR240. Deux filtres ont été utilisés : l'un compare 8 pings successifs pour donner une image sonar plus stable, l'autre élimine de façon drastique l'effet de la réverbération (Diner, 95), les interférences et tous les échos parasites; limitant notre étude d'un point de vue théorique aux bancs ayant une structure suffisamment compacte. En pratique, au cours des différentes campagnes menées avec les mêmes équipements acoustiques, il ne nous a jamais été donné de voir un banc détecté au sondeur et pas au sonar. Le tilt, inclinaison de l'ensemble des faisceaux sur 360°, était de -5 degrés et la fonction de variation du gain en fonction du temps en 30 Log R.

Les données sonar (fig. 1) ont été stockées sur support magnétique S-VHS, puis numérisées par une carte d'acquisition vidéo (ISVR III, DVP software). Celles du sondeur sont retranscrites sur échogrammes via Movies-B (Diner N., 1989).



**Figure 1:** Affichage du sonar omnidirectionnel SR240 pendant une opération de Tracking, le navire est au centre de la zone étudiée, la trace sur la ligne de foi du bateau est l'écho utile d'un banc. Sur la droite de l'écran, les différents modes de réglages en cours sont affichés.

Le sonar nous a permis de détecter les bancs de poissons pélagiques autour du navire (fig. 1) selon deux modes distincts: en opération de *tracking* et de *dérive*. Les opérations de *tracking* ont pour but d'observer les réactions dynamiques des bancs de *Sardinella aurita* à l'approche du navire et de quantifier l'évitement latéral (Gerlotto, 93) de ces derniers; elles se sont déroulées de jour comme de nuit à vitesse de prospection acoustique (5-6knt) et à vitesse de chalutage (3-4 Knt); sur deux classes de taille de *Sardinella aurita* (Longueur à la fourche :Lf = 12 cm et 29 cm). En opération de *dérive*, le navire est à la dérive, moteur

coupé et éclairage minimum de nuit (Gerlotto, 93), afin d'observer les bancs *in vivo* en condition naturelle, sans perturbation externe créée par le navire. Régulièrement des pêches d'identifications ont été menées sur les bancs observés au sonar avec un chalut pélagique de 25 \* 38 mètres d'ouverture. La taille et le poids de chaque spécimen ont été notés pour 75 individus sur chaque échantillon. Plusieurs stations CTD relevant la température, la salinité, la vitesse (m/s) du milieu en fonction de la profondeur (sonde Seabird), ont été réalisées sur les zones d'investigations (tableau 1).

Un logiciel de dépouillement des données sonar a été développé en Visual basic (*infobanc*, software), permet à un opérateur de replacer, dans un repère géo-référencé par deux gisements placés par le gyrocompas du SR240, la trajectoire du centre de gravité de l'écho de chaque banc ainsi que celle du navire. Leurs vitesses instantanées et d'explorations sont calculées par les formules Euclidiennes classiques, comme leurs tailles (Lw), et leurs distances au navire. Les résultats se présentent sous forme d'un fichier de données standard ASCII. La vitesse instantanée est calculée toutes les trente secondes selon la méthodologie de Misund (Misund, 90), la vitesse d'exploration se calcule avec le premier et le dernier relevé sonar d'un banc. Nous nous intéressons, dans notre étude, à la vitesse horizontale, Misund ayant montré la faible variation des vitesses verticales (Misund et al. ,93). La vitesse horizontale a été décomposée en cinq variables : vitesse d'exploration, vitesse instantanée d'où l'on tire l'écart type le maximum et le minimum afin d'affiner notre source d'information. La taille des bancs est celle donnée par la plus grande mesure (Lw) prise durant l'observation. Les bancs enregistrés sur le sondeur et détectés auparavant sur la ligne de foi du navire par le sonar, sont considérés comme n'ayant pas évités le navire.



Enfin nous avons classé les bancs observés en différentes catégories temporelles, géographiques et opératoires, respectivement selon que leur enregistrement se soit déroulé de jour ou de nuit, sur une population juvénile (Lf=11cm) du golfe de Cariaco ou adulte (Lf=29cm) au nord d'Araya, et à vitesse de chalutage ou de prospection. Trois *dérives* nous ont permis de suivre les bancs en condition naturelle, de jour comme de nuit. On obtient 183 bancs observés en tracking sur 8 opérations, et 40 en dérive. 183 bancs ont servi à quantifier l'évitement du navire, dont 135 sélectionnés pour leurs validités acoustiques (Hafeistensen, 95), d'où l'on tire les variables comportementales de vitesse. Il s'agit de bancs de *Sardinella aurita* parfois accompagnées de *Trachurus lepturus* (prédateur naturel).

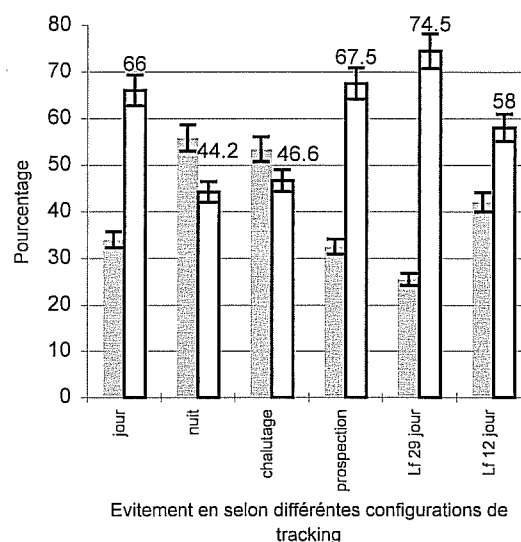
Sonde CTD moyenne	Golf Cariaco	Nord Araya
Salinité ‰	36.67	36.59
Température °C	20.61	22.76
Vélocité m/s	1525.42	1530.82

**Tableau 1 :** Variables environnementales, sur les deux zones d'études : golfe de Cariaco et au Nord d'Araya.

## Résultats

De forts pourcentages d'évitement ont été constatés, jusqu'à 69 % pour des bancs de *Sardinelles* juvéniles trackées de nuit à vitesse de chalutage. En revanche en vitesse de prospection acoustique on obtient 32.5% de bancs non enregistrés à l'écho-sondeur (fig. 2). Pourcentage qui peut descendre jusqu'à 25.5% de jour sur des individus adultes (Lf= 29cm).

Evitement :  /  non



**Figure 2 :** Evitement du navire par les bancs rencontrés durant les opérations de tracking ; on remarque de forts effets influençant l'évitement du navire : principalement la vitesse du navire et la taille des poissons. La barre d'erreur est de  $\pm 5\%$  compte tenu de l'évitement partiel.

Afin de déterminer, l'influence de la période du nyctémère, de la vitesse du navire et de la taille individuelle des poissons sur l'évitement horizontal des bancs nous avons procédé à une analyse par régression logistique (tableau 2). On constate une augmentation très significative de l'évitement, d'une part avec la vitesse du navire : plus important en vitesse de chalutage qu'en vitesse de prospection, et d'autre part avec la taille des poissons étudiés : les bancs du Golfe de Cariaco (Lf=12 cm) évitant plus le navire que ceux relevés au Nord d'Araya (Lf=29 cm). Au contraire l'alternance jour nuit ne semble pas affecter

<i>Fitted trems(1)</i>	<i>estimation</i>	<i>s.e.</i>	<i>t(*)</i>	<i>T pr.</i>	
Constante	0.806	0.274	2.94	0.003	Variable : évitement/ non évité Distribution : binomiale Fonction : logistique = log ( $\eta$ / $n-\eta$ )
Vitesse n/o	-1.543	0.385	-4.01	< .001*	
Zones	-2.020	0.584	-3.46	< .001*	
Vitesse n/o . Zones	2.066	0.828	2.50	0.013*	
Période	-0.002	0.410	-0.01	0.995	
<i>Fitted trems (2)</i>					
Constante	0.631	0.247	2.56	0.011	<i>Vitesse n/o : en prospection ou chalutage</i> <i>Zones : Golfe Cariaco Lf=29cm/ Nord</i> <i>Araya Lf=12cm</i> <i>Période : jour/nuite</i>
Vitesse n/o	-1.199	0.336	-3.56	<0.001*	
Zones	-1.464	0.403	-3.63	<0.001*	
<i>Fitted trems (3)</i>					
Constante	0.174	0.209	0.83	0.405	
Période	-0.835	0.305	-2.74	0.006*	

**Tableau 2** : Résultat des analyses par régression logistique (S-plus, 97) sur 183 bancs, obtenu pour la variable indicatrice d'évitement en fonction de trois facteurs : zone (Nord d'Araya, Golfe Cariaco), période (nuit/jour) et vitesse du n/o (chalutage ou prospection)

ANOVA 1 Effet significatifs marqué \* à  $p < 0.05$  / Variable de classement : taille à la fourche (couplé avec la période jour)

<i>Data1 : tracking</i>	Effet SC	Effet dl	Erreur dl	F	p
Vitesse explor.	20.398	1	80	0.303	<0.0000*
Vitesse instant.	5.225	1	80	52.133	<0.0000*
Taille	8514.393	1	80	103.07	<0.0000*
Ecart tpye	1.445	1	80	25.458	0.00003*
Max.	12.208	1	80	26.5539	0.00002*
Mini.	1.708	1	80	36.68	<0.0000*

ANOVA 2 Effet significatifs marqué \* à  $p < 0.05$  / Variable de classement : tracking / Dérive

<i>Data 2 : tracking+derive</i>					p
Vitesse explor.	0.00	1	120	0.0003	0.9849
Vitesse instant.	0.04	1	120	0.2811	0.596974
Taille	11798.76	1	120	34.1731	<0.0000*
Ecart type	0.06	1	120	0.7021	0.4037
Max.	1.79	1	120	3.1605	0.0779
Mini.	0.26	1	120	4.7014	0.03211*

ANOVA 3 Effet significatifs marqué \* à  $p < 0.05$  / Variable de classement : Jour / Nuit

<i>Data 3 : derive</i>					p
Vitesse explor.	1.088	1	38	6.2529	0.0141*
Vitesse instant.	0.657	1	38	11.7697	0.0014*
Taille	1900.504	1	38	2.9587	0.0935
Ecart type	0.282	1	38	2.2904	0.1384
Max.	23.603	1	38	2.2301	0.1436
Mini.	0.348	1	38	16.8527	0.0002*

ANOVA 4 Effet significatifs marqué \* à  $p < 0.05$  / Variable de classement : taille Lf29/Lf12cm

<i>Data 3 : regroupement : tracking et derive jour</i>					p
Vitesse explor.	5.492	1	32	6.2529	0.0141*
Vitesse instant.	1.3459	1	32	11.7697	0.0014*
Taille	427.51	1	32	2.9587	0.0935
Ecart type	0.118	1	32	2.2904	0.1384
Max.	5.316	1	32	2.2301	0.1436
Mini.	0.665	1	32	16.8527	0.0002*

**Tableau 3** : Analyses de Variance à un critère de classification, réalisées sur l'ensemble des variables descriptives du comportement dynamique des bancs observés. Nous avons constitué 3 groupes de données : sur l'ensemble des bancs observés (tracking + dérive) et sur ceux en dérive ou tracking plus particulièrement. L'anova 4 présenté ici montre les résultats sur un regroupement plus fin des données. Les variables significatives du classement choisi sont marquées \*.

l'évitement (*tableau 2*), elle a en fait, peu de poids face aux deux effets précédents.

La vitesse d'exploration moyenne est de 0.63 m/s soit 5.25 BL/s (BL /s = Body Length by seconde). On note aussi un écart type important entre les différentes vitesses des bancs d'un même cluster. De nuit, certains bancs ont un comportement quasi statique à 0.5 BL/s (0.06 m/s en vitesse d'exploration). De jour, on a observé des bancs atteignant des vitesses instantanées de l'ordre de 14 BL/s pour deux classes de taille à la fourche (Lf=12 et 29 cm) différentes.

Les variables du comportement dynamique des bancs ont été traitées par trois séries d'analyses de variance (*tableau 3*) à un critère de classification (jour/nuit, dérive/tracking, vitesse navire et Golfe Cariaco/N. Araya). Les bancs suivis en condition naturelle et sous l'influence du « stimuli bateau » ne sont significativement différents que par la variable de vitesse instantanée minimum. En dérive, lorsque les bancs évoluent en condition naturelle, les vitesses d'exploration, instantanée et vitesse instantanée minimum, diffèrent significativement (*tableau 3*) entre le jour et la nuit, pour une même classe de taille, les vitesses étant plus rapides de jour. Ces mêmes variables changent aussi significativement avec l'effet de taille (Lf) des poissons. L'influence de la vitesse du navire n'a qu'une incidence très faible voir nulle (*tableau 3*) sur les variables descriptives de la dynamique des bancs. A l'opposé, un effet très marqué de la taille (juvéniles 12 cm / adulte de 29 cm) des poissons observés, augmente la valeur de l'ensemble des variables de vitesse pour des individus adultes, comme le jour vis à vis de la nuit (*tableau 3*).

## Conclusion-Discussion

Les données recueillies par le SR240 concordent aux résultats trouvés par Misund et Algen (Misund, 93). Ces derniers utilisaient le mode tracking automatique en modulation de fréquence, pour le suivi des bancs. Nous avons changé de méthodologie afin de travailler en monofréquence, pour ne pas accentuer les effets d'une fonction TVG suspicieuse, quant au traitement cohérent du niveau des échos reçus, sans tenir compte de l'effet du filtre RCG (Simrad, 92). Par ailleurs, on peut ainsi observer la dynamique de différents bancs simultanément sur un plan omnidirectionnel, sans être limité par le tracking automatique du sonar. L'information de profondeur du banc est perdue, par notre méthodologie, mais très peu significative d'après Misund (Misund, 93). Notre nouvelle méthodologie nous permet d'envisager des études comportementales plus larges, traitant de la

structuration spatiale, de la dynamique de répartition ou de fusion/scission des bancs ou même de leur migration (Hafsteinsson, 95).

On observe de fortes variations au sein de ces variables descriptives du comportement dynamique. Ces variations peuvent être liées à une composante éthologique, les bancs soumis à la prédation (Pitcher, 96) pouvant être ceux ayant les vitesses instantanées maximum les plus élevées. Une pêche d'identification met en correspondance la présence de *Trachurus lepturus*, prédateur naturel des sardinelles, et les vitesses maximum observées. La vitesse maximum enregistrée est de 14 BL/s (Body Length by second), pour les deux classes de taille étudiées, ce qui indique l'intérêt d'exprimer les vitesses en fonction de la taille des poissons (Blaxter, 67), indiquant la spécificité de l'espèce étudiée. Des bancs ayant un comportement plus statique ont aussi été remarqués, principalement de nuit, traduisant sûrement le comportement de prédateurs, des espèces étudiées, sur la couche planctonique. Les différents cas de figures rencontrés, que ce soit de jour ou de nuit tendent à confirmer la réalité d'une grande variation du comportement dynamique d'un banc, au sein d'un même agrégat, qui avait été déjà remarqué par Pitcher et *al.* (1996). Les variables descriptives de la vitesse de nage, dépendent de différents paramètres inventoriés dans cette étude. Elles varient en fonction du cycle nyctéméral et de la taille individuelle des poissons du banc. Ce qui était déjà confirmé pour d'autres espèces pélagiques (Blaxter, 67 ; Hara, 86 ; Misund, 93).

L'évitement est fortement influencé par la vitesse du navire et la taille des poissons. Ce qui se traduit par un évitement plus important dans le golfe de Cariaco qu'au nord d'Araya, bien que les conditions environnementales ne varient guère (*tableau 1*). En vitesse de prospection l'évitement est nettement inférieur à celui rencontré en vitesse de chalutage. Le bateau pourtant, ne semble engendrer que de faibles perturbations du comportement de nage des bancs et seules leurs vitesses instantanées minimum varient significativement, en conditions de nage naturelle. Aucune des variables descriptives de vitesse ne semblent varier entre les bancs évitant le bateau et ceux ne l'évitant pas. On peut penser que le stimuli bateau engendre une variation du comportement de nage assez faible et homogène sur les bancs qui éviteront le navire et ceux pris à l'écho-sondeur.

On note une certaine contradiction entre les résultats de l'ANOVA et celle de la régression logistique ; l'effet de l'alternance jour/nuit serait significatif sur les variables de vitesses (instantanée et exploratoire) et sur la vitesse minimum

instantanée ; mais la régression logistique lui donne peu de poids face aux sources de variations dues à la classification par taille (Lf) et à la vitesse du navire. En fait, il semble que l'effet jour /nuit soit masqué par l'effet de la taille individuelle des poissons et celui de la vitesse du navire, qui sont eux très hautement significatifs ( $p < 0.001$ ). Le résultat de la régression logistique n'ayant que le jour comme variable dépendante est quant à lui très significatif ( $p = 0.006$ ). Enfin il faut noter un certain déséquilibre de l'échantillonnage pour les statistiques descriptives de vitesses sous tracking, les données de jours n'atteignant ici que 20%.

L'évitement des bancs de *S. aurita*, semble lié à leur comportement dynamique lui même déterminé par des facteurs biotiques et abiotiques : dont principalement la taille des individus (juvénile/adulte) et la période nyctémérale ; mais aussi, en présence d'un navire, de la vitesse de ce dernier. Leur comportement dynamique : l'ensemble des variables descriptives de leur vitesse, est affectée d'une augmentation significative. D'une part pour les adultes (Lf=29cm) par rapport au juvéniles (Lf=12cm) et

d'autre part pour des observations réalisées de jour en rapport avec celles faites de nuit. On s'aperçoit que les bancs évitent moins le navire pour des vitesses faibles que fortes, ce qui serait intéressant de confirmer dans des études ultérieures, afin d'en retirer la ou les composante(s) éthologique responsable de cet état de fait.

Enfin, un certain nombre de bancs ( jusqu'à 8% par *tracking*) présentent un évitement partiel, représentant une perte de densité de poissons non négligeable estimée à environ 5% pour notre campagne de prospection déjà sous estimée de 32.5%. Une quantification plus rigoureuse de ce type d'évitement semble nécessaire. Le fort taux d'évitement peu s'expliquer par la présence d'une vessie natatoire chez les Sardinelles, les rendant plus sensibles aux émissions de basse fréquences. Il serait intéressant de connaître le diagramme de directivité de la surface de bruit émise par l'Antéa, navire de type *catamaran*, susceptible d'émettre un fort bruit de résonance entre les deux coques.

---

## Remerciements

A l'équipage de l'Antéa, à Noël Diner de l'Ifremer pour la calibration du sonar, à Francis Laloe pour son initiation à la régression logistique, à Thierry Lafont pour son soutien informatique. A la Fondation La Salle pour son accueil durant la campagne Varget 2 d'avril 98. Au P<sup>r</sup> Lumaret de l'UMIII pour sa confiance.

---

## REFERENCES

- Blaxter J.H.S., 1967. Swimming speed of fish. *Fao fisheries report*, 62,69-100 (1967).
- Chapman C.J., A.D. Hawkins, 1969. The importance of sound in fish behaviour, in relation to capture by trawl. *FAO fish. Rep.* 62(3) : 717-729.
- Dalen J., O. Nakken, 1983. The application of the conventional echo integration methods. *CIEM CM 1983/B* :19.
- Diner N., A. Weill, J.Y.Coail, J.M. Coudeville, 1993. Ines movies : a new acoustic data acquisition and processing system. *ICES C.M.* 1989/B :45.
- Diner N., P. Marchand, 1995. *Acoustique et peche maritime*. Brest, Ifremer 147p.
- Fréon P., F. Gerlotto, O.A. Misund, 1993. Consequence of fish behaviour for stock assessment. *Int. Coun. Explor. Sea. Mar. Sci. Symp.*, 196, 190-195.
- Fricke R., 1987. The compatible critical swimming speed: A new mesure for the specific performance of swimming fishes. *Zool. Jb. Physiol.* 91(1987), 101-111.
- Gerlotto F., 1993. Methodologie d'observation et d'évaluation par hydroacoustique des stocks tropicaux de poissons pelagiques cotiers: impact du comportement et de la distribution spatiale. these doc. Univ. de Bret. Occi., Mars 1993.



- Hafsteinsson M.T., O.A. Misund, 1995. Recording the migration behaviour of fish schools by multi-beam sonar during conventional acoustic surveys. - *ICES J.mar.Sci.*, **52**:915-924.
- Hara I., 1986. Swimming speed of sardine school on the basis of Aerial survey. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 53(2), 223-227 (1987).
- Misund O.A., 1990. Sonar observations of schooling herring: school dimensions, swimming behaviour, and avoidance of vessel and purse seine. - Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, **189**: 135-146.
- Misund O.A., 1991. Swimming behaviour of schools related to fish capture and acoustique abundance estimation . Phd. Thesis. Univ. Bergen ,Norway. Dpt. of fisheries and marine biology.
- Misund O.A., A. Algen, 1992. Swimming behaviour of fish schools in the north sea during acoustic surveying and pelagic trawl sampling. - *ICES J. mar. Sci.*, **49**: 325-334.
- Petitgas P., L. Monineau, P. Brehmer, F. Gerlotto, 1996. Characterising the spatial distribution of fish school with a point process approach : a first application on sonar recording. CIEM C.M. 1996/B :31, 16p.
- Pitcher T. J., O. A. Misund, A. Ferno, B. Totland, V. Melle, 1996. Adaptive behaviour of Herring schools in the Norwegian sea as revealed by high-resolution sonar. - *ICES J. mar. Sci.*, **53**: 449-452.
- S-PLUS 4, *Guide to Statistics*. Data Analysis Products Division, MathSoft, Seattle., 1997.
- Simrad, 1992. Operator manuel simrad SR 240 sonar, P2291E *software version 5.0X*. Mar 1992.
- Urick R.J., 1967. *Principles of underwater sound for engineers*. MacGrow-Hill, New York.
- Wilson C. D., 1998. Field trials using an acoustic buoy to measure fish reponse to vessel and trawl noise. *NOAA Fisheries*. (in press).



## Étalonnage du sonar SIMRAD SR 240, mission « calibration Varget » du 20/03 au 26/03/98, Baie de Mochima (Vénézuéla)

### 1. Introduction

Le *SR240* est un sonar omnidirectionnel & multifaisceaux de grande portée ce qui le différencie des autres types d'équipements hydro-acoustiques embarqués.

Son utilisation au cours des campagnes d'expérimentation ayant pris un certain intérêt scientifique, il paraît nécessaire de mettre au point une méthode d'étalonnage gageant de son efficacité, à différentes échelles et sous différents réglages. Nous nous proposons ici d'exposer différentes manipulations de calibration *ad hoc* permettant d'envisager une exploitation plus approfondie des données recueillies par le SR240.

#### 1.1 Méthode

Le mode opératoire que nous proposons, ne permet pas une mesure des caractéristiques acoustiques absolues du sonar, mais paraît apte à circonvenir les différentes interrogations que nous a suscitées l'utilisation de ce sonar. Nous travaillons principalement sur les paramètres de « longévité, taille et couleur » de l'écho avec le *SR240*.

La manipulation consiste à plonger à l'aide d'une embarcation légère une cible de section diffusante  $\sigma$  connues<sup>1</sup> aux travers des faisceaux du sonar en faisant varier sa distance au navire ainsi que sa profondeur (cf. schéma 1).

La variation de la bathymétrie de la cible se fera à l'aide d'un « fil de sonde » relié à une embarcation mobile.

Ce type de manipulation demande des moyens logistiques et du temps, mais le véritable problème réside encore dans le choix de cette cible constituant une « surface omnidirectionnel », pour être détectée au sonar à grande échelles (plus de 200m) . Le comportement dynamique du bancs peut alors être efficacement simulé par le déplacement (Zodiac ou/et N/O H-Gines) de cette cible.

#### 1.2 Résultats attendus

Obtenir des séries de valeurs expérimentales, pouvant nous donner des constantes de références afin d'obtenir les corrections recherchées : au niveau de l'efficacité du SR240 par rapport à la distance au bateau, de la taille<sup>2</sup> et la couleur<sup>3</sup> des échos observés, du domaine étudié (prise en compte de l'intégralité de la colonne d'eau à partir de quelle distance du N/O ? *zones d'ombres*), de l'orientation horizontale des faisceaux à l'avant du N/O (cf. évitement), et la comparaison des vitesses théoriques calculées aux vitesses instantanées réelles d'une cible. Enfin on pourra aussi estimer les éventuelles erreurs de position des gisement fournis par le S240.

La méthode de traitement de ces données se basera sur une étude comparative des données délivrées simultanément par le SR240 à celles déjà calibrées d'autre appareillage (GPS, Radar, Sondeur...).

---

<sup>1</sup> caractéristique acoustique (dB) et dimension (m<sup>3</sup>) ; il faudra observer cette cible au travers des autres équipements déjà calibrés à l'aide de la bille de cuivre (Ossian, Biosonics102, DT5000, EY500). Une observation au sonar Reson sera aussi nécessaire.

<sup>2</sup> Correction de LW, *along beam dimension*

<sup>3</sup> Valeur moyenne de TS

### 1.3 Matériels

Cette méthode nécessite un certain nombre d'équipements, lesquels sont tous à bord du N/O Antéa (& Hermano-Gines). La calibration ne devrait pas prendre plus d'une journée (pour l'ensemble des manip présentées ici<sup>4</sup>), dans les eaux calmes, relativement profondes (minimum de 30 mètres) et facultativement claire afin de contrôler le bon déroulement des opérations.

- A bord du N/O Antéa:

#### Equipement acoustique

**Simrad SR240**  
**Reson seabat 6012**  
 Echo-sondeur *Ossian*  
 Biosonics 102  
 Simrad EY 500 ou  
**Biosonics DT 5000**

#### Equipement Divers

*Zodiac* 40cv  
 VHF portable *Sailor*  
 Réflecteur radar  
 Radar du bord (positionnement *Zodiac* au mètre près)  
 Fil de sonde + enrouleur<sup>5</sup> (30-40m)  
 Vidéo S-VHS/Novascan  
 Cible(s)<sup>6</sup> (boule(s) de chalut, « plombé »)  
 GPS

Equipement non embarqué sur l'Antéa (et facultatif)

Loch (monté sur le Zodiac)  
 Treuil de sonde (N/O H-G)  
 Grue hydraulique (N/O H-G)

### 1.4 Principes et manipulations

Le navire doit être mis au mouillage, l'embarcation utilisée à l'eau avec à son bord trois personnes avec la cible reliée à un fil de sonde (Fig. 1). L'équipage du Zodiac (ou et N/O H-G) est alors relié au PC-scientifique par les VHF portatives du bord et détecté par le radar permettant d'indiquer sa distance au bateau au mètre près. Le fil de sonde, préalablement mesuré et marqué permet de connaître la profondeur exacte de la cible (l'ajout d'un poids supplémentaire sous la cible doit permettre de garder le fil de sonde vertical). Le sondeur portatif Biosonics DT5000 devra être embarqué et monté (fig. 2) sur le zodiac, puis l'ensemble servira de référence à la définition de la valeur de tilt initiale, de tel sorte que zodiac+DT5000 ne soit pas pris comme une surface diffusante par les faisceaux du SR240.

Une fois tout le dispositif mis en place la calibration peu se décomposer en 2 grandes manip:

#### 1.4.1. Manip. 1 : Géométrie et effet des réglages :

Détection de la cible à différentes profondeurs et distances au bateau ; avec modulation des réglages sonar.

##### \* Géométrie

Durant les campagnes varget le choix de l'échelle a varié entre 200 & 2400 m, sur cette base l'embarcation devra se positionner successivement à différentes distances du N/O, afin de rechercher empiriquement les zones d'ombres et limites de détection (Horizontale) inf. et sup. du

<sup>4</sup> Certaines manipulations étant prioritaires à d'autres, il faudra gérer au mieux le temps qui nous sera imparti

<sup>5</sup> seul équipement qui pourrait poser problème (pour son montage et sa manipulation sur le Zodiac)

<sup>6</sup> Le choix de la cible reste à déterminer, il serait idéal d'en avoir plusieurs ayant des TS différentes, selon les manip. (de la boule de chalut aux fûts de gaz oil reliés ensemble).

SR240, le fil de sonde sera descendu à faible vitesse de la surface jusqu'à la perte définitive de l'écho au sonar. La cible sera ensuite remontée toujours à faible vitesse pour confirmation des valeurs bathymétriques trouvées pendant la descente (fig. 3) (Si le temps qui nous est imparti nous le permet différentes valeurs de tilt pourront être essayé).

On utilisera alors un pas de distance long<sup>7</sup>, déterminé dans l'intervalle de détection défini auparavant sachant qu'un pas plus fin<sup>8</sup> sera utilisé par la suite dans le tore inférieur de détection du sonar (0 + d. min. à 100m). De même les variations de profondeur des différentes stations seront fixées à un pas de 5m dans le tore inférieur et plus limité au distance supérieur du N/O (à fixer en fonction des conditions locales de détection et profondeur).

#### \* L'influences des filtres et des différents réglages sur la qualité de détection :

Durant cette manipulation un réglage des filtres principaux peut aussi être envisagé et nécessiterait peu de temps si l'on peut garder un écho ayant une longévité importante sur l'écran sonar à grande échelle, au min. Sup. à 200m (la cible doit obligatoirement remplir ce critère). Le principe réside alors à garder la cible stable (statique) à une profondeur définie et de faire varier les réglages du SR240 (cf. rap. Ecoppex 97). Cette partie de la manip. est couplée et simultanée à celle citée ci-dessus. Les variations de réglages consisteront à jouer avec le menu proposé par Simrad au niveau de la puissance d'émission (130V, conseil N.Diner, 98), du type et mode d'impulsion, ainsi que sur les trois principaux filtres : ACG, RCG, P to P.

#### 1.4.2 Manip. 2 : Simulation de la dynamique spatiale d'un écho

Une fois le seuil de détection et la zone d'ombre déterminés par la première manip., l'embarcation remorquant la cible devra faire route dans le champs de détection du SR240 pour observer les mouvements de l'écho de la cible sur l'écran sonar en suivant deux types de trajectoires:

- Trajectoire n°1 : circulaire

Décrire des cercles (ou portions de cercles) concentriques, aux échelles efficaces déterminées par les manip précédentes, autour du navire afin d'observer les variations de formes de l'écho lorsque se dernier passe d'un faisceau contigu à l'autre à différents distances du N/O. La vitesse de la cible devrait varier entre 0.5 et 2.5 m/s.

Si le Zodiac est équipé d'un loch<sup>9</sup> on pourrait en même temps que cette manip. comparer la vitesse calculée à l'aide des gisements placés sur l'écran, à celles lues sur le loch, afin de vérifier si les vitesses calculées correspondent à leurs vitesses réelles. Le calcul de vitesse peut aussi se faire à partir du sondeur (DT5000) et du radar (Antéa), au cas d'un problème logistique lié à la mise à disposition d'un loch, les trajectoires suivies par le Zodiac devront alors être aussi rectiligne que possible afin d'évaluer avec précision sa vitesse.

Pendant ces manip de dynamique un essai de *traking auto* doit être réalisé, (la vitesse et le l'orientation de la cible considéré peut être estimées par le SR240, en plaçant des gisements automatiquement toutes les minutes, symbolisant ainsi la route suivie par la cible). La comparaison de ces valeurs aux valeurs « réelles » permettra une validation ou non de cette option du SR240.

- Trajectoire n°2 : radiale

<sup>7</sup> Exemple : si on détecte la cible jusqu'à 1200m la manip se fera à 300, 600, 900 & 1200m du N/O

<sup>8</sup> A moins d'un problème imprévue les stations commenceront à l'échelle la plus faible possible Mais dans tout les cas à 50/75/100m du N/O.

<sup>9</sup> ou si l'on peut utiliser le N/O Hermano Gines de la FLASA.

Partir de l'extrémité de l'échelle du sonar (définie par notre cible lors de la première manip.), jusqu'au N/O en restant sur une trajectoire rectiligne : radiale face au bateau. Le but de cette partie étant de connaître l'orientation des faisceaux du sonar par rapport au cap du navire. Ceci permettrait de simuler les évitements constatés au cours de la campagne varget . L'évitement bâbord paraissant statistiquement anormal et pourrait en fait être du à la position de la tête du sonar sous la coque bâbord du navire ce qui aurait une incidence sur l'orientation des faisceaux avant du SR240 ? ou du à la surface de bruit générée par le N/O, elle serait dans ce cas dissymétrique, et favoriserait l'évitement babord.



### Détails techniques :

Les opérations se dirigent à partir du PC scientifique de l'antéa et de la passerelle (radar):

- L'ensemble des équipements est synchronisé
- Les données SR240 enregistré sur S-VHS et l'ensemble opération enregistré « clairement » en direct sur son entrée audio
- Les données radar sont recueillies en passerelle
- Les autres types d'appareillages enregistrent sur leurs sorties habituelles
- La cible est déplacée horizontal. Vertical. à partir du PC Antéa par liaison VHF avec l'embarcation remorquant la cible, en fonction des échos reçut sur le SR240.

**Tableau 1 : Effectif en personnel minimum requis : 6 (3 scientifiques & 3 marins)**

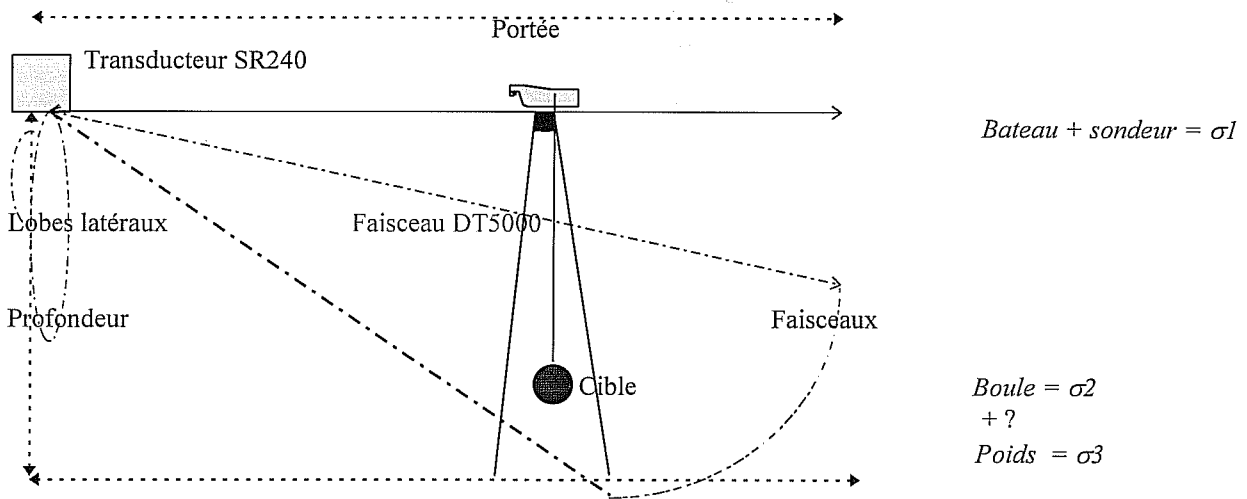
<i>Personnel nécessaire (effectif mini.)</i>	<i>Passerelle Antéa Radar</i>	<i>PC-scienti. Antéa Coodination/SR240</i>	<i>Embarcation cible Pilote/DT5000/cible</i>
Manip. 1	1	2	3
Manip. 2	1	2	3

**Tableau 2 : Il est tenu compte ici uniquement du déroulement des différents tests ; sans les préparatifs logistiques préalables. Le temps estimé est d'un peu moins de dix heures.**

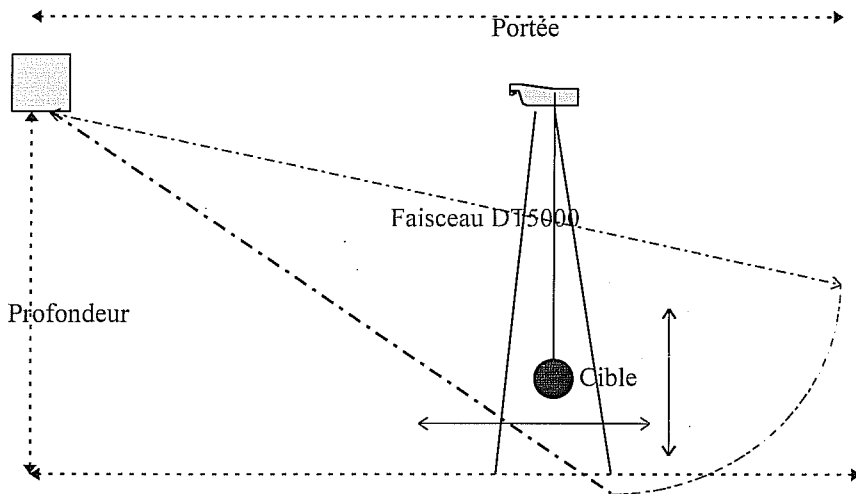
<i>Temps nécessaire en minutes</i>	<i>Manip. 1</i>	<i>Manip. 2</i>	<i>Hors manip</i>
1. Test orientat° faisceaux.		20'	
2. Test limite horizontale	120'		
3. Test limite verticale	140'		
4. Test TVG/range		40'	
5. Test range		60'	
6. Test type et mode d'impulsion	60'		
7. Test Filtres	20'		
8. Test tilt	20'		
9. Test TX power	20'		
10. Test dynamique traject. 1		60'	
11. Test dynamique traject. 2		40'	
12. Test traking auto		20'	
13. Test position	-	-	30'
14. Test Reson	-	-	test 9
Total	380'	200'	620'

Copies : N/O Antéa, La FLASA, N. Diner, F.Gerlotto, F. Gallois, A. Lebourges, J. Masse, M. Soria

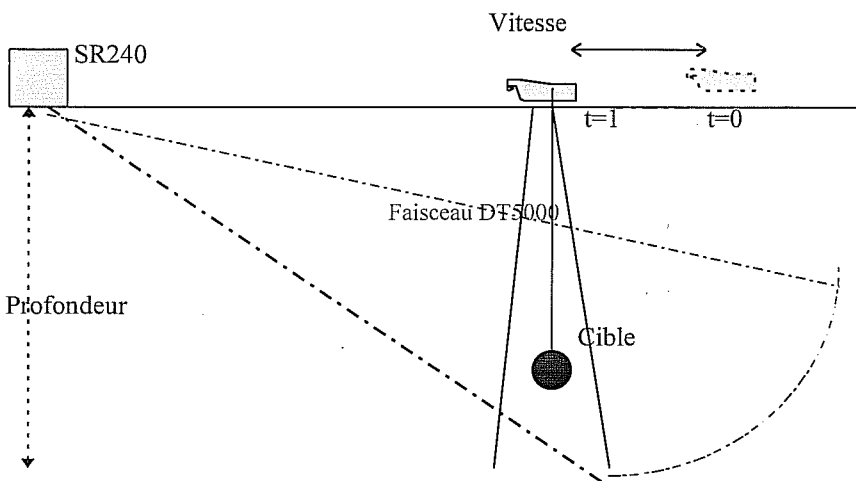
Figures 2 à 4



**Figure 2 :** Principe et méthode. La cible est simultanément détectée dans les faisceaux du sonar Simrad SR240 et du sondeur portable Biosonics DT5000. Position cible confirmée par radar Antéa, GPS DT5000 et fil de sonde.



**Figure 3 :** Manip.1 de calibration : déplacement horizontal et vertical de la cible dans les faisceaux du sonar Simrad SR240 et du sondeur portable Biosonics DT5000.



**Figure 4 :** Manip.2 calibration : déplacement horizontal de la cible dans les faisceaux du sonar Simrad SR240 et du sondeur portable Biosonics DT5000.

Schéma : méthode pour une "calibration" du sonar SR240

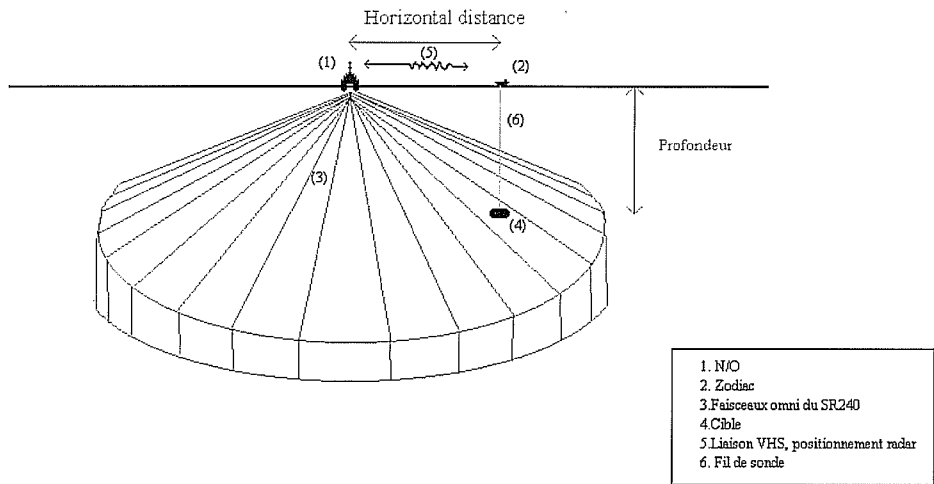


FIG 1



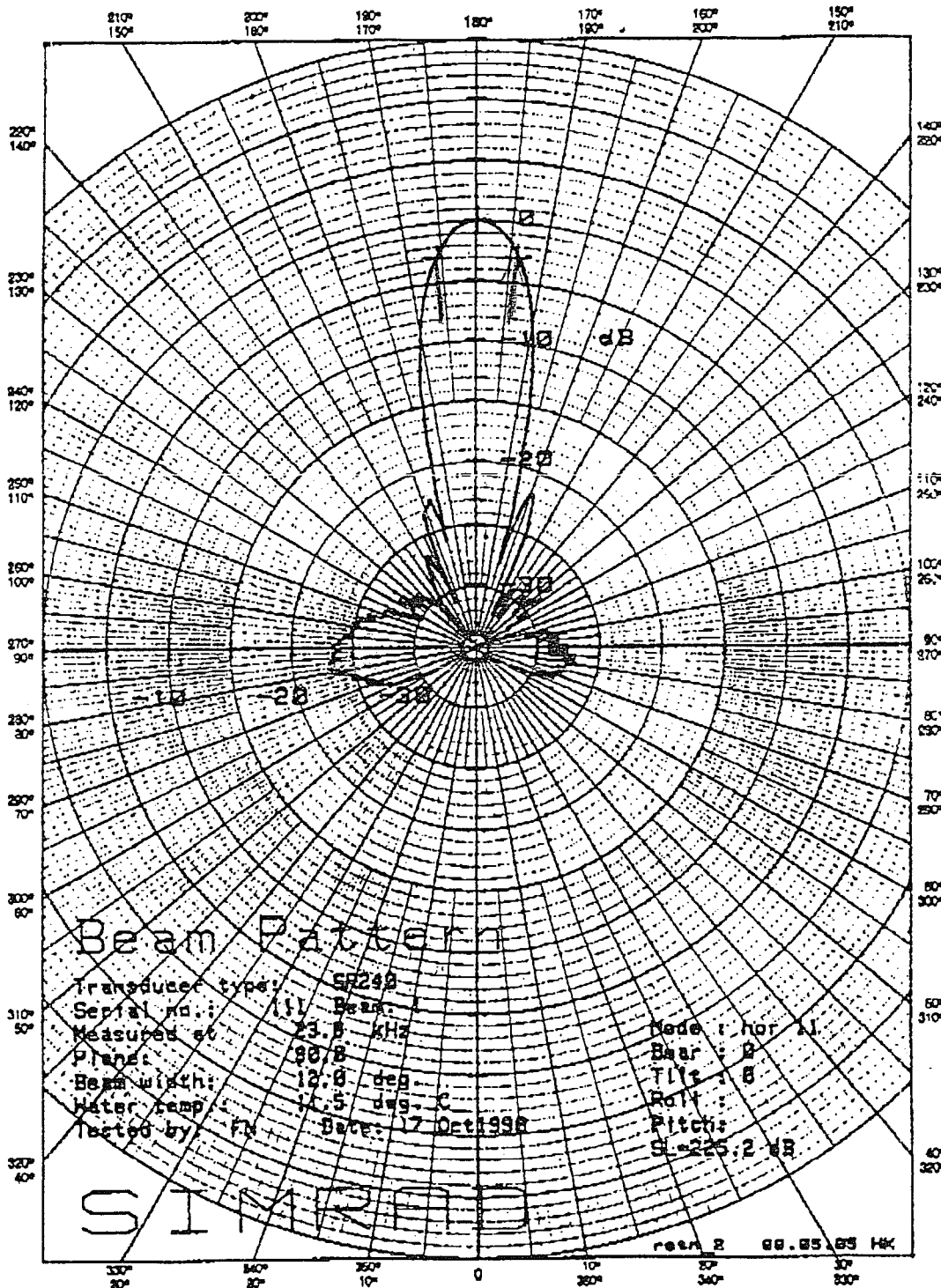


Figure 3.11. Beam pattern for 11° sector transmitting.

Simrad Subsea A/S  
Horten - Norway

Diagramme de directivité d'un sondeur simple

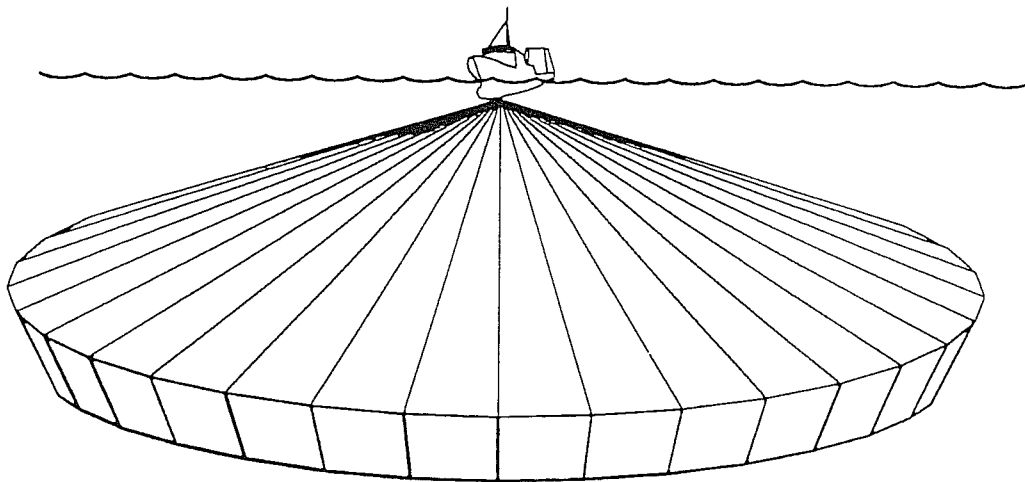
## 1.3 FUNCTIONAL DESCRIPTION

### 1.3.1 Introduction

The basic principles of the SR 240 sonar are unique because of the 256 separate transmitter and receiver channels with their transducer elements spread around on the spherical transducer array. The transmission, reception and data processing are under computer control, and a total of four computer boards are used throughout the sonar. The powerful capabilities of the sonar are results of sophisticated digital signal processing software and state of the art hardware.

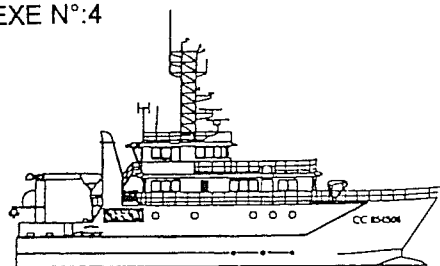
### 1.3.2 Functional principles

When tilting the omni beam, the total beam picture can be compared with folding an umbrella, it means that all beams in 360° around the vessel have the same tilt angle. The beam can be tilted from +10° up, to -90° down, where -90° then is formed by one single beam straight down like an echo sounder.



CD100

*Figure 1.5. The OMNI beam.*



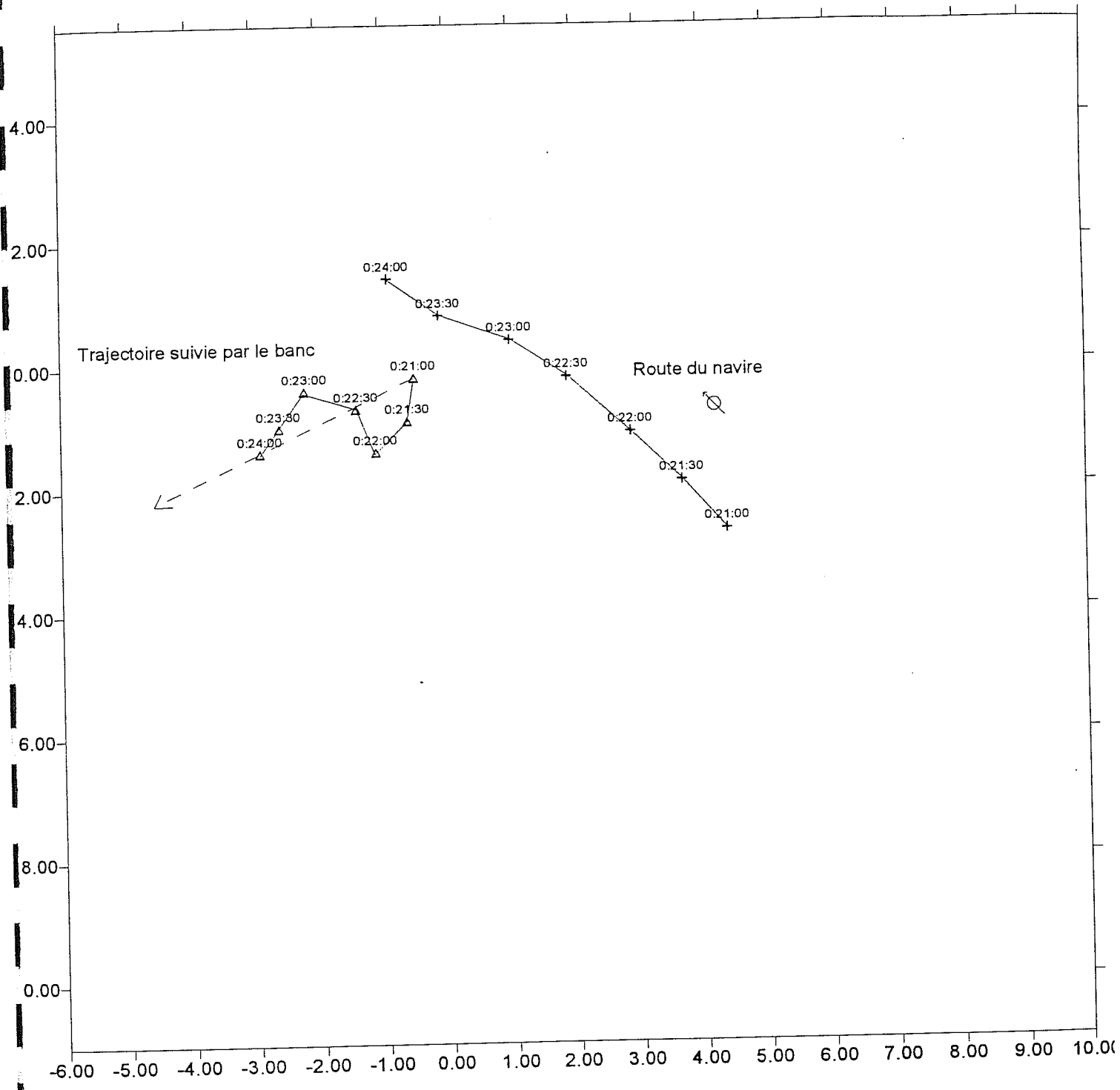
# ANTEA



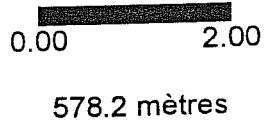
*Catamaran construit en 1995  
aux chantiers OCEA  
Les Sables d'Olonne*

## *Équipements scientifiques et techniques*

Longueur Hors tout	34.95 m	Length overall
Largeur Hors tout	11.70 m	Width overall
Déplacement en charge	405 T	Load displacement
Tirant d'eau AR	3.40 m	Aft draught
Jauge brute	.....	Gross tonnage
Jauge net	.....	Net tonnage
Indicatif radio	.....	Call sign
Classification	Bureau Veritas	Classification
N° Officiel matricule	CC 854508	Official number
Port d'immatriculation	CONCARNEAU	Port of registry
<b>EQUIPEMENT DE PONT</b>		<b>DECK EQUIPMENT</b>
Portique AR		Gantry stern
Grue hydro plage AR portée variable	3 T (11 m)	Hydro crane quarter deck
Grue hydro plage AV portée variable	900 Kg (6 m)	Hydro crane forward deck
2 treuils de pêche	L 1900 m - Ø 19	2 fishing winches
Effort de traction Ø moyen	6.5 T	Pull middle
1 treuil bathysonde	L 6000 m - Ø 10.8	1 CTD winch
1 treuil hydrologie	L 2000 m - Ø 6.5	1 hydrology winch
2 enrouleurs de chalut	3 M3	2 winding trawls
<b>PERSONNEL EMBARQUE</b>		<b>ON BOARD STAFF</b>
Effectif navigant	12	Crew
Scientifiques	10	Scientists
<b>EQUIPEMENT SCIENTIFIQUE</b>		<b>SCIENTIFIC EQUIPMENT</b>
Emplacement pour container	1 de 20 pieds	Location for container
Laboratoire « sec »	18 m <sup>2</sup>	1 «dry» laboratory
Laboratoire « humide »	16 m <sup>2</sup>	1 «wet» laboratory
PC Scientifique	40 m <sup>2</sup>	Scientific PC
Sondeur écho-intégration	OSSIAN 38-120 khz	Echo-integrator sounders
Sonar	SIMRAD SR 240 24 khz	Sonar
Sondeur profond et pinger	SIMRAD EA 500 12 khz	Deep Sounder and pinger
Positionneur chalut	SIMRAD ITI	Trawl positionner
Thermosalinographe	SEABIRD SBE 21	Thermosalinometer
PC Navigation scientifique	Mac Sea Pro	PC scientific navigation
Station d'archivage informatique	UNIX	Processing system
Réseau informatique	ETHERNET	Processing network
<b>NAVIGATION POSITIONNEMENT</b>		<b>NAVIGATION &amp; POSITIONING</b>
1 radar FURUNO 25 KW	FR 2120 XN4A	1 radar
1 radar FURUNO 10 KW	FR 2110 XW3	1 radar
Loch BEN GALATEE	MK3	Log
Gyro compas	ROBERTSON RGC 50	Gyrocompas
GPS	TRIMBLE NT100	
GPS	TRIMBLE NT200D	
GPS d'attitude SERCEL	NR 230 MK II	GPS differencial SERCEL
<b>RADIO</b>		<b>RADIO</b>
Station BLU	GMDSS SAILOR	BLU radio station
2 VHF	SAILOR	2 VHF
Inmarsat C	INMARSAT C	Inmarsat C
Standard M	SD MARINE	Standard M
<b>METEO</b>		<b>METEO</b>
Centrale météo	BATHOS	Meteo station
<b>MACHINES</b>		<b>ENGINES</b>
2 moteurs de propulsion DEUTZ TBD 604	2 x 642 CV	2 engines propulsion DEUTZ TBD 604
2 hélices à pas variable RENOUE DARDEL	Type HPV 704	2 controlable pitch propellers
2 groupes électrogènes CATERPILLAR	Type 3306 180 KVA	2 generators set
Onduleur	ENAG 5000 VA	Regulated current
Production eau douce	AQUA SET 2 T/jour	Production fresh water
Combustible	68 m <sup>3</sup>	Capacity bunkers
Eau douce	32 m <sup>2</sup>	Capacity fresh water



● Réaction " d'évitement d'un banc " face au navire faisant route ,  
durant des opérations de " tracking " ( poursuite de banc ) .



+ : Position du navire à un instant t .  
Δ : Position du banc à un instant t .  
Avec t en minutes et secondes  
relevé simultanément pour le  
navire et le banc .

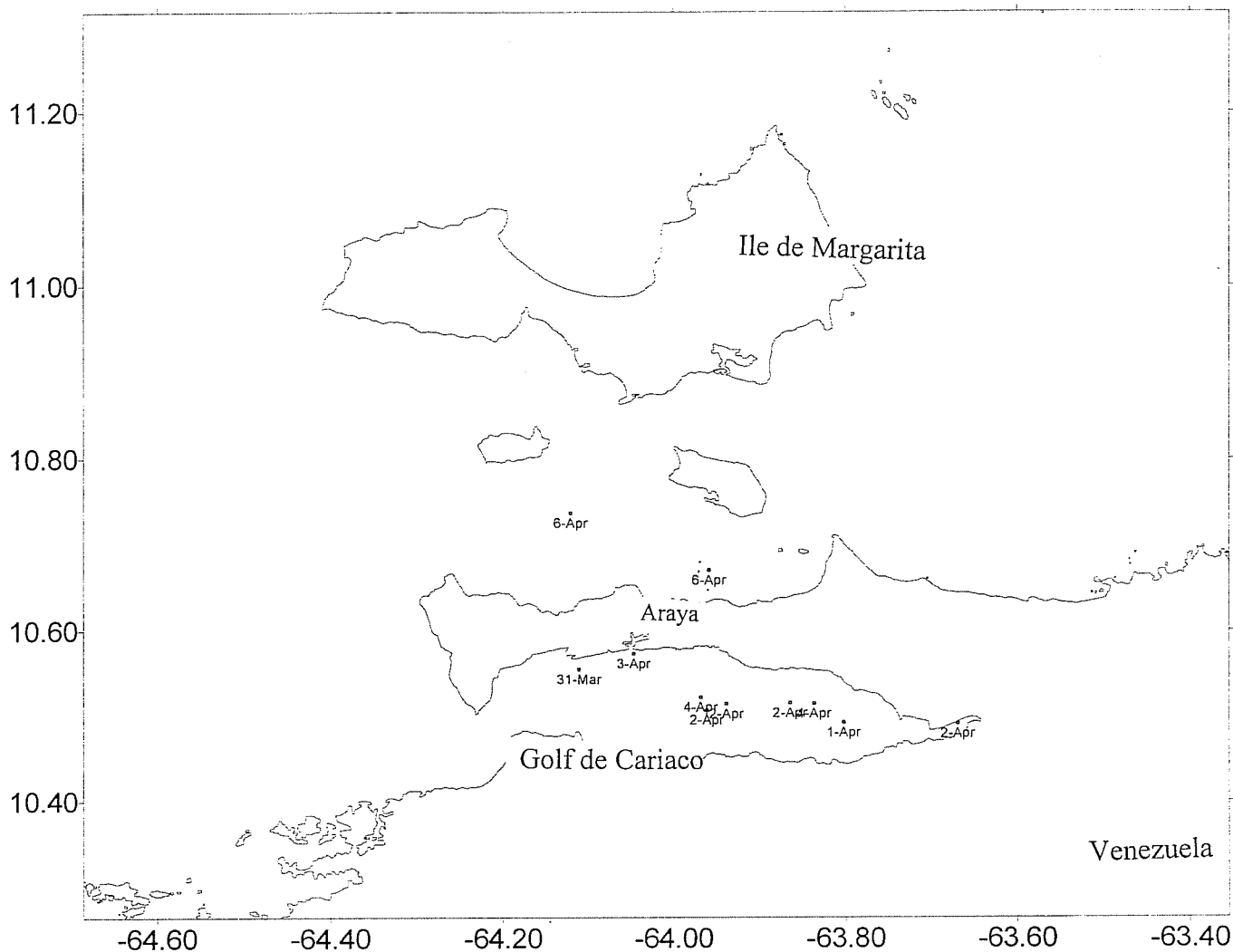


Figure: Carte des opérations de dérives réalisées au cours de la campagne Varget 2/98

n°:	long	lat	prof.	date	GMT	Rq.
Dérive 1	-64.1107	10.5545	66	31-mar	01:57	
Dérive 2	-63.8025	10.49167	60	01-avr	05:35	
Dérive 3	-63.6702	10.4905		02-avr	10:21	
Dérive 4	-63.9612	10.50667	64	02-avr	03:25	
Dérive 5	-63.9385	10.51383	60.5	02-avr	07:12	
Dérive 6	-63.8645	10.51483	43	02-avr	12:40	Zodiac 1
Dérive 7	-64.0467	10.5726	50	03-avr	13:39	Zodiac 2
Dérive 8	-63.9683	10.52162		04-avr	10:12	Zodiac 3
Dérive 9	-63.8372	10.51417	39	04-avr	14:44	"derive6"
Dérive 10	-64.1202	10.73683	34	06-avr	06:06	
Dérive 11	-63.9583	10.67017	20	06-avr	16:25	

Tableau : recapitulatif des dérives réalisées au cours de la campagnes Varget 2/98