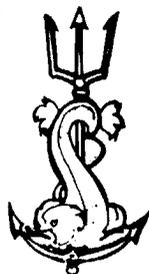


p 502/1

15 NOV. 1978



EXCLU DU PRÊT

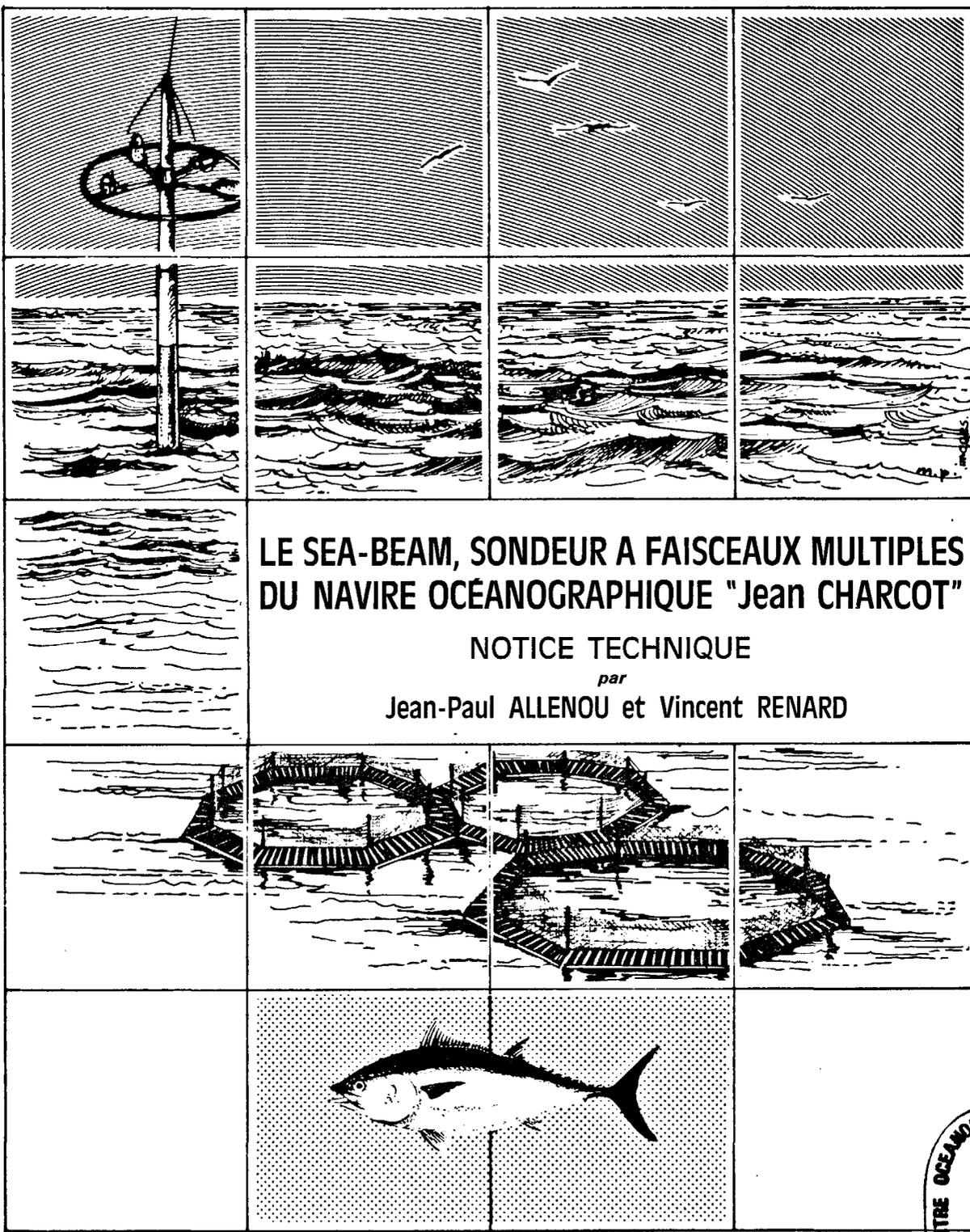
Publications du

# CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS

Découvrez plus de documents  
accessibles gratuitement dans [Archimer](#)



Rapports scientifiques et techniques n°37 - 1978



## LE SEA-BEAM, SONDEUR A FAISCEAUX MULTIPLES DU NAVIRE OCÉANOGRAPHIQUE "Jean CHARCOT"

NOTICE TECHNIQUE

*par*

Jean-Paul ALLENOU et Vincent RENARD

CENTRE OCÉANOLOGIQUE DE BRETAGNE



- Les Publications Scientifiques et Techniques du Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) comportent les séries suivantes :

*The Scientific and Technical Publications of Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) contain the following serials :*

- Rapports Scientifiques et Techniques - ISSN 0339-2899. 1971
- Rapports Economiques et Juridiques - ISSN 0339-2910. 1973
- Recueil des Travaux du Centre Océanologique de Bretagne - ISSN 0336-3112. 1972
- Résultats des Campagnes à la Mer - ISSN 0339-2902. 1971
- Actes de Colloques - ISSN 0335-8259. 1971

- Les travaux publiés dans ces séries sont analysés par :

*The works published in these serials are analysed by :*

- Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts
- Bibliographie Géographique Internationale
- Biological Abstracts
- Bulletin Signalétique du C.N.R.S. - Informascience
- Chemical Abstracts
- Norois - Chronique Océanographique
- Hydrographische Bibliographie
- Oceanic Abstracts
- Oceanographic Abstracts and bibliography - Deep Sea Research
- Pollution Abstracts
- Underwater Information Bulletin
- Zoological Record

- Les demandes d'information et les commandes concernant toutes les publications scientifiques et techniques du CNEXO doivent être adressées à :

*The inquiries and orders which concern the whole of CNEXO scientific and technical publications have to be mailed to :*

SECTION DOCUMENTATION  
CENTRE OcéANOLOGIQUE DE BRETAGNE  
B.P. 337  
29273 BREST CEDEX

Les publications envoyées en échange doivent être expédiées à cette même adresse.

*The publications sent in exchange have to be forwarded to the same address.*

**PUBLICATIONS DU  
CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS  
( C N E X O )**

**Rapport Scientifique et Technique N° 37**

**LE SEA-BEAM, SONDEUR A FAISCEAUX MULTIPLES  
DU NAVIRE OCEANOGRAPHIQUE "Jean CHARCOT"**

**NOTICE TECHNIQUE**

par

Jean-Paul ALLENOU et Vincent RENARD

Centre Océanologique de Bretagne  
Boîte Postale 337  
29273 BREST

ISSN 0339-2899

## TABLE DES MATIERES

RESUME	4
INTRODUCTION	5
FONCTIONNEMENT GENERAL ET DOCUMENTS OBTENUS	7
1.- GÉNÉRALITÉS	7
2.- NBES 853 E - FONCTIONNEMENT -	7
3.- FONCTIONNEMENT DE L'ECHO PROCESSOR 875	9
DESCRIPTION TECHNIQUE DE LA PARTIE HARDWARE	13
1.- PRINCIPE DE CRÉATION DES FAISCEAUX	13
1.1.- LES PROJECTEURS	
1.2.- LES HYDROPHONES	
1.3.- COMPOSITION HYDROPHONES-PROJECTEURS	
2.- HARDWARE	17
2.1.- HARDWARE NBES	
2.2.- HARDWARE ECHO PROCESSOR	
3.- SOFTWARE	17
3.1.- CONVERSION	
3.2.- REFRACTION	
3.3.- COMPENSATEUR DE ROULIS	
3.4.- FENETRES DE RECEPTION	
3.5.- CALCUL DES SEUILS	
3.6.- DETECTION DE LA DISTANCE OBLIQUE	
3.7.- CALCUL DES COORDONNEES DE BATHYMETRIE	
3.8.- CALCUL DES LIGNES DE CONTOUR	
3.9.- GENERATION DE LA SORTIE SUR OSCILLOSCOPE	
ESSAIS A LA MER	23
EXPLOITATION DU SONDEUR A MULTI-FAISCEAUX SEA-BEAM	27
SPECIFICATIONS	28

## RESUME

Le rapport scientifique et technique n° 37 du Centre Océanologique de Bretagne présente le sondeur à multi-faisceaux étroits SEA-BEAM, qui a été installé sur le navire océanographique JEAN CHARCOT au printemps 1977. Sans entrer dans les détails, il décrit les caractéristiques principales du système, ses performances et ses possibilités. Le système est construit par la firme General Instrument Corporation à Westwood, Massachusetts.

## ABSTRACT

*Scientific and technical report n°37 from Centre Océanologique de Bretagne is devoted to the Sea-Beam, a multi-beam echo-sounder installed on the R.V. JEAN CHARCOT in the spring of 1977. It describes, in general terms, the main characteristics as well as an evaluation of the performance and potentiel of the system. The Sea-Beam is manufactured by General Instrument Corporation, Westwood, Massachusetts.*

## INTRODUCTION

L'apparition sur le marché de sondeurs à *multi-faisceaux* étroits va entraîner dans le domaine de la cartographie marine une modification assez radicale des méthodes de travail.

Ces sondeurs, en effet, contrairement aux sondeurs classiques qui ne fournissent qu'une ligne de sonde, permettent de cartographier en un seul passage du navire, un couloir dont la longueur représente les 3/4 de la profondeur (4500 m. pour des fonds de 6000 m.). L'obtention en temps réel des contours bathymétriques de ce couloir permet à l'utilisateur de visualiser en temps réel les pentes et les orientations des structures "survolées". Il permet aussi une économie considérable de temps de navire nécessaire pour effectuer un relevé bathymétrique.

Le C.N.E.X.O. conscient des avantages importants qu'un tel système procurerait aux utilisateurs du JEAN CHARCOT, en a décidé l'acquisition en 1976. Le JEAN CHARCOT, est ainsi depuis le mois de mai 1977, le premier navire océanographique au monde équipé d'un sondeur à multi-faisceaux, le SEA-BEAM.

Le sondeur à multi-faisceaux SEA-BEAM comprend 16 faisceaux étroits ( $2^{\circ}2/3$  d'ouverture chacun), qui sont exploités en temps réel sur un mini-calculateur grâce à un logiciel très élaboré. Les données bathymétriques sont contourées en temps réel et les contours bathymétriques défilent sur un traceur digital dont le déroulement est lié à la vitesse du navire. Les données bathymétriques sont également enregistrées sur bandes magnétiques pour traitement ultérieur.

Les premiers essais à la mer, réalisés en mai et juin 1977 ont montré que le système répondait parfaitement à ce que l'on pouvait en attendre.

La présente notice décrit les caractéristiques principales du sondeur à multi-faisceaux SEA-BEAM.

*Multi-beam echosounders represent a major technological break-through which will radically change the field of marine cartography.*

*These echo-sounders acquire data over a swath of the sea-floor over which the ship is sailing. In water depths of 4000 meters, the width of the covered area is over 3000 meters. A real-time bathymetric contour plot is produced and gives the user an immediate indication of slopes and trends of the sea-floor morphology. Ship time needed for a given survey is reduced by a factor 10 or more.*

*CNEXO scientists aware of the leading edge that such a system would provide have recommended the installation aboard the N/O JEAN CHARCOT ; since march 1977 that ship is the first oceanographic vessel equipped with a multi-beam echo-sounder built by GIC, General Instrument Corporation, and sold under the name of SEA-BEAM.*

*The Sea-Beam consists of 16 narrow beams ( $2^{\circ}2/3$  aperture), which after roll stabilisation are processed in real-time by a mini-computer. Contour charts are traced in real time on a digital plotter at a scale chosen by the operator and kept constant by integration of ship's speed, all data from the 16 beams are stored on magnetic tape for later processing. Playback software is under development for merging bathymetry and navigation, and for plotting bathymetric charts in geographic coordinates.*

*First sea trials, conducted in may and june 1977 have confirmed the validity and the great potential of the multi-beam echo sounder.*

*The present note gives the main technical characteristics of the SEA-BEAM.*

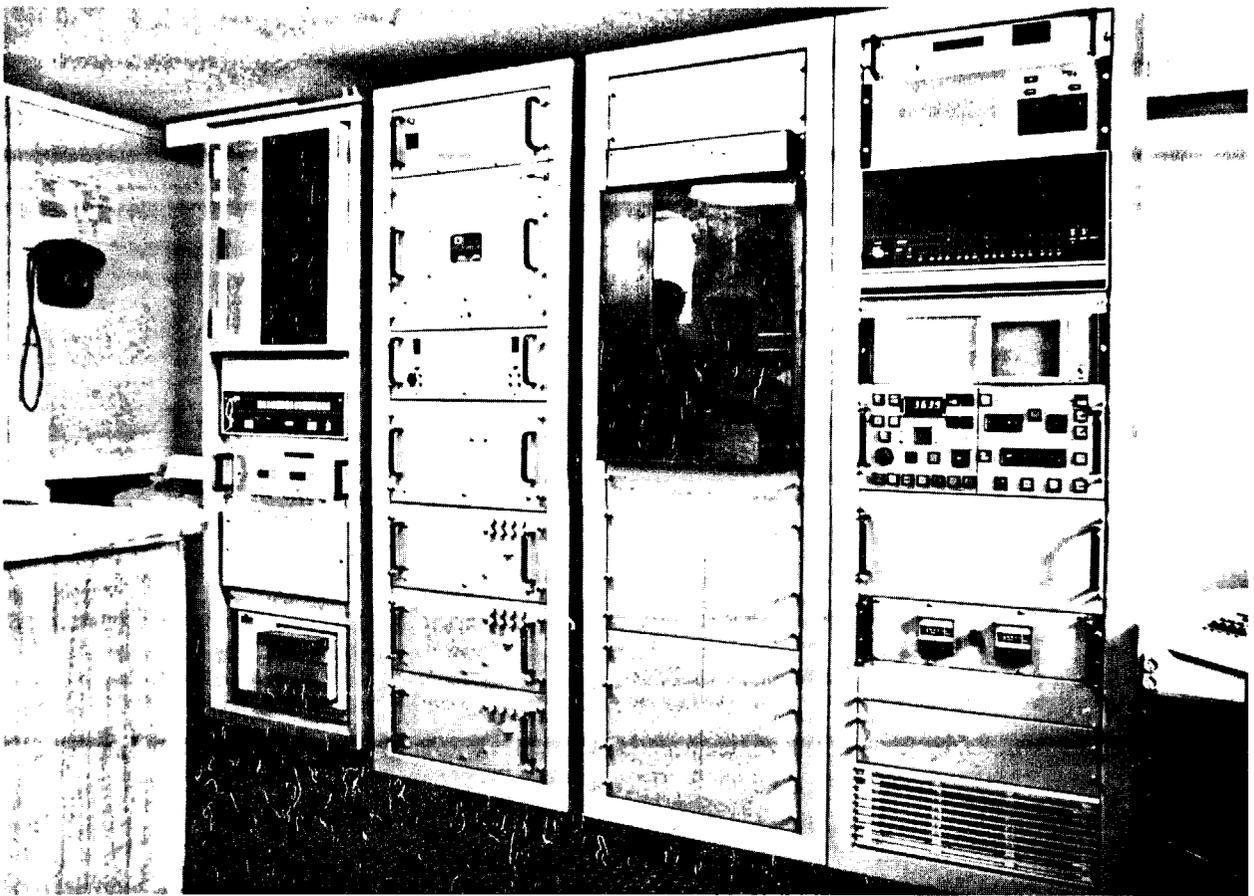


Figure 1 : Local SEA-BEAM sur le JEAN CHARCOT. Les trois baies de droite contiennent l'électronique du sondeur à multi-faisceaux SEA-BEAM. La baie de gauche est une centrale d'acquisition de données géophysiques.

*SEA-BEAM control room aboard R.V. JEAN CHARCOT. The rack on the left is a geophysical data acquisition system, the other racks contain the Sea-Beam electronics.*

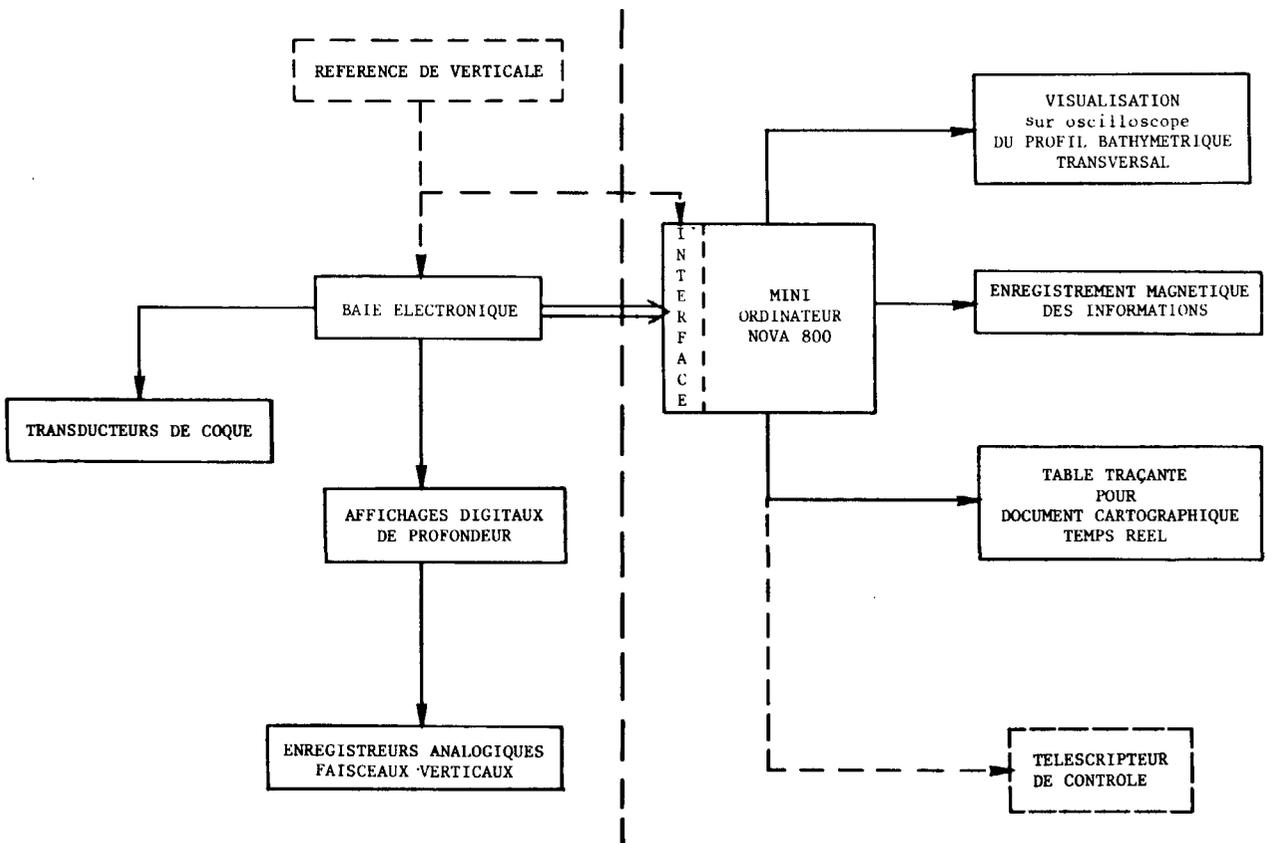


Figure 2 : Schéma général d'interconnexion du sondeur à multi-faisceaux SEA-BEAM et de ses périphériques.

*General lay-out of SEA-BEAM and peripheral equipment.*

## FONCTIONNEMENT GENERAL ET DOCUMENTS OBTENUS

### 1.- GENERALITES

Le sondeur à multi-faisceaux SEA-BEAM résulte de l'évolution et de l'intégration de deux équipements différents :

- le sondeur à faisceau étroit NBES 853 (NARROW BEAM ECHO SONAR) installé sur une dizaine de navires du Service Hydrographique américain et de la NOAA qui sert essentiellement à l'obtention de la bathymétrie verticale,

- le sondeur SAS à très grand nombre de faisceaux réalisé exclusivement à des fins militaires, qui a permis à GIC de maîtriser les difficultés liées à l'obtention des mesures quantitatives sur les faisceaux verticaux et obliques.

Le sondeur à multi-faisceaux SEA-BEAM comprend deux parties essentielles qui dérivent de ces deux systèmes :

- le sondeur NARROW BEAM ECHO SONAR (NBES) 853-E permettant d'obtenir des informations quantifiables sur 16 faisceaux acoustiques,

- l'Echo Processeur 875, dont l'élément essentiel est un mini-ordinateur qui exploite les données des 16 faisceaux acoustiques.

La figure 1 est une photographie de l'installation sur le navire.

La figure 2 montre la structure sommaire de l'équipement et les périphériques de sortie.

### 2.- NBES 853 E - FONCTIONNEMENT -

. Le sondeur NBES assure les fonctions suivantes :

- l'excitation des transducteurs de puissance,
- l'amplification des signaux relevés sur les transducteurs de réception et formation des 16 faisceaux,
- la digitalisation câblée du faisceau vertical,
- la mise en forme des signaux destinés à l'Echo Processor 875 et à l'enregistreur analogique.

. Le NBES a 2 modes principaux de fonctionnement :

- AUTONOME (GROUP PING ou PERIODIC) : l'Echo Processor est totalement déconnecté et le NBES peut être utilisé comme un sondeur à faisceau étroit classique : ce fonctionnement autorise notamment une récurrence d'émission élevée quelle que soit la profondeur par programmation de l'enregistreur,

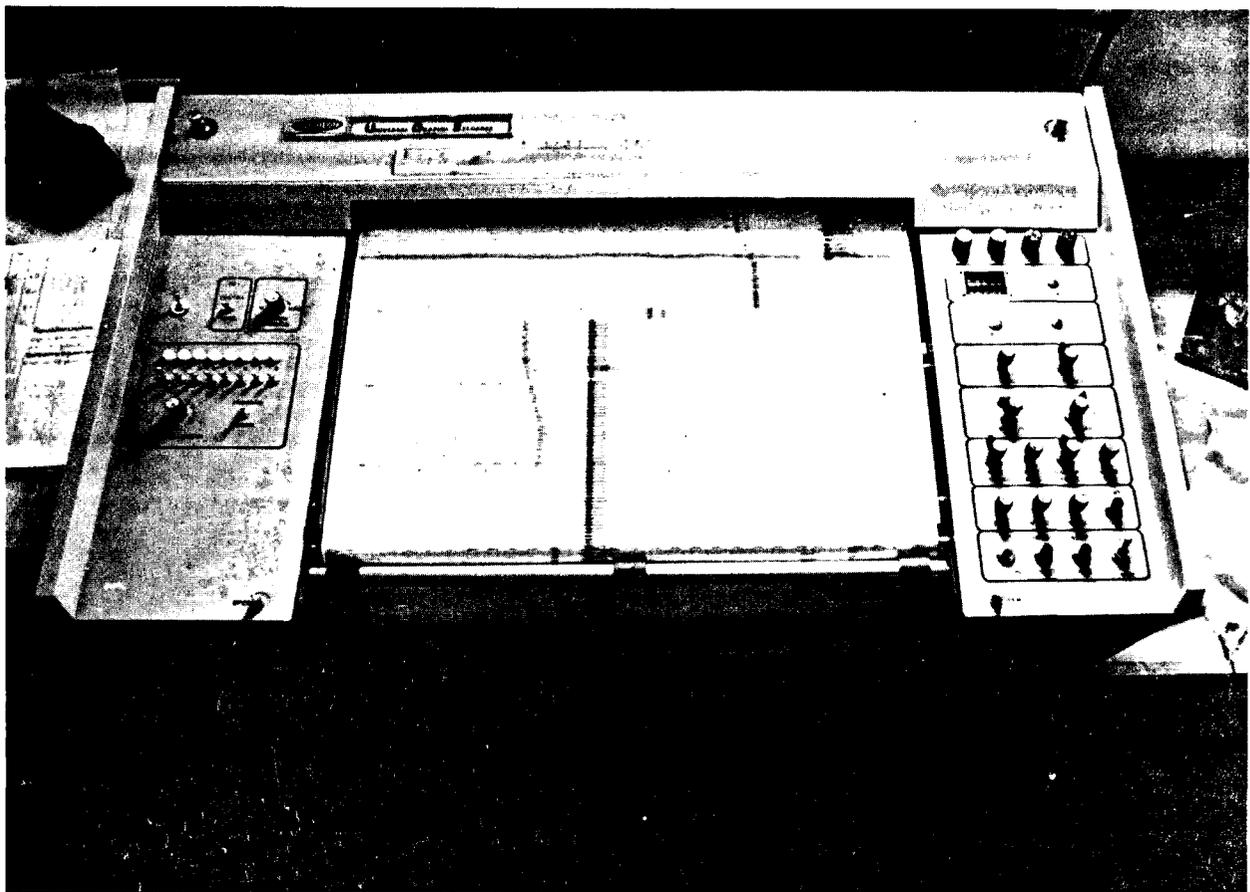
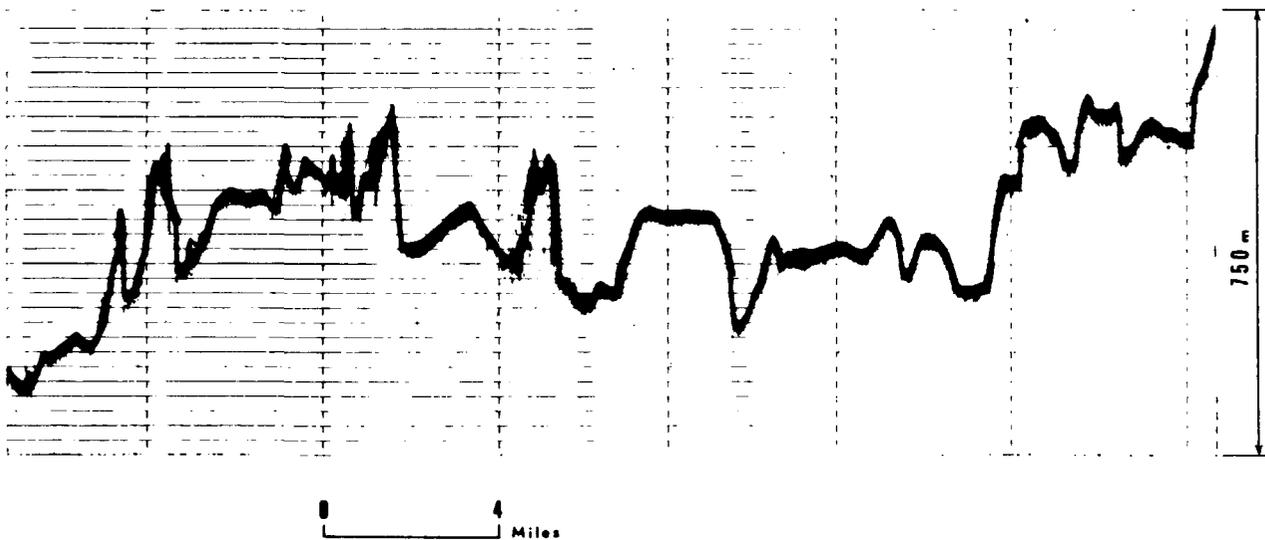


Figure 3a : Enregistreur UGR pour sortie analogique graphique.

*UGR recorder for display of analog beam output.*



SEA BEAM UGR.

Figure 3b : Exemple d'enregistrement analogique du faisceau vertical.

*Example of vertical beam analog record.*

- SOUS CONTROLE de l'ECHO PROCESSOR, l'ensemble (NBES compris) est piloté par le mini-ordinateur : le rôle du NBES reste identique, mais la récurrence de l'émission est plus faible, il dépend de la profondeur et des temps de traitement des informations.

. La figure 3 B est une réduction d'un enregistrement analogique d'un faisceau vertical obtenu sur l'appareil UGR, (figure 3A). La largeur est variable selon le choix de l'utilisateur, par incréments de 750 mètres. La profondeur est déterminée grâce aux lignes d'échelle. Les faisceaux obliques peuvent également être enregistrés analogiquement, mais la conversion en profondeur et distance transverse est laborieuse. Deux enregistreurs analogiques ont été installés sur le navire : l'un dans la salle SEA-BEAM (figure 1), l'autre au laboratoire scientifique.

. La profondeur verticale digitalisée et affichée sur tubes lumineux, est fournie par le NBES. L'incrément est de 1 mètre.

Cette information est délivrée sur la face Avant du panneau de contrôle dans la salle SEA-BEAM, et recopiée dans le laboratoire scientifique.

. La figure 4 est une photographie du panneau de contrôle du sondeur à multi-faisceaux SEA-BEAM. Seule la partie gauche concerne le NBES.

On distingue notamment :

- le contrôle de l'émission et de la longueur d'impulsion,
- le contrôle du mode de fonctionnement,
- le contrôle de la profondeur,
- le contrôle de l'enregistrement graphique.

### 3.- FONCTIONNEMENT DE L'ECHO PROCESSOR 875

. L'Echo Processor assure les fonctions suivantes :

- le traitement numérique des informations, et la détermination des profondeurs,
- le contrôle de l'enregistrement digital des informations sur bande magnétique,
- la supervision de la table traçante,
- l'inscription sur oscilloscope du profil transversal au navire.

En mode 1, la fonction est très limitée. Il n'apparaît sur l'oscilloscope qu'une image, non traitée, des 16 faisceaux. Ce mode est utilisé au départ d'un relevé, pour permettre un positionnement de divers paramètres d'initialisation, et pour vérifier certains autres paramètres acoustiques (bruit, signal réverbéré...).

Les modes 2 et 3 sont ceux d'un relevé normal. Ils diffèrent entre eux par le contrôle des portes de réception, manuel (mode 2) ou automatique (mode 3).

. La partie droite de la figure 4 montre les contrôles de l'ECHO PROCESSOR :

- la partie supérieure (DISPLAY CONTROLS) concerne la visualisation du profil transversal sur oscilloscope,

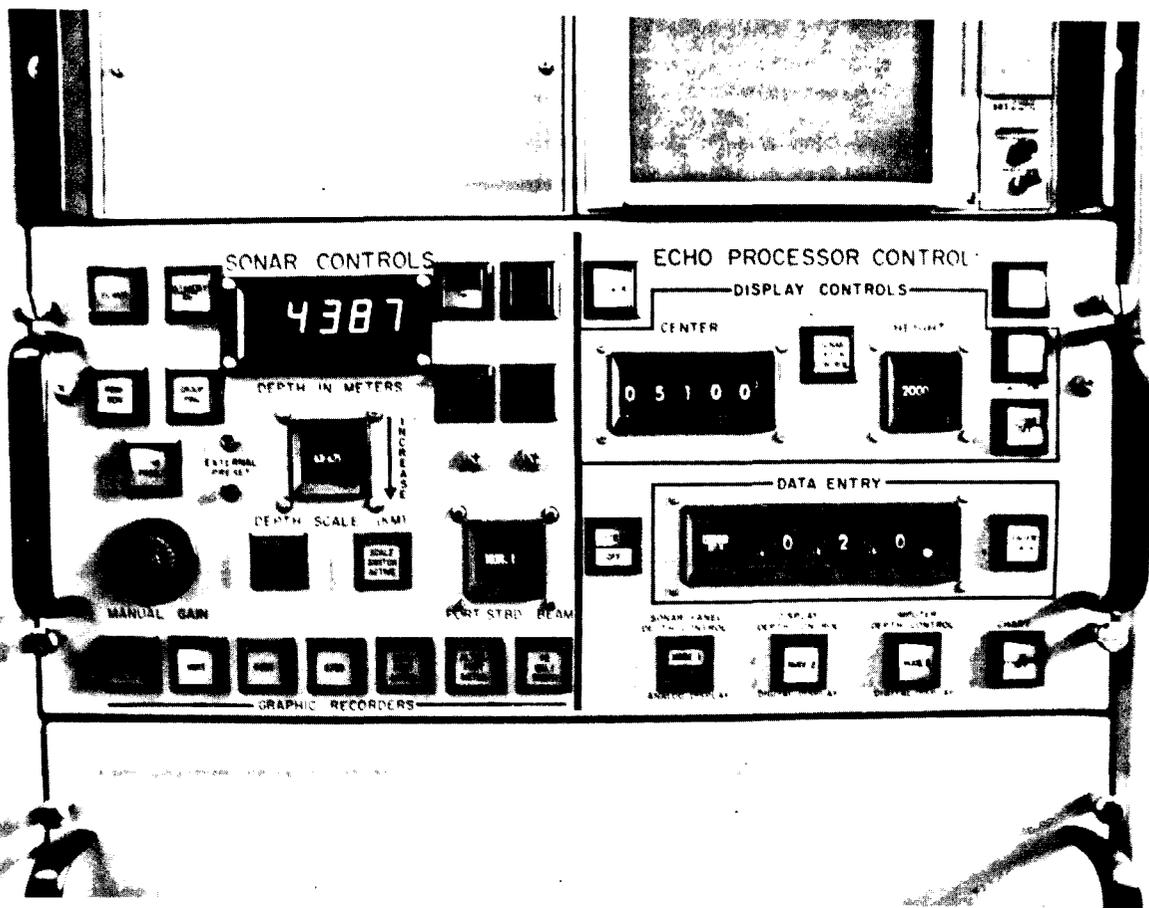


Figure 4 : Panneau de contrôle du NBES à gauche, et de l'echo processor à droite.

*Control panel for the NBES on the left and for the echo processor on the right.*

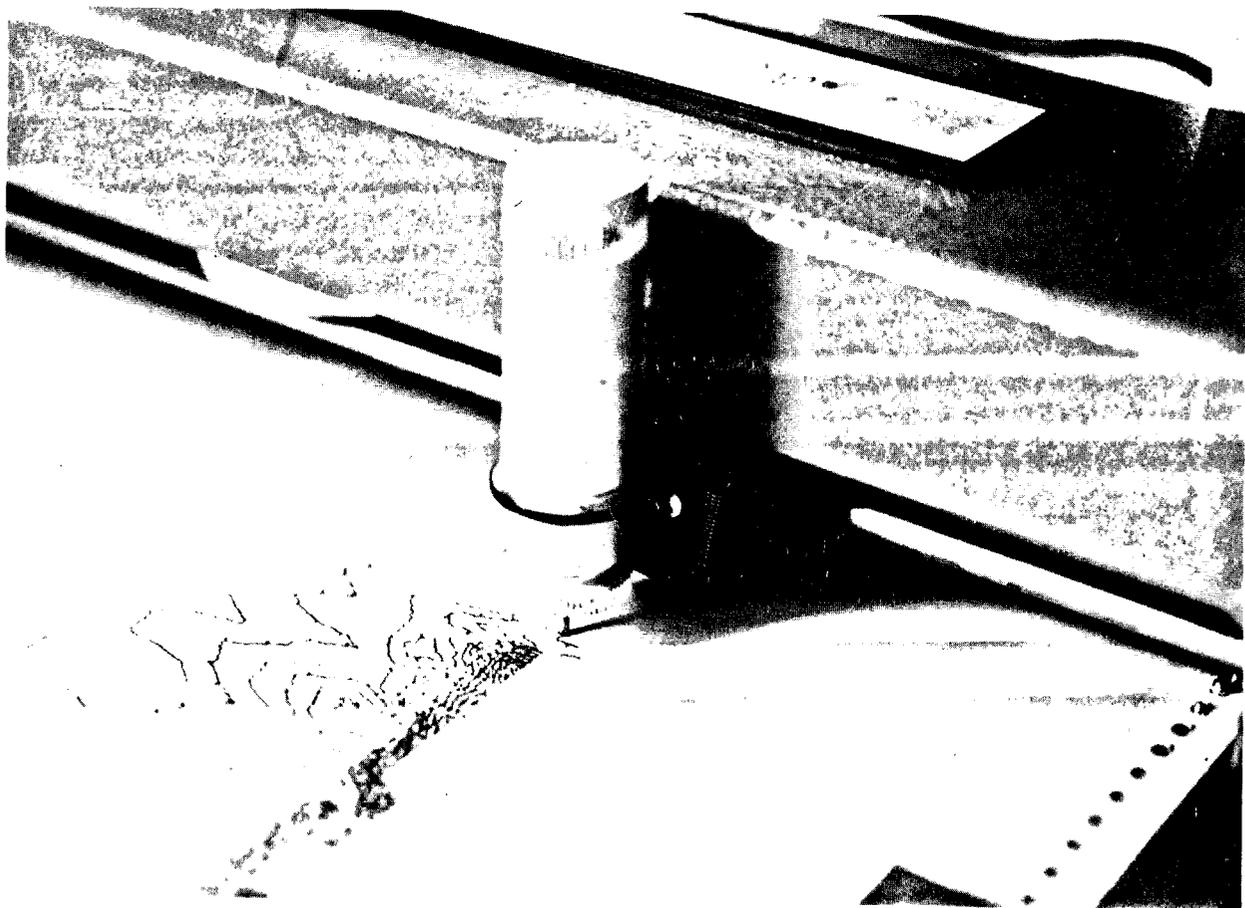


Figure 5a : Traceur de courbes pour sortie des isobathes en temps réel.

*Digital plotter for real time isobath tracing.*

- la partie médiane (DATA ENTRY) permet l'entrée de divers paramètres :  
(cap initial du navire, vitesse du navire, échelle de la carte...).

. Sur l'oscilloscope apparaît la coupe bathymétrique du fond, transversale au navire. L'échelle de visualisation est réglable dans les 2 axes, ainsi que le centre de l'écran. La coupe est "mémorisée" après chaque interrogation.

- . L'enregistrement magnétique acquiert deux types d'informations :

- étiquette pour caractériser un profil :

- . numéro de mission,
- . numéro de profil,
- . jour du relevé,
- . commentaires...

- données obtenues à chaque interrogation :

- . heure,
- . cap du navire,
- . 16 profondeurs,
- . 16 distances transversales correspondant aux profondeurs précédentes.

. Le traceur de courbe, figure 5 A, délivre un document identique à l'exemple de la figure 5 B :

- la bathymétrie du couloir acoustiquement éclairé, apparaît sous forme de lignes de contour à intervalle et à échelle préalablement fixés,
- le sens des pentes est indiqué par de petits traits bordant une ligne de contour sur deux et situés du côté descendant,
- la cote d'une ligne de contour qui franchit l'axe central est indiquée au bas du document et repérée par un petit trait perpendiculaire à l'axe central,
- les informations de temps et de cap du navire apparaissent dans la partie supérieure, et correspondent à un grand trait perpendiculaire à l'axe central.

. Un téléscripteur, périphérique du calculateur, sert à rentrer divers paramètres d'initialisation (jour, mission, commentaires, vitesse du son...) et à surveiller diverses parties de l'ensemble en relevé.

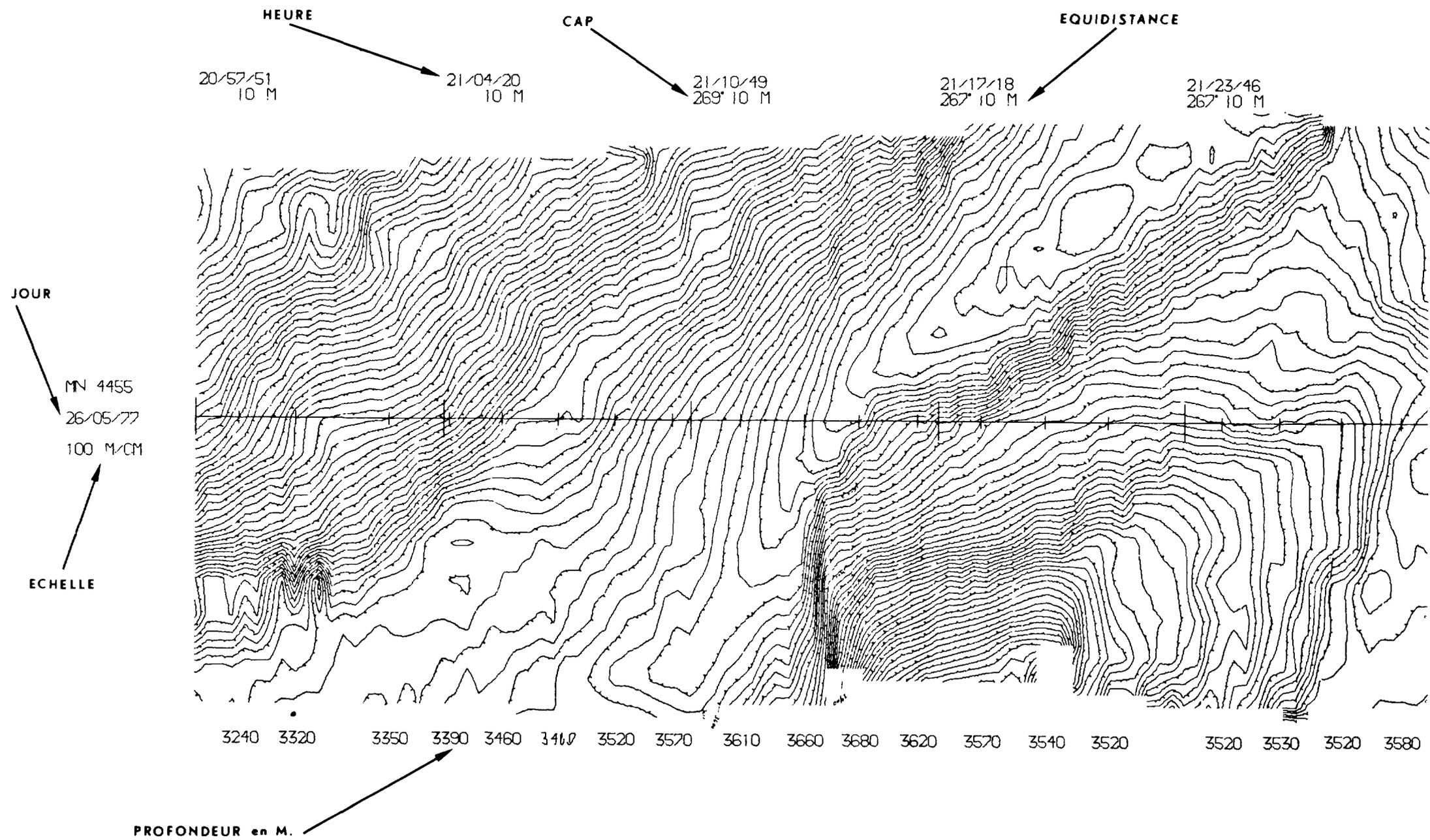


Figure 5b : Exemple de lignes de contour tracées en temps réel.

*Example of plotter output.*

## DESCRIPTION TECHNIQUE DE LA PARTIE HARDWARE

### 1.- PRINCIPE DE CREATION DES FAISCEAUX

Sous la coque du navire sont installés 2 groupes de transducteurs :

- projecteurs servant à l'émission,
- hydrophones servant à la réception.

#### 1.1.- LES PROJECTEURS

La figure 6 est une photographie des projecteurs.

Dans chaque bloc sont contenus 4 éléments magnétostrictifs montés en parallèle. L'ensemble actif d'émission est constitué de 20 blocs identiques placés dans un dôme caréné de 6 mètres de long fixé longitudinalement sur la quille du navire. Chaque bloc est excité séparément par l'électronique : le contrôle de la puissance et de la phase de la fréquence d'émission (12.158 Hz) permet de créer un diagramme d'émission qui apparaît sur la figure 7A. La zone "éclairée" sur le fond en émission est un rectangle dont la longueur est de 60 degrés et la largeur de  $2 \frac{2}{3}$  degrés. Le plan de l'émission, perpendiculaire au plan vertical passant par l'axe longitudinal du navire, est stabilisé et demeure vertical quelque soit le tangage (jusqu'à  $10^\circ$ ).

#### 1.2.- LES HYDROPHONES

La figure 8 est une photographie des hydrophones.

L'hydrophone se présente comme un barreau d'éléments piezzo-électriques et de masselottes d'adaptation, recouvert d'une gaine caoutchoutée. 40 hydrophones constituant l'ensemble actif de réception sont placés dans un dôme caréné de 4 mètres de long transversalement à la quille du navire. Les signaux apparaissant sur chaque hydrophone sont envoyés à une armoire électronique, amplifiés et sommés vectoriellement dans une matrice à résistances pour obtenir les 16 faisceaux.

La figure 7 B donne une représentation des 16 faisceaux obtenus.

Sur le fond, ces faisceaux déterminent 16 surfaces dont la largeur de chacune est de  $2 \frac{2}{3}$  degrés et la longueur 20 degrés. Les faisceaux sont arrangés de telle manière qu'ils couvrent une tranche de  $42^\circ \frac{2}{3}$  de babord à tribord. Cet ensemble physique n'est pas stabilisé mais "roule et tangue" avec le navire.

#### 1.3.- COMPOSITION HYDROPHONES - PROJECTEURS

La figure 7 C donne la composition Emission - Réception.

L'énergie acoustique reçue provient en définitive de 16 "carrés" dont le côté ( $2^\circ \frac{2}{3}$ ) est définie par le diagramme d'émission et de réception et par la profondeur. Ces 16 "carrés" sont centrés dans le plan vertical du navire (grâce à la stabilisation de l'émission) mais leur position transversale au navire est variable selon le roulis : une stabilisation Hardware ou Software est donc nécessaire et est incluse dans le NBES et l'Echo Processor.

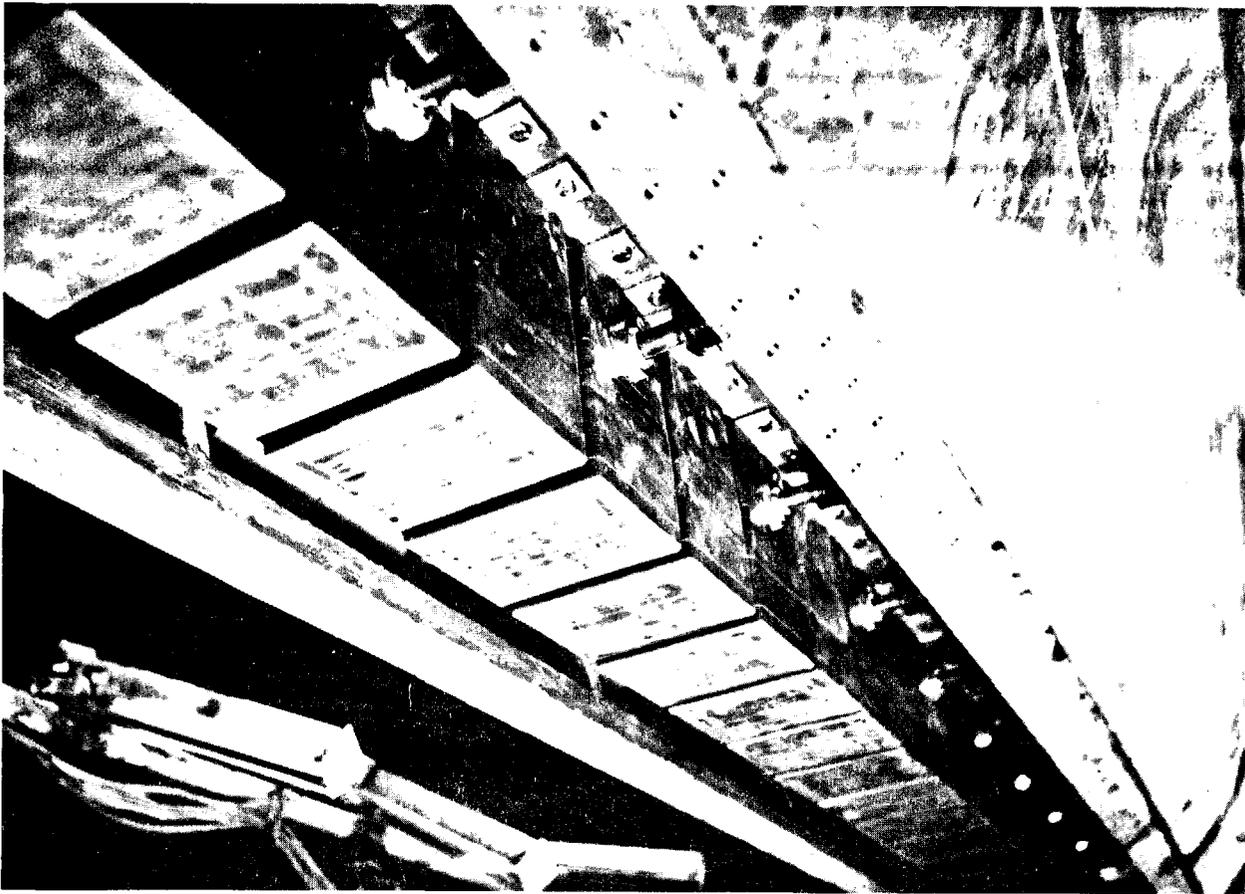


Figure 6 : Photographie des projecteurs avant carénage.

*SEA-BEAM projectors during installation.*

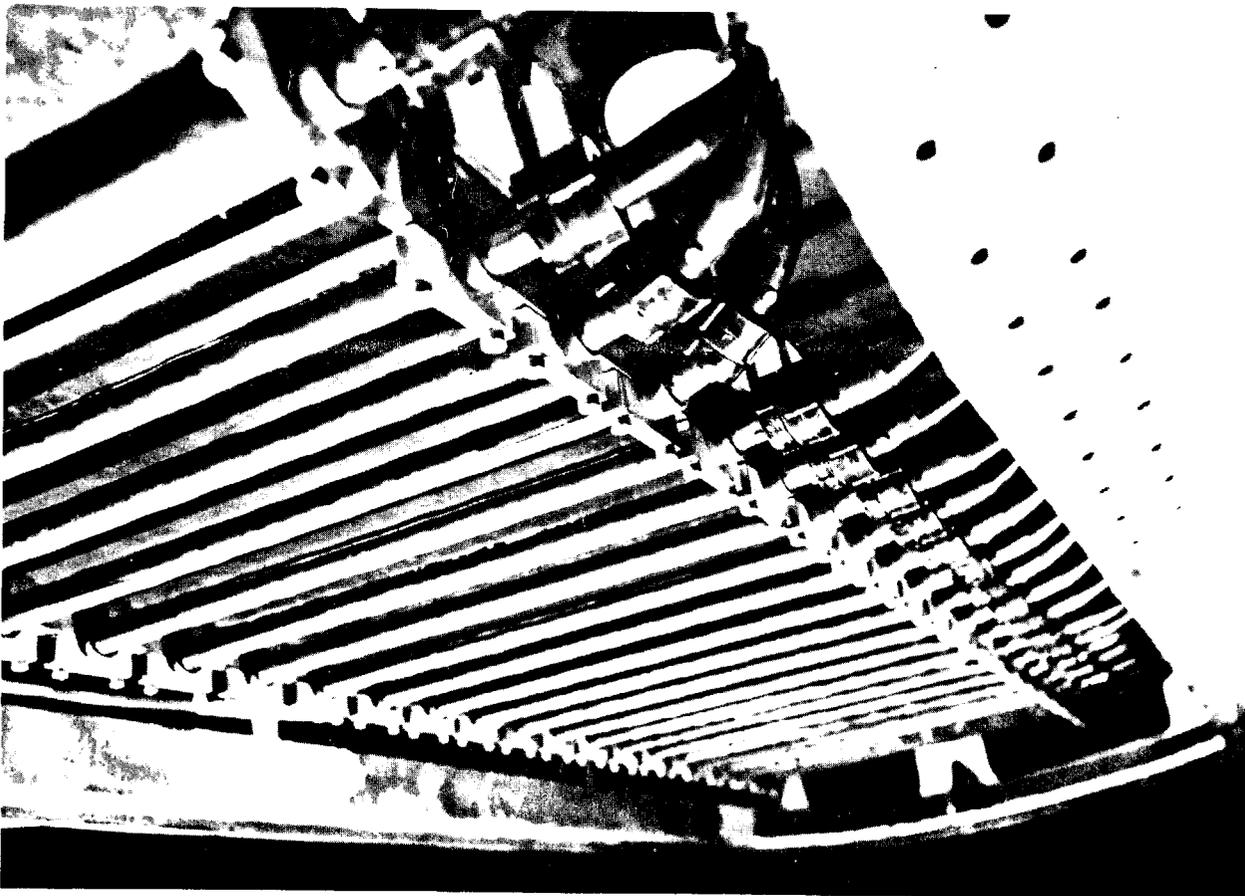


Figure 8 : Photographie des hydrophones avant carénage.

*Sea-Beam hydrophones during installation.*

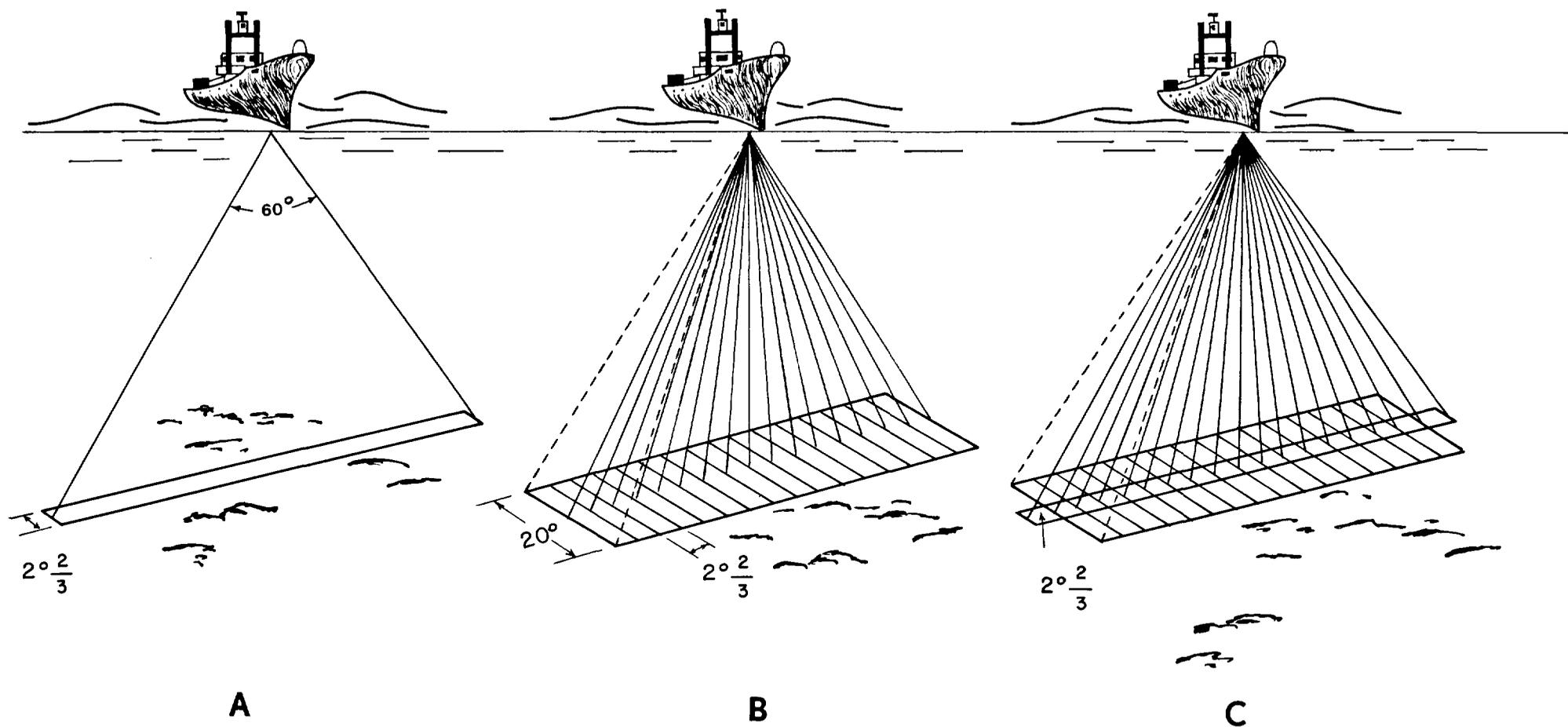


Figure 7 : Diagramme d'émission (A), de réception (B) et leur composition (C).

*Transmitter (A), receiver (B) beam geometry and combination (C).*

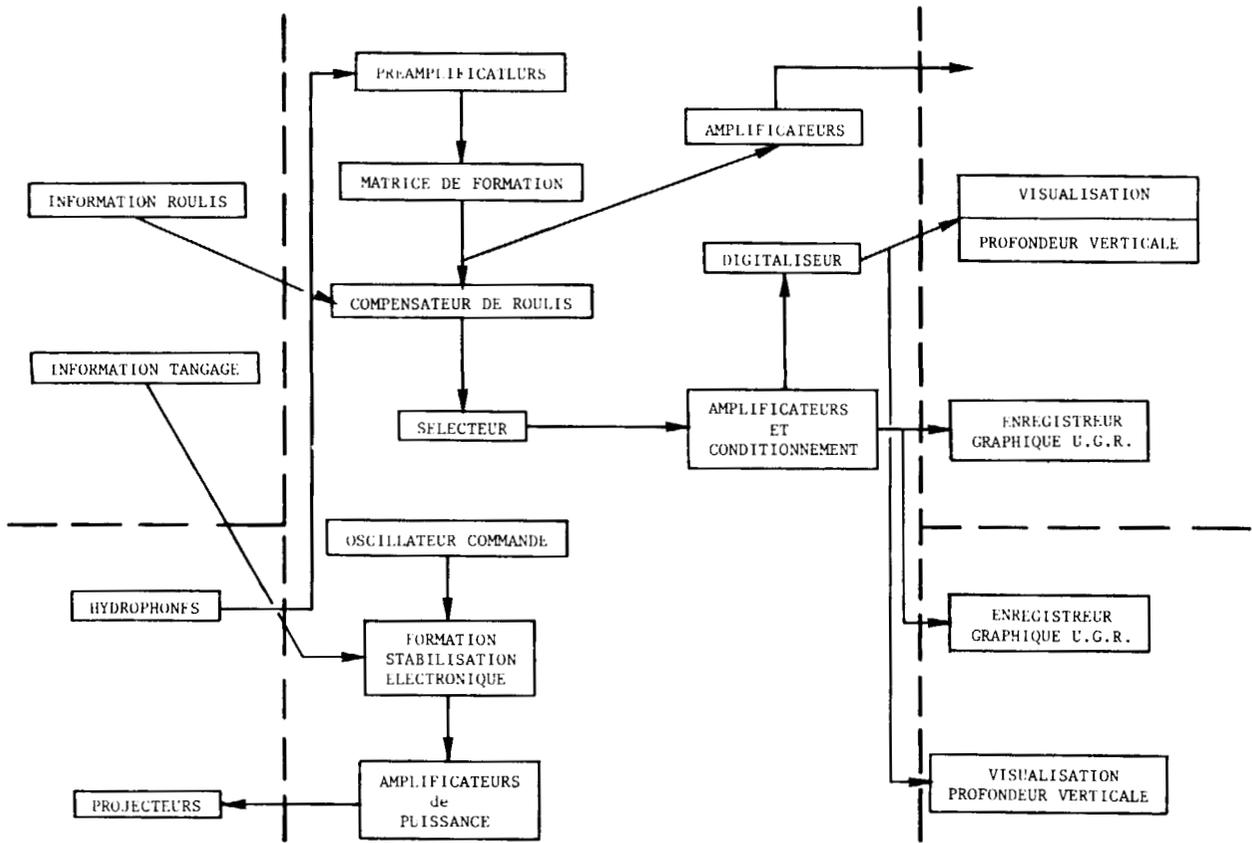


Figure 9 : Schéma du hardware du NBES (sondeur à pinceau étroit).

*NBES (narrow beam echo sounder) hardware schematics.*

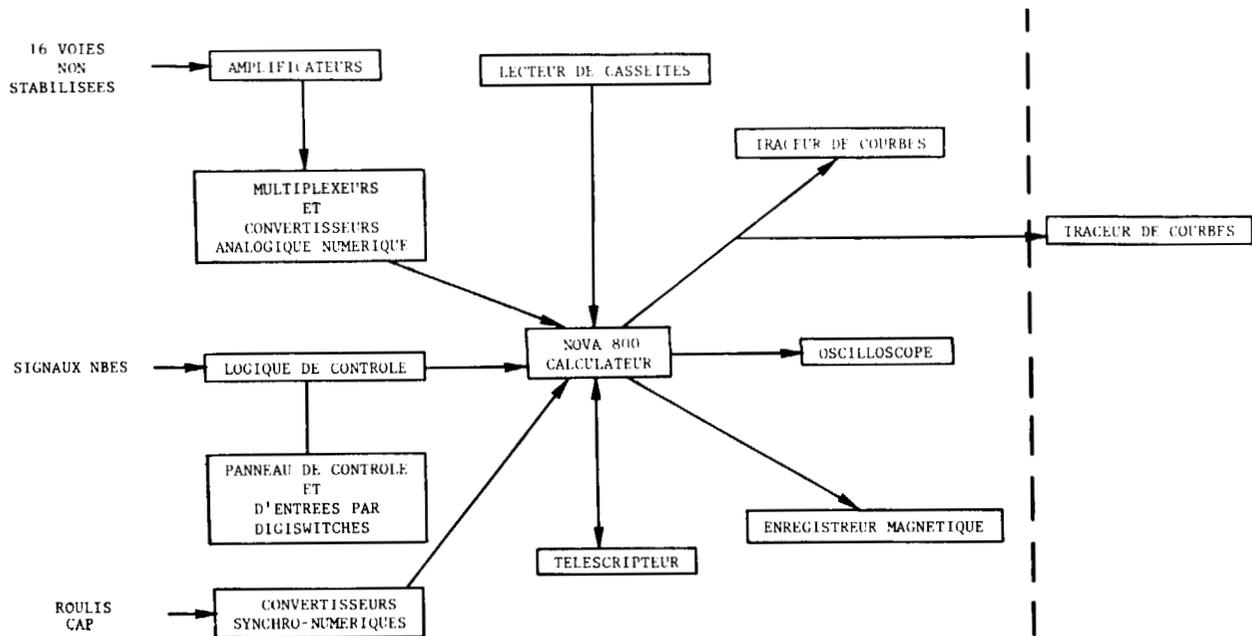


Figure 10 : Schéma du hardware du processeur d'échos.

*Echo-Processor hardware schematics.*

## 2.- HARDWARE

### 2.1.- HARDWARE NBES

La figure 9 est un schéma simplifié du Hardware du NBES. Seules les principales fonctions y sont représentées en omettant les divers circuits de contrôle.

En émission, on distingue :

- l'oscilleur délivrant, à des récurrences bien précises, des impulsions de 1 à 7 ms à la fréquence de 12.158 Hz,
- un réseau de résolveurs créant 20 sorties dont la phase dépend de l'angle de tangage. Il crée le diagramme d'émission, stabilisé, composé par les 20 projecteurs d'émission,
- les amplificateurs de puissance servant à l'excitation des projecteurs : une pondération de chacun d'entre eux permet un diagramme de rayonnement avec de faibles lobes secondaires.

En réception, les signaux des 40 hydrophones, après préamplification, attaquent la matrice de formation des 16 voies de sortie qui correspondent aux 16 faisceaux non stabilisés de la figure 7. L'Echo Processor exploite ces informations (§ 2.2).

Le NBES peut cependant être utilisé séparément. A cet effet, les 16 voies sont stabilisées par un dispositif capacitif lié à l'information roulis : il en ressort une voie verticale et 14 voies obliques stabilisées (7 tribord et 7 babord).

Après sélection et amplification de 3 voies (verticale, 1 oblique babord et 1 oblique tribord), deux enregistreurs permettent l'obtention des profils du faisceau vertical ou oblique.

Enfin, un digitaliseur numérique permet de visualiser la profondeur verticale aux locaux scientifiques et SEA-BEAM.

### 2.2.- HARDWARE ECHO PROCESSOR - *Figure 10* -

Le calculateur NOVA 800 (32 K de mémoires) est le coeur de l'ECHO PROCESSOR. Les informations acoustiques venant du NBES sont amplifiées, multiplexées puis digitalisées pour accès au calculateur. Il reçoit également les informations de roulis et de cap via un convertisseur. Enfin, des signaux de contrôle venant du NBES (surveillance des différentes parties) ou d'un panneau en face avant cheminent via un interface logique vers l'ordinateur. Un lecteur de cassettes sert à l'entrée des programmes calculateur.

Les données acquises et traitées sortent sur 2 traceurs de courbes, 1 oscilloscope, 1 enregistreur magnétique (§ Chapitre 1).

## 3.- SOFTWARE

La figure 11 est un schéma simplifié du SOFTWARE de traitement en fonctionnement normal (mode 2 ou 3).

Le cheminement est le suivant :

### 3.1.- CONVERSION

Les informations acoustiques des 16 voies sont numérisées à la récurrence de 3.3. millisecondes, les écarts d'amplitude entre voies sont corrigés par un sous-programme d'égalisation qui a en mémoire la courbe exacte des gains de chaque voie en fonction du temps.

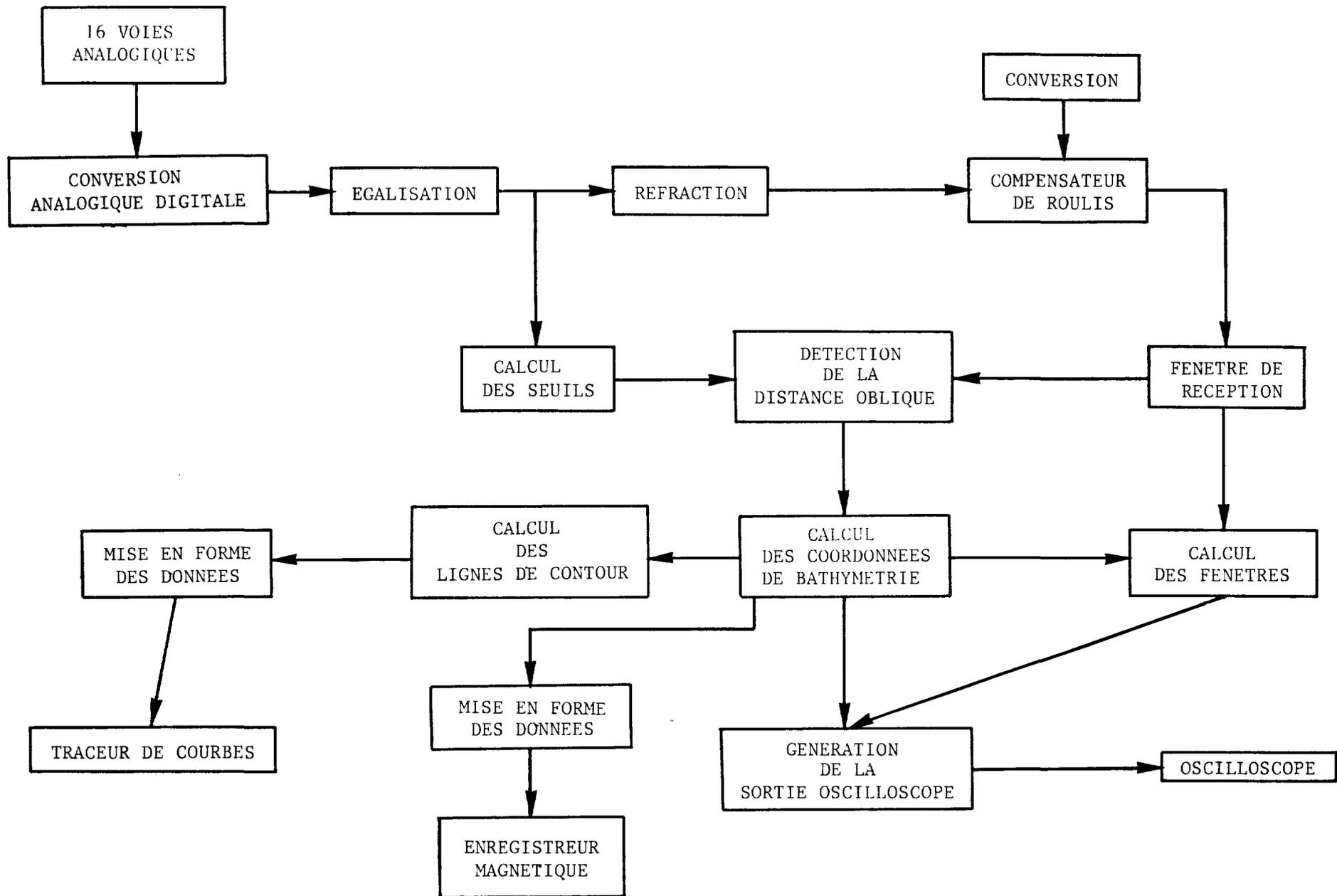


Figure 11 : Schéma du logiciel SEA-BEAM

*Sea-Beam software schematics.*

### 3.2.- REFRACTION

La matrice de formation des 16 voies est calculée pour une vitesse du son de 1487 m/s.

Les directions des faisceaux créés par la matrice sont modifiées par un double effet de réfraction. L'effet de cette réfraction est corrigé par le logiciel à partir des écarts entre les vitesses de référence et de surface, entre la vitesse de surface et la vitesse moyenne de la tranche d'eau surface-fond et à partir du roulis.

### 3.3. COMPENSATEUR DE ROULIS - *Figure 12* -

31 directions sont définies par SOFTWARE, espacées de 2 2/3 degrés : la verticale, 15 angles babord et 15 tribord. Ce sont les directions de sortie.

L'entrée du compensateur reçoit 16 voies ayant chacune :

. une direction variable calculée en fonction de sa position par rapport aux axes du navire, du roulis et de la réfraction.

. une valeur digitalisée du signal acoustique. La partie A du schéma indique la configuration. La partie B, loupe du schéma A, montre par exemple que la voie de sortie 8 tribord est "encadrée" par les 2 voies d'entrée 4 tribord et 5 tribord, ayant chacune un certain niveau acoustique (E 4 T et E 5 T). Le signal de sortie (S 8 T) sera donc une interpolation linéaire entre ces 2 voies :

$$S_{8T} = E_{4T} \left(1 - \frac{\Delta\theta}{\theta}\right) + E_{5T} \frac{\Delta\theta}{\theta}$$

En général, 15 voies de sortie sont créées par les 16 voies d'entrée. Cependant, le roulis fait constamment varier les voies sollicitées : la couverture augmente donc avec celui-ci.

### 3.4.- FENETRE DE RECEPTION

Différentes sources acoustiques parasites peuvent perturber le fonctionnement du sondeur à multi-faisceaux SEA-BEAM : double trajet, bruits divers, autres sondeurs... Il importe de les éliminer autant que possible. Les fenêtres de réception jouent ce rôle : elles sont ajustées soit manuellement, soit automatiquement pour "encadrer" au mieux l'instant probable de la réponse du fond.

Leur largeur, résultat d'un calcul en mode automatique (mode 3), dépend de divers facteurs :

- position du faisceau par rapport au navire,
- pente longitudinale,
- pente transversale,
- variance des mesures précédentes, ...

### 3.5.- CALCUL DES SEUILS

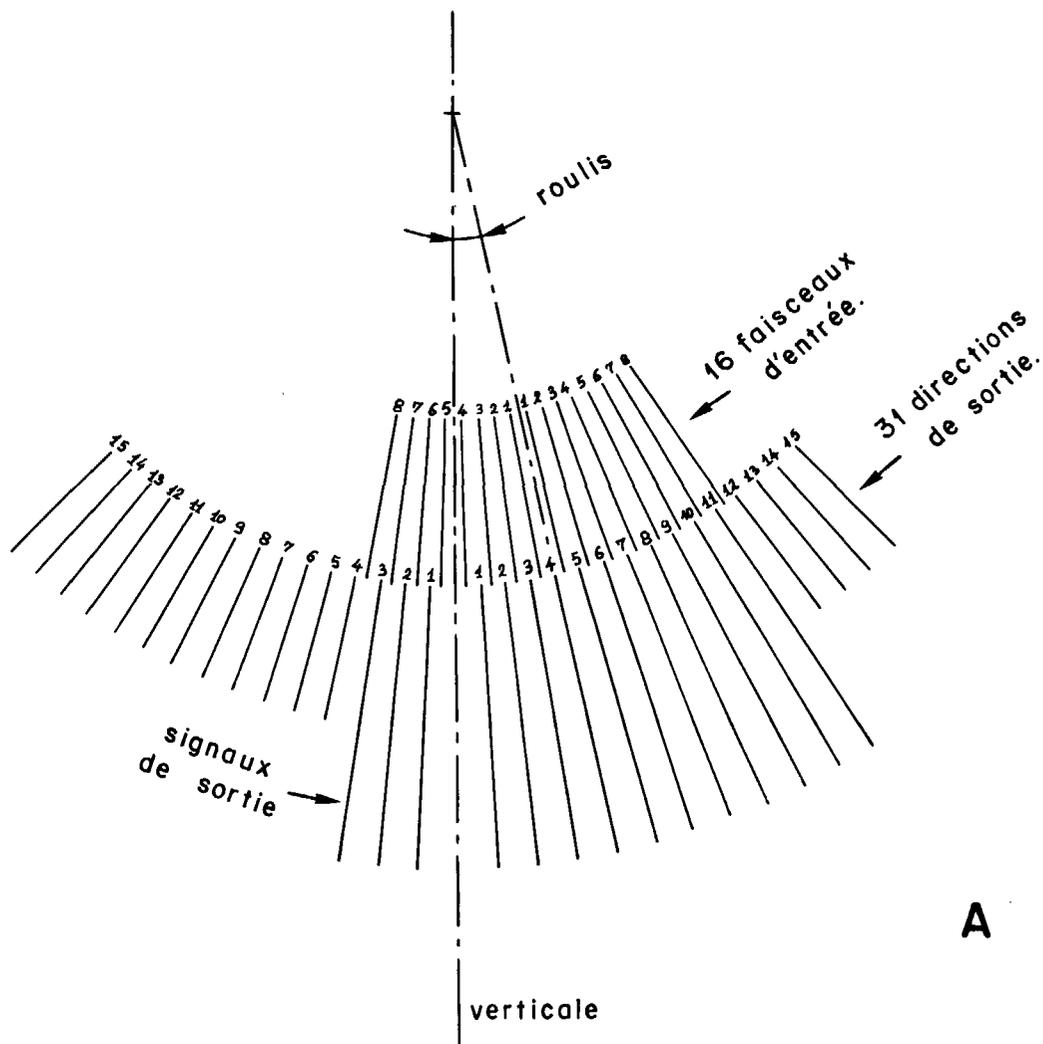
Les signaux reçus pour chaque voie ne sont validés que s'ils dépassent un certain seuil au-dessus du bruit (environ 5 fois).

Les algorithmes de détermination sont assez complexes car ils doivent prendre en compte 2 phénomènes :

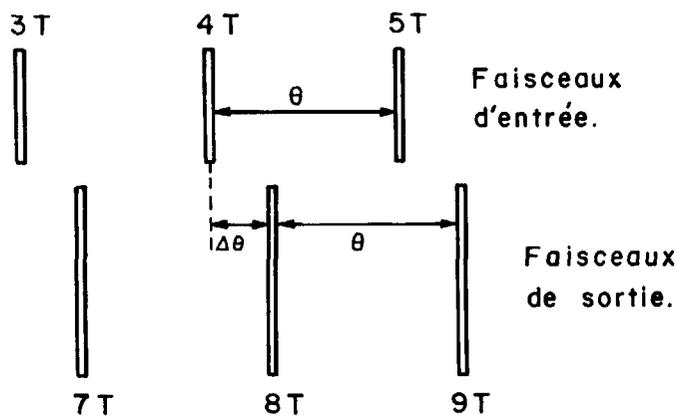
- le bruit ambiant sur chaque voie, très variable selon les conditions de mer, mouvement du navire, etc...

- l'altération due à la réflexion spéculaire : malgré un réseau de pondération pour atténuer les lobes secondaires, l'énergie importante de la réflexion spéculaire est perçue dans ces lobes en dehors de la direction visée.

Le SOFTWARE doit éliminer ces influences.



**A**



**B**

Figure 12 : Principe de fonctionnement du compensateur de roulis ; schéma général (A) et vue de détail (B).

*Roll compensation ; general scheme (A) and detail view (B).*

### 3.6.- DETECTION DE LA DISTANCE OBLIQUE

Pour chaque voie, l'énergie reçue est mesurée à l'intérieur de la fenêtre de réception. La distance oblique la plus probable est considérée comme celle correspondant au temps, pour lequel l'énergie est moitié de l'énergie totale.

### 3.7.- CALCUL DES COORDONNEES DE BATHYMETRIE

De la distance oblique du fond observée pour chaque faisceau et de l'angle correspondant se déduisent la profondeur et la position par rapport à l'axe longitudinal.

Ces paramètres servent aux sous-programmes qui gèrent tous les périphériques de sorties et les calculs de la position des fenêtres.

### 3.8.- CALCUL DES LIGNES DE CONTOUR

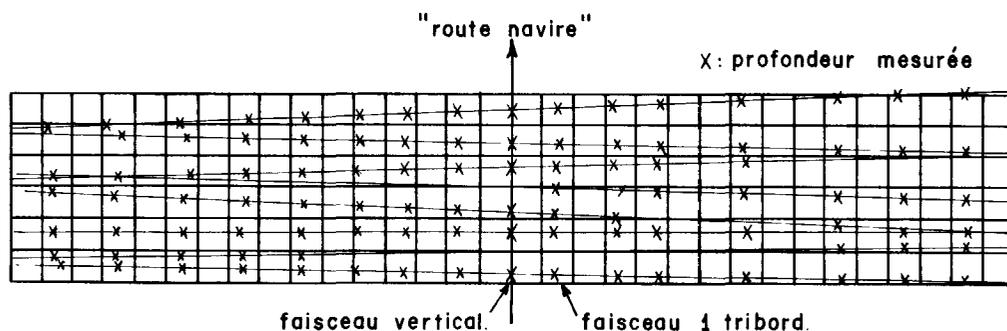
Les techniques informatiques habituelles du contourage exigent, en général, un gros ordinateur et des mémoires de masse. Les logiciels tentent d'égaliser l'intuition du cartographe qui élabore le tracé le plus vraisemblable à partir des minutes de sonde plus ou moins bien réparties sur la zone du relevé et à partir d'une navigation plus ou moins précise.

Dans le cas du sondeur à multi-faisceaux SEA-BEAM, le problème est cependant plus simple que pour le contourage bathymétrique classique pour 2 raisons :

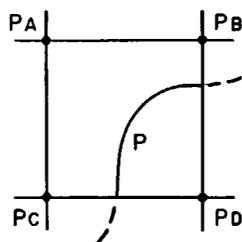
- l'information est extrêmement dense, (1 acquisition toutes les 6 secondes en moyenne).

- les problèmes dûs à l'imprécision de la navigation sont réduits vu le positionnement exact par rapport à l'axe du bateau des sondes obtenues.

Les 16 profondeurs obtenues à chaque interrogation permettent de calculer, par interpolation, la profondeur à chaque point d'une grille dont le pas est de 0,5 cm.



4 points de la grille définissent une courbe du second degré correspondant à une ligne de contour de profondeur déterminée : P.



Ce principe simple sert au tracé général des lignes isobathes. L'application logicielle constitue pourtant une partie longue et difficile (env. 50% du SOFT de l'ensemble) car le paramètre le plus critique est le temps (tracé, manipulation des données, calculs...).

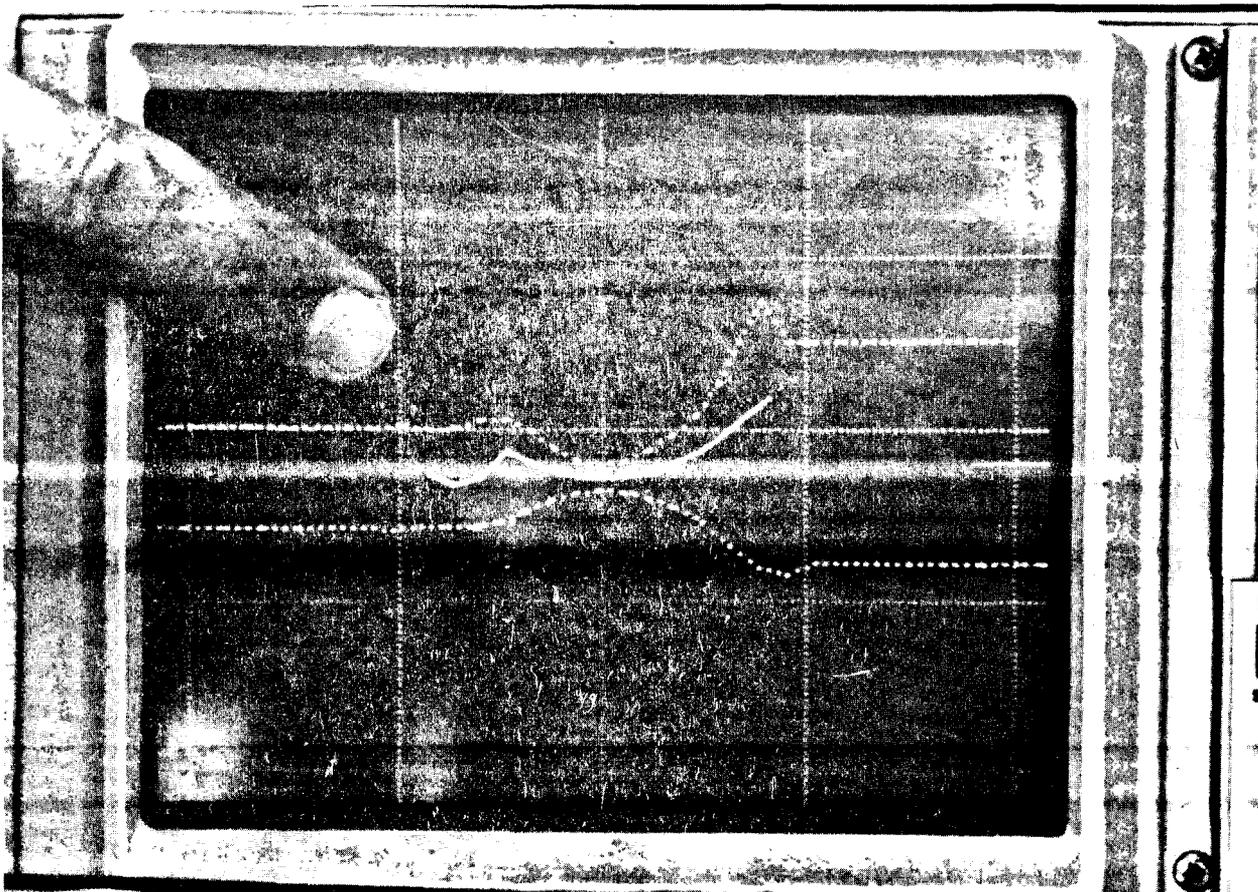
### 3.9. GENERATION DE LA SORTIE SUR OSCILLOSCOPE

Le logiciel contrôle, après chaque période de réception, l'oscilloscope à mémoire. Trois types d'informations apparaissent : (voir photo ci-dessous)

- une grille de repérage des profondeurs et des distances transversales.
- la visualisation des fenêtres de réception (§ 3.4).
- le profil transversal du fond.

A chaque cycle, les 15 ou 16 profondeurs associées à 15 ou 16 distances transversales à l'axe du navire définissent 15 ou 16 points sur l'écran. Une courbe brisée rejoint ces 16 points et constitue la section bathymétrique du fond.

L'échelle des distances transversales peut être choisie égale ou inférieure à celle des profondeurs. Dans le premier cas, les pentes visualisées sont identiques aux pentes réelles. Dans le second cas, elles apparaissent exagérées.



## ESSAIS A LA MER

Pour la réception du matériel, trois zones ont donné lieu à divers essais et mesures intensives :

- une zone très plate à 4.800 mètres de profondeur,
- une zone de pente entre 2.500 et 3.700 mètres,
- le plateau continental.

Sommairement, les résultats principaux sont les suivants :

### 1. ZONE PROFONDE

La précision obtenue est de 4 à 8 mètres selon la position du faisceau.

Les résultats sont assez indépendants de la vitesse du navire.

Par contre, l'état de mer est critique : dès l'apparition de bulles d'air sous la coque, la précision décroît. Sur le JEAN CHARCOT ce phénomène apparaît entre mer 4 et 5 selon le cap suivi.

### 2.- ZONE DE PENTE

La zone retenue avait des pentes de l'ordre de 10 à 40%. La précision moyenne trouvée est en général de l'ordre de 10 à 25 mètres (figure 14).

### 3.- PETITS FONDS

Le sondeur à multi-faisceaux SEA-BEAM n'est pas un appareil de plateau car pour cette zone une précision de l'ordre du demi-mètre est nécessaire.

Bien qu'une précision de cet ordre ait été effectivement obtenue - voir notamment le relevé de la Fosse d'Ouessant (figure 15), les résultats sont tributaires de la nature du fond : sur zones à coefficient de réverbération faible, la précision n'est que de l'ordre de 2 à 3 mètres.

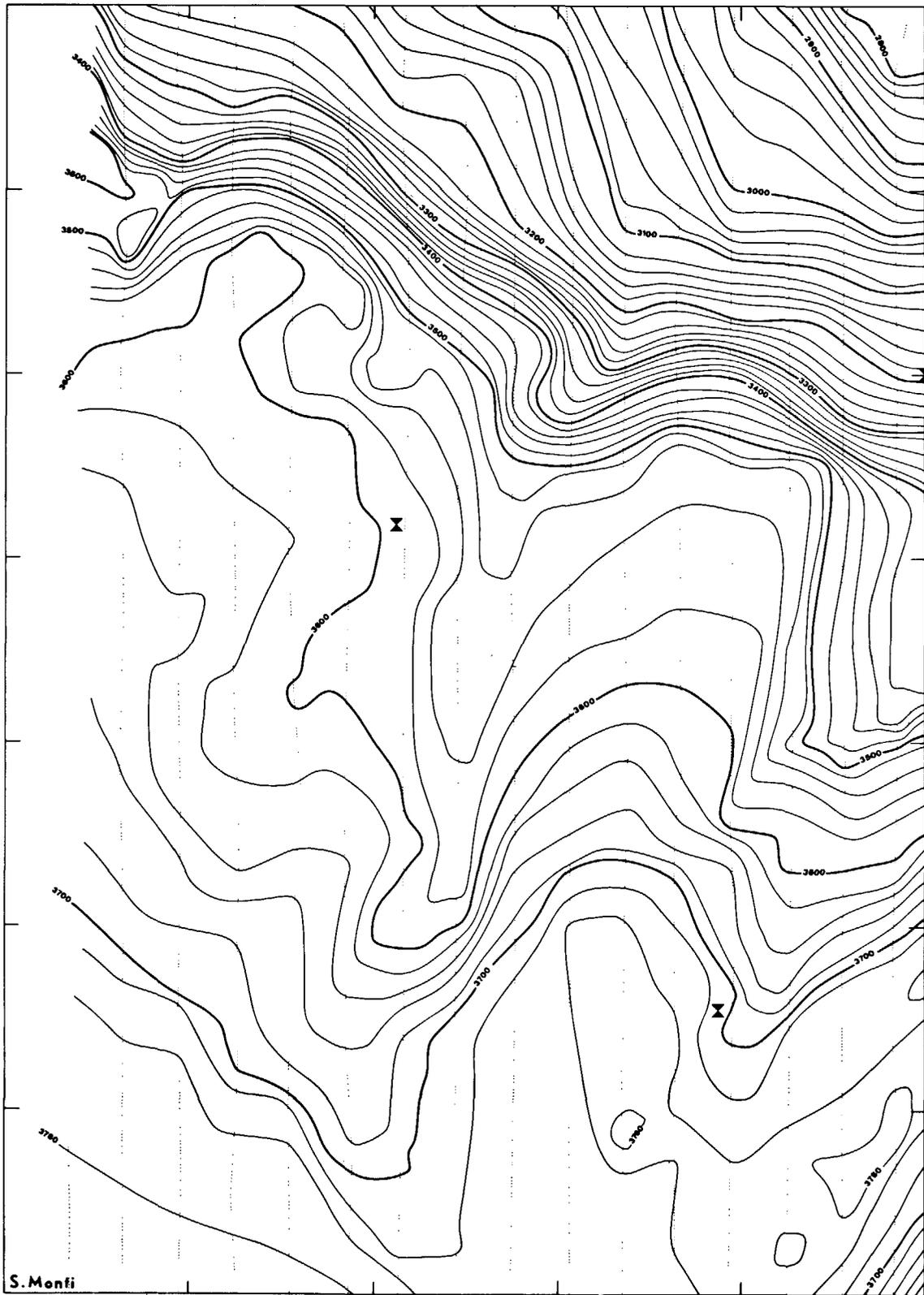


Figure 13 : Carte bathymétrique à partir du faisceau vertical seul.

*Bathymetric chart from vertical beam alone.*

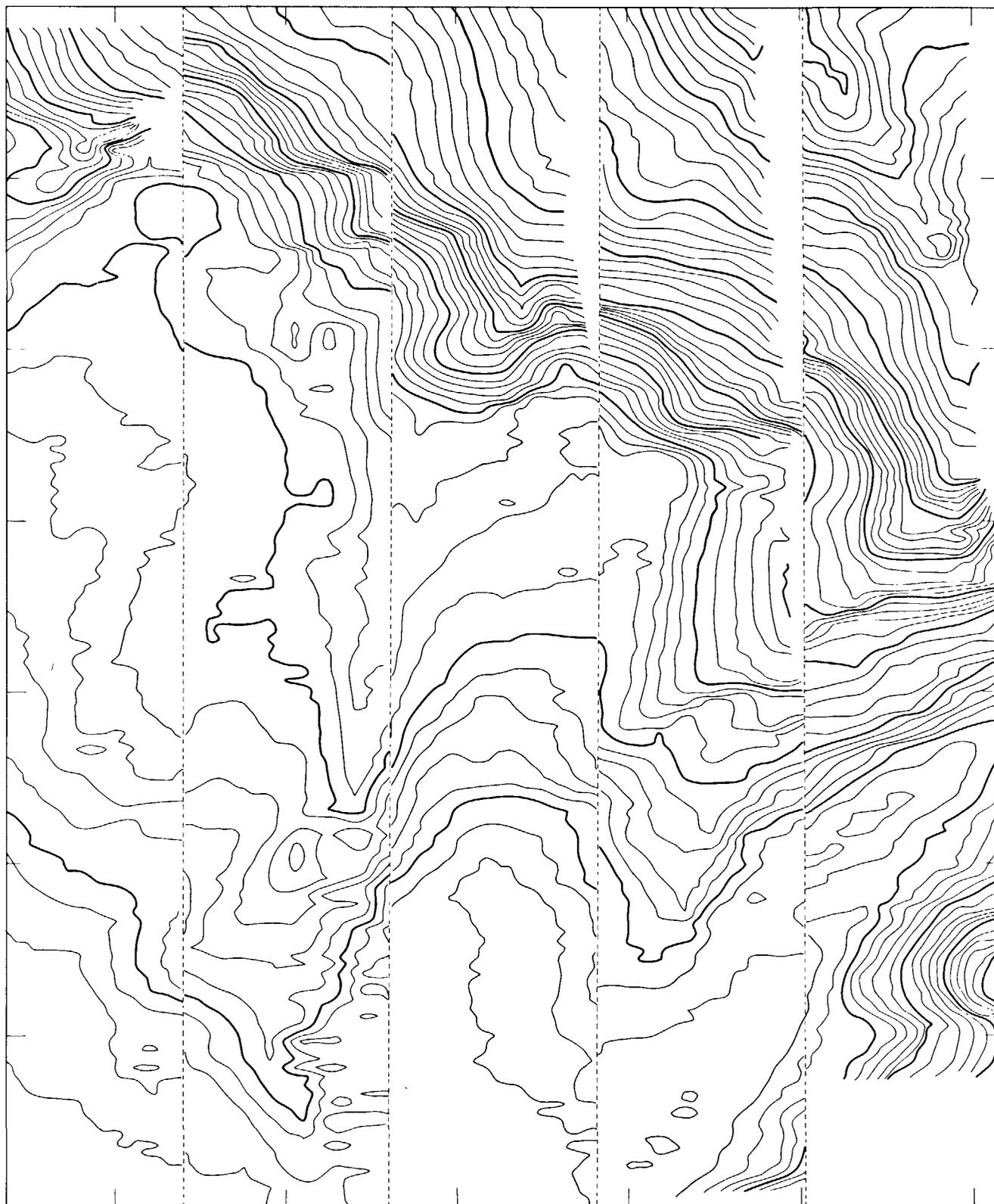


Figure 14 : Assemblage des bandes SEA-BEAM sur zone de la figure 13.

*Juxtaposition of Sea-Beam real time isobaths for same area as figure 13.*

# Plateau continental

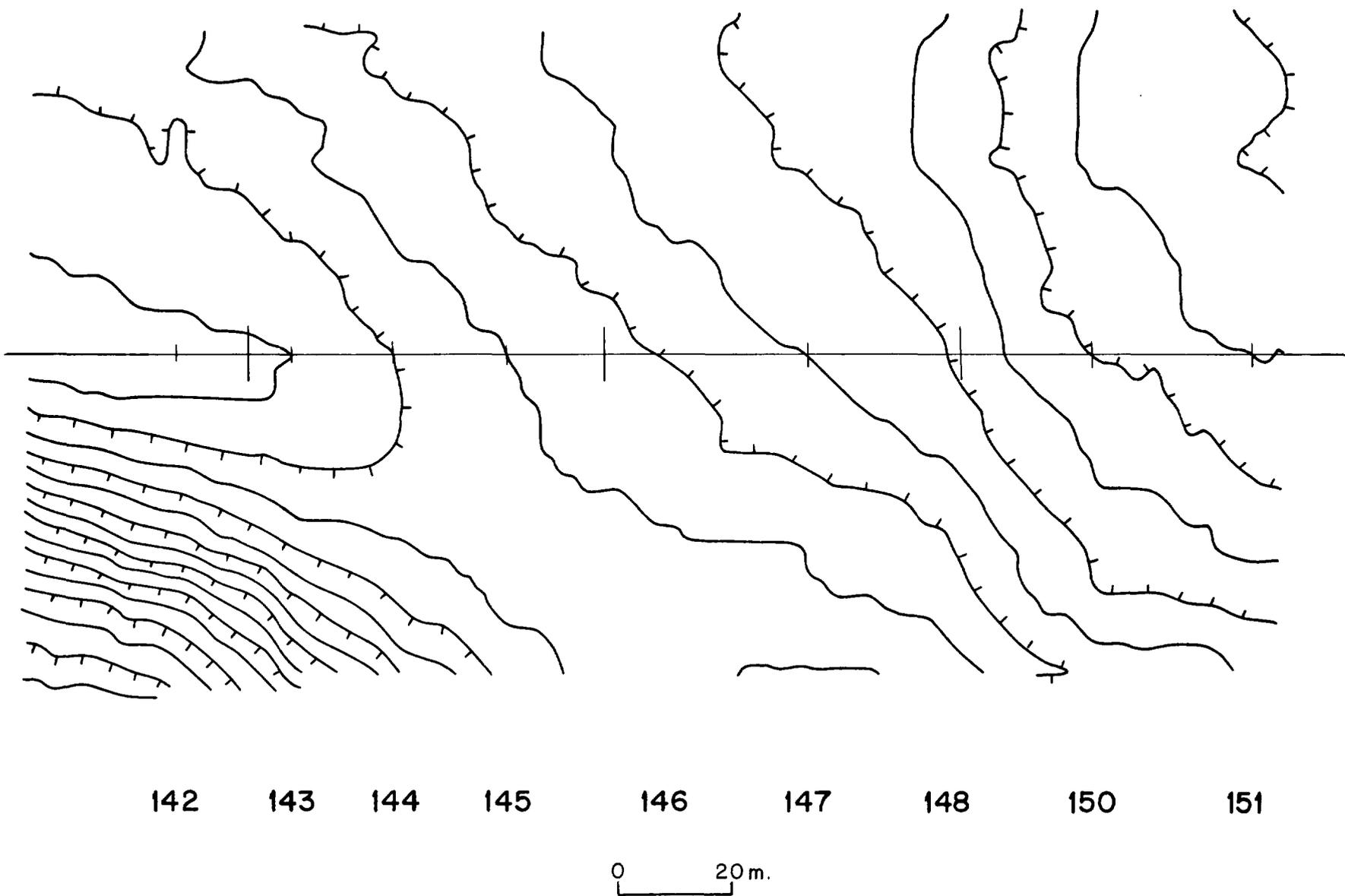


Figure 15 : Exemple de contour SEA-BEAM sur le plateau continental.  
*SEA-BEAM real-time output on the continental shelf.*

## EXPLOITATION DU SONDEUR A MULTI-FAISCEAUX SEA-BEAM

On a lu précédemment que l'acquisition des données du sondeur à multi-faisceaux SEA-BEAM s'effectue sur 3 supports différents :

- le premier (figure 3) est la bande obtenue sur l'enregistreur analogique UGR à papier électro-sensible. C'est une sortie classique de tout sondeur scientifique et son exploitation n'appelle pas de commentaires particuliers.

La figure 13 est un document obtenu à partir de celle-ci pendant les essais en mer. Sur 32 routes parallèles espacées de 150 mètres, la sonde verticale a été mesurée toutes les 30 secondes, avant un contourage manuel par un cartographe.

Notons cependant que le document analogique peut apporter des informations complémentaires sur des phénomènes qui peuvent disparaître après un processus digital : modification de l'intensité de l'écho reçu indiquant une variation du coefficient de réflexion, rides d'une amplitude de quelques mètres, échos latéraux, interférences d'autres systèmes, ...

- le second support est la bande obtenue sur le traceur de courbes (figure 5). Ce document permet, par la vision tridimensionnelle qu'il offre, l'appréciation des pentes des fonds océaniques et leurs orientations, base de toute interprétation structurale.

Le document traceur offre également le moyen de conduire différents travaux de prélèvements (dragage, carottage, photographie) sur les zones préalablement définies.

Le montage des bandes le long de la route suivie permet d'obtenir une esquisse bathymétrique préliminaire. La figure 14 illustre le document obtenu sur la même zone que la figure 13 par la juxtaposition de 5 demi-bandes SEA-BEAM.

- le troisième support est la bande magnétique où sont enregistrées toutes les données quantitatives de profondeurs. Elles sont destinées à un traitement plus important avec des ensembles informatiques plus puissants que ceux des mini-ordinateurs actuels du navire. Le logiciel d'application est en cours d'élaboration au Centre Océanologique de Bretagne. Il permettra de replacer toutes les sondes en fonction d'une navigation corrigée, de les contourner en vue d'obtenir des cartes bathymétriques dans un système de projection choisi (MERCATOR, UTM, LAMBERT,...).

## SPECIFICATIONS

### SONDEUR NBES :

- . Nombre de faisceaux reçus : 16
- . Largeur de chaque faisceau : 2° 2/3
- . Projecteurs d'émission : 20 blocs magnétostrictifs
- . Réseau de réception : 40 hydrophones
- . Diagramme du faisceau d'émission : 60° x 2° 2/3
- . Diagramme du faisceau de réception : 20° x 2° 2/3
- . Espacement des faisceaux : 2° 2/3
- . Fréquence d'émission : 12158 Hz
- . Largeur d'impulsion d'émission : 7 ou 1 **millisecondes**
- . Profondeur maximum de sondage : 11520 mètres
- . Répétition de l'émission : 1 à 15 secondes

### ECHO-PROCESSOR :

- . Calculateur NOVA 800 JUMBO (16 bits)
- . 3 cassettes magnétiques pour entrée et assemblage des programmes
- . Flottant câblé
- . 32 K de mémoire
- . 16 canaux de sondage digitalisé
- . Vitesse du son standard adoptée : 1500 m/s

### VISUALISATION ET SORTIE :

- . 2 traceurs de courbes HOUSTON 11 pouces
- . Visualisation cathodique du profil transversal
- . Sortie analogique du faisceau vertical ou des faisceaux obliques sur 2 enregistreurs graphiques RAYTHEON UGR
- . Sortie numérique du faisceau vertical
- . Bande magnétique 800 b. p. i. contenant toutes les données de profondeur, d'heure et de cap.

*Imprimé par*  
*INSTAPRINT - Tours*