

Office de la Recherche Scientifique  
et Technique Outre-Mer

**CENTRE DE NOUMEA**

Croisière bathymétrique à bord  
du **CORIOLIS** navire océanographique  
du centre ORSTOM de NOUMEA

M. de CHALVRON - J. DUBOIS - J. L. PUECH - C. REICHENFELD

JUIN 1966

AVANT PROPOS

La mission bathymétrique que nous avons effectuée du 12 au 20 mai 1966 à bord du Coriolis, navire océanographique de l'O.R.S.T.O.M. a été réalisée conformément au programme établi par M. GOGUEL président du Comité technique de Géophysique et MM. LEGAND et ROTSCHI, Directeurs de la Section océanographique du Centre de Nouméa.

Nous exprimons notre reconnaissance aux responsables de la Section océanographique, ainsi qu'à M. TOMMIBER, Directeur du Centre qui nous ont permis d'effectuer cette mission.

Nos remerciements s'adressent à M. DE CEALVRON, commandant du Coriolis et à tout l'équipage : MM. GERME, LARGENTON, SAUTERREUD, CAMPILLO, PARODI, BERGASSO, GILBERT, MORVAN et tous les matelots.

Le travail bathymétrique a été réalisé avec l'aide de MM. LENASSON océanographe, GARBE spécialiste du matériel de sondage, ainsi que de MM. BENOIT, Chef du Service des Mines de Port-Vila et LAURENT, chargé de la marche de la station sismologique de Port-Vila.

Le dépouillement des échogrammes a été réalisé par M. REICHENFELD avec l'aide de Mme BERNUT.

J. DUBOIS

J.L. FUECH

Juin 1966

S O M M A I R E

- AVANT PROPOS
- Introduction
- I - L'Organisation du travail
- II - Le Sondeur
- III - Données concernant la navigation :
  - a) La côte se trouve à moins de 10 milles
  - b) La côte est distante de 10 à 25 milles
- IV - Interprétation des Echogrammes
  - a) Erreurs sur la mesure de profondeur
  - b) Vitesse de déplacement du bateau
  - c) Ruptures de pente et déplacement du bateau
  - d) Echos multiples provenant d'un relief sous marin très accidenté
- V - Résultats
  - 1) Profil AB
  - 2) Profils de jonction BC et EF
  - 3) Profil FG
  - 4) Zone CD<sub>n</sub>.
- Conclusion Générale.

## Introduction.

Le but de la mission était de couvrir la zone comprise entre les 16ème et 17ème degrés de latitude Sud et les 168 - 168 3/4 degrés de longitude Est, par profils Nord Sud tous les 5 milles, de préciser la position des 2 volcans sous marins au large d'Epi et profiter du trajet Nouméa - Port-Vila pour réaliser une coupe de la fosse des Nouvelles-Hébrides.

Le bateau devant se rendre à Suva, nous avons eu la possibilité de sonder le bassin Nord Fidji (bassin de Pandora).

La mission s'est déroulée de la façon suivante :

- du 12 mai (10 h.) au 13 mai (20 h.) Nouméa - Port-Vila : trajet AB  
(voir plan général)
- du 13 " (22 h.) au 14 " (06 h.) trajet BC
- du 14 " (06 h.) au 15 " (16h.) trajet CD
- du 16 " (20 h.) au 17 " (05 h.) trajet EF
- du 17 " (21 h.) au 20 " (12 h.) trajet FG.

Après un bref aperçu des méthodes de travail, de l'appareillage, et des données concernant la navigation, on étudiera séparément les 4 secteurs définis plus haut. Un essai d'interprétation sera proposé.

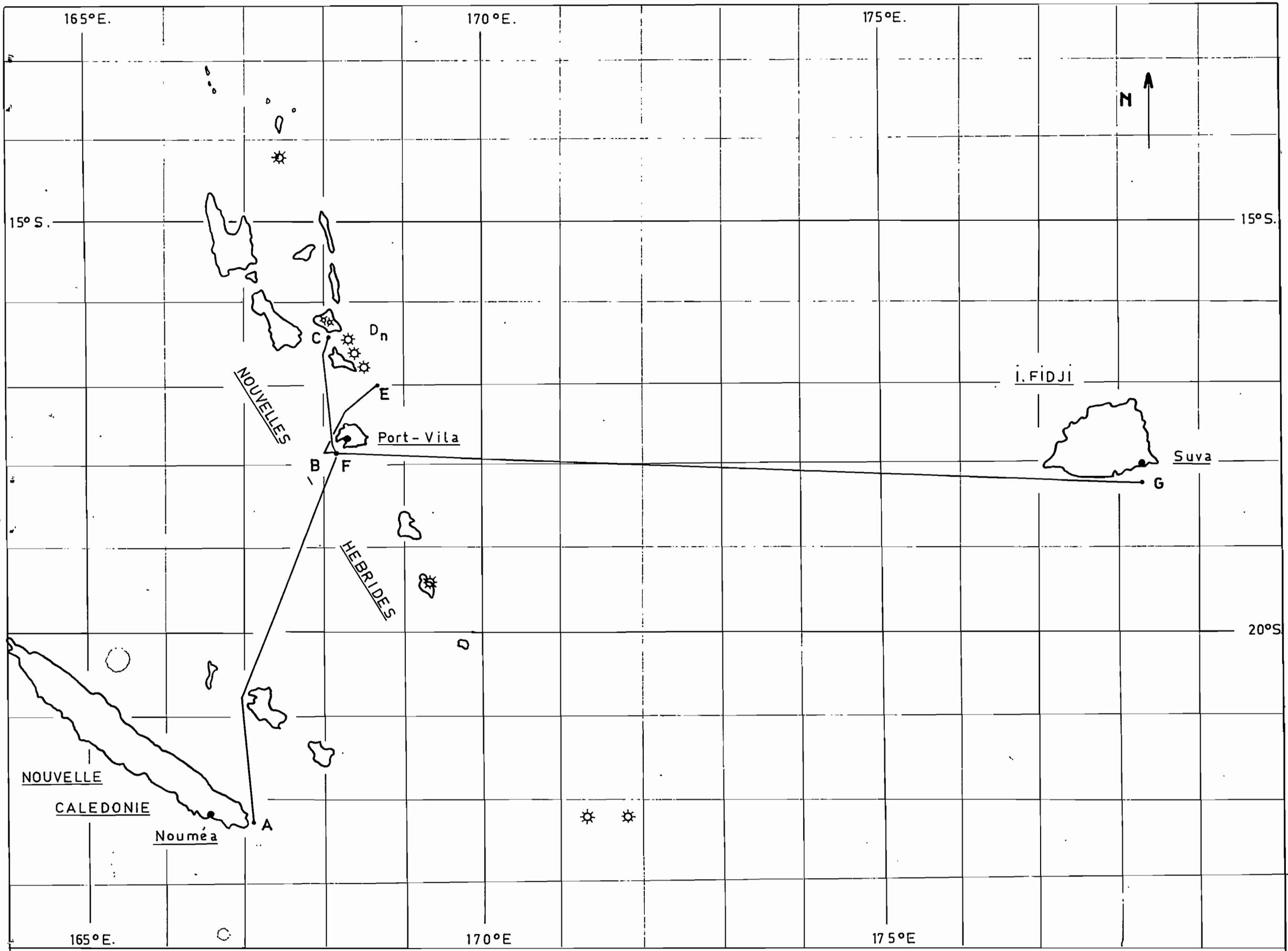
## I. L'organisation du travail.

La plus grande précision possible dans la navigation a été assurée par les 3 officiers de la passerelle pour donner à la topographie du fond toute son exactitude. Pour cela le point était fait toutes les 10 minutes. La précision sur la position du bateau sera discutée dans un paragraphe ultérieur.

L'écho sondeur étant installé dans le laboratoire inférieur, l'horloge de ce laboratoire a été tout d'abord réglée sur celle de la passerelle prise comme base.

Toute modification de cap était signalée par téléphone depuis la passerelle et son heure notée sur l'échogramme. L'opérateur pouvait également suivre ces changements de directions sur l'indicateur de cap installé près de l'écho sondeur. La permanence a été assurée de la façon suivante :

- trajet AB 4 opérateurs, quarts de 3 heures le jour, 2 heures la nuit,
- trajet BC - CD - EF 6 opérateurs, quarts de 2 heures,
- trajet FG 2 opérateurs, quarts de 6 heures.



PLAN      GENERAL      DE      LA      CROISIERE

ECHELLE \_ 1/4.300.000 env.

L'opérateur effectuait les vérifications de la fréquence d'impulsion en début et en fin de quart, l'inscription des repères horaires, le relevé de la profondeur toutes les 6 minutes \* sur un cahier de manipulation et il notait les changements d'échelles et de caps.

## II Le Sondeur.

L'écho sondeur installé sur le Coriolis est un Atlas Werke A G - AN 60I. Sa fréquence d'émission est de 10,4 KC/S, dans un faisceau dirigé dont l'ouverture du cône sonore est de 16°.

On peut faire varier la puissance d'émission de 330 à 550 V.A. L'avance du papier peut être 75, 150, 300, 600 mm/heure. Il comporte 2 gammes d'échelles.

échelles petites profondeurs :	0 - 200 m.
	200 - 400
	400 - 600
	600 - 800
échelles grandes profondeurs :	0 - 2000 m.
	2 000 - 4 000
	4 000 - 6 000
	6 000 - 8 000

La fréquence de passage du stylet inscripteur est de 45 pour 48 s. aux échelles petites profondeurs, et de 9 pour 96 s. aux échelles grandes profondeurs.

Durant la croisière le sondeur a fonctionné sur les échelles grandes profondeurs, (fréquence de passage 9 pour 96 s.) pour un déroulement de 150 mm/h. Il en résulte sur l'échogramme une exagération verticale de 10.

Pour les très faibles profondeurs comprises entre 0 et 200 m. le sondeur de navigation (Atlas Werke DK 2650) a été utilisé, l'exagération verticale est alors de 75.

## III Données concernant la navigation.

En vue des côtes le point est déterminé à l'aide d'un radar Atlas Werke (licence RAY THEON) ayant 7 échelles de distances :  
0 - 0,5 ; 0 - 2,5 ; 0 - 5 ; 0 - 10 ; 0 - 25 ; 0 - 50 milles. Chaque échelle étant divisée en 5 intervalles.

Le radar est pourvu d'un répéteur de gyrocompas donnant l'azimut à 1 degré près.

\* La vitesse du bateau étant de 10 noeuds, cet intervalle de temps correspond à 1 mille.

En pleine mer le point astronomique est effectué à l'aide d'un sextant à tambour Roger Poulain.

Étudions la précision obtenue dans la détermination du point :

a) La côte se trouve à moins de 10 milles.

Dans cette région tous les points ont été relevés au radar (échelle 0 - 10 milles) avec un minimum de 2 azimut - distances par point. La précision sur les distances liée à la précision de lecture sur le cadran du radar (le 1/10 d'un intervalle) est dans ce cas de  $\pm 0,2$  mille. L'azimut est connu à  $\pm 1$  degré près. L'exemple pris sur le croquis N° 1 montre que la précision sur le point est de  $\pm 0,2$  mille.

b) La côte est distante de 10 à 25 milles.

L'échelle utilisée sur le radar est 0 - 25 milles, la précision  $\pm 0,5$  mille. La côte étant plus éloignée et ses contours moins nets, l'azimut n'est connu qu'à  $\pm 1,5$  degré. Le croquis N° 1 indique une précision de point de  $\pm 1$  mille.

c) La côte est au - delà de 25 milles - Point astronomique.

Il est généralement admis que pour un observateur entraîné la précision du point astronomique est de  $\pm 2$  milles.

Les mesures de point ont été faites toutes les 10 minutes, le pilotage automatique donnant à la marche du bateau une direction constante, les recoupements dans les différentes méthodes de faire le point montrent que dans la zone DE, l'incertitude est toujours inférieure à  $\pm 0,5$  mille.

#### IV Interprétation des Echogrammes.

Aux incertitudes dans la position du bateau s'ajoutent un certain nombre d'erreurs liées à la technique de sondage. On va essayer d'en donner l'ordre de grandeur :

a) Erreurs sur les mesures de profondeur :

Il existe deux sources d'erreurs principales :

- Variation de la vitesse du son dans l'eau :

L'échelle de l'écho sondeur correspond à une vitesse du son fixe de 1 500 m/s ; vitesse pour laquelle l'appareil a été étalonné. La propagation du son varie de 1 480 m/s à 1 520 m/s - IVANOVA (1) - (elle dépend de la température et de la salinité). \*

\* Formule empirique DEL GROSSO (2)

$$V = 1448,6 + 4,618 t - 0,0523 t^2 + 0,00023 t^3 + 1,25 (S - 35) - 0,011 (S - 35) t$$

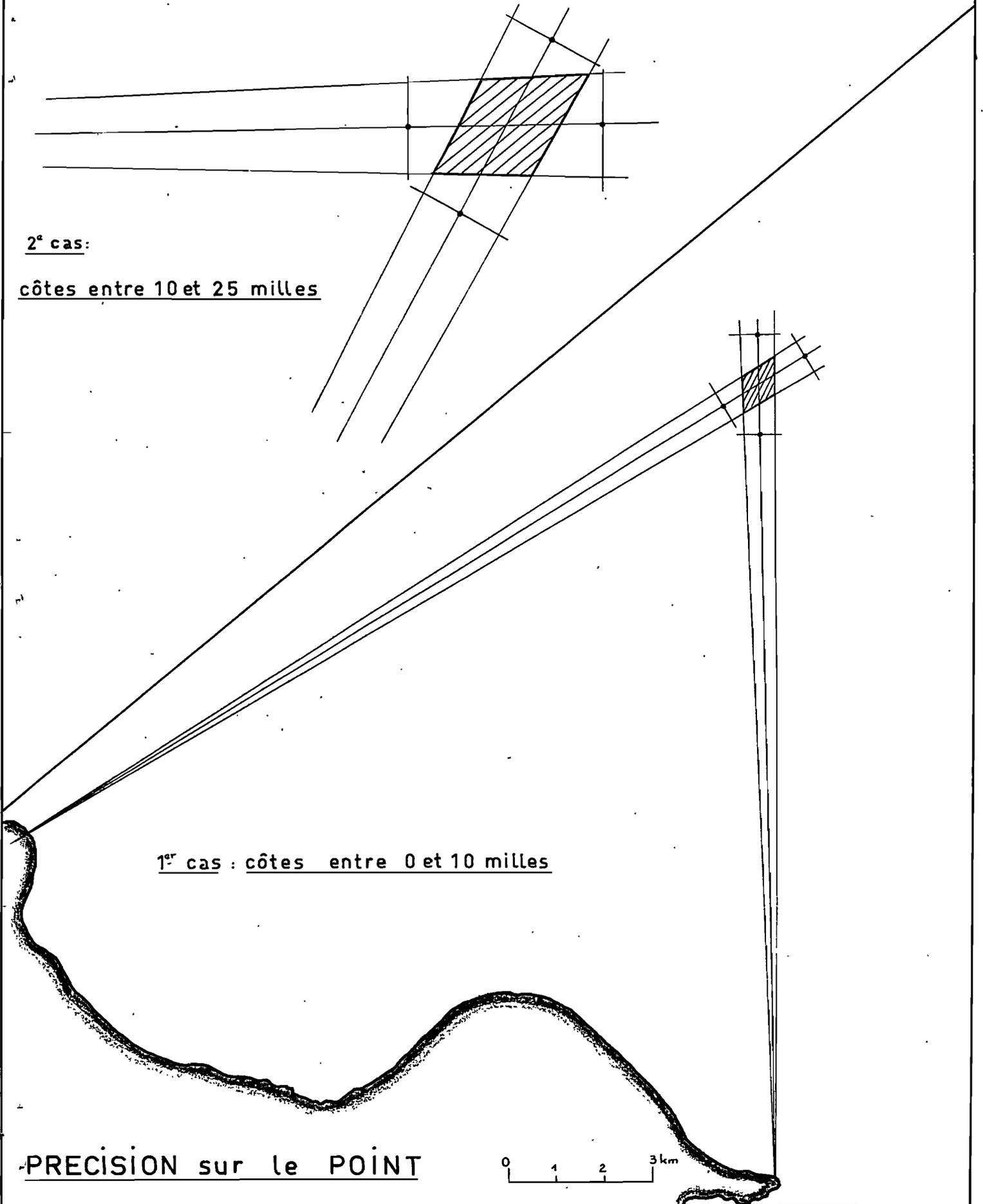
2<sup>e</sup> cas:

côtes entre 10 et 25 milles

1<sup>er</sup> cas : côtes entre 0 et 10 milles

PRECISION sur le POINT

0 1 2 3 km



Au dessous de 3 000 m elle est de I 520 m/s, ce qui compense les faibles valeurs (I 480 m/s) aux profondeurs moyennes.

Un écart de 10 m/s sur la valeur moyenne le long d'un trajet aller - retour entraîne une erreur de lecture de 20 m, pour un fond à 3 000 m.

- Fréquence de Révolution du stylet inscripteur :

On le règle suivant les normes de l'étalonnage : 9 révolutions en 96 s. Le chronomètre permet de faire ce réglage à  $\pm 0,2$  s près, ce qui correspond à une erreur de  $\pm 3$  m.

b) Vitesse de déplacement du bateau :

On considère un fond plat à la profondeur h. Le bateau se trouve en A au moment de l'émission, en B au moment de la réception. (croquis n° 2), la profondeur mesurée est h' .

$$h' = \frac{A M + M B}{2}$$

avec  $A M = M B$  (AMB est le trajet le plus court)  
( = principe de FERMAT )

v étant la vitesse du bateau - V celle du son dans l' eau.

On démontre simplement que :  $h' = h \left( 1 - \frac{v^2}{2 V^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$

La vitesse du bateau étant de 5 m/s, celle du son de I 500 m/s :

$$h' \approx h \left( 1 + \frac{v^2}{2 V^2} \right) = h \left( 1 + \frac{1}{2 \cdot 10^5} \right)$$

Pour h' = 3 000 m :  $h' = 3 000, 015$  m.

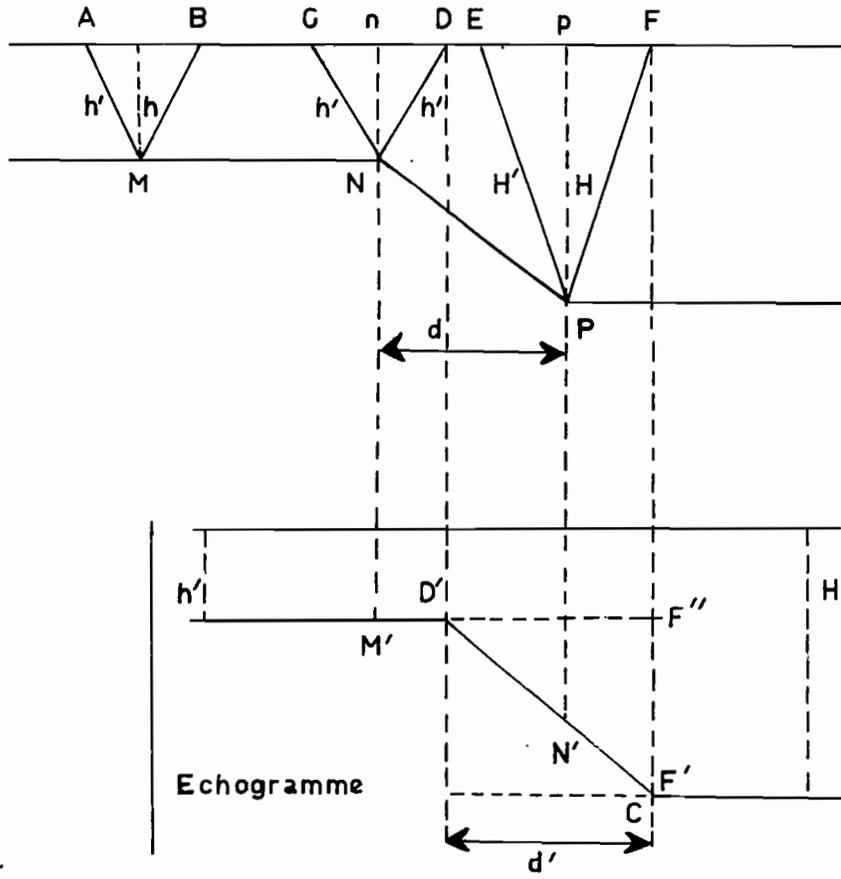
la correction est donc négligeable.

c) Ruptures de pente et déplacement du bateau :

On considère un fond plat coupé par un talus N P. (croquis n° 2) la profondeur passant de h à H.

Soient CD et EF les positions du bateau au moment des changements de pente l'écho sondeur enregistre le talus D'F' , au lieu de N P. On démontre aisément que la distance horizontale sur l'échogramme est reliée à d par la formule :

$$d' = d + (H - h) \alpha \left( 1 - \alpha^2 \right)^{-\frac{1}{2}} \quad \text{avec} \quad \alpha = \frac{v}{V}$$



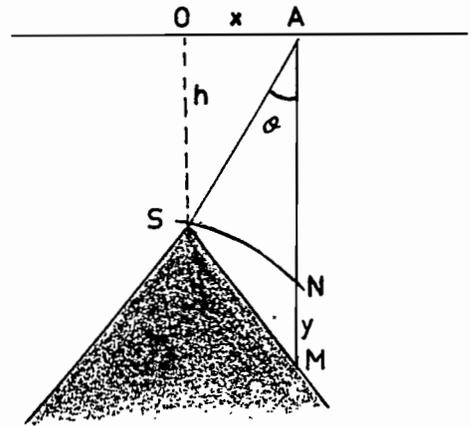
n° 2

Profil d'un fond plat et d'une rupture de pente

Echogramme

n° 3

Echos multiples sur un sommet



Exemple :

Si  $H - h = 1\ 000$  m et  $d = 1\ 000$  m. (talus à  $45^\circ$ ), l'échogramme donne  $d' = 1\ 003$  m. Soit un talus de  $44^\circ 54'$ , l'image du profil est donc fidèle.

d) Echos multiples provenant d'un relief sous marin très accidenté

Les deux cas les plus courants sont celui d'un sommet à pentes raides et d'une vallée profonde.

- Cas d'un sommet :

Sur le croquis n° 3 est représenté un piton rocheux dont le sommet ponctuel se trouve à la profondeur  $H$ . Le bateau est en  $A$ ,  $\theta$  est le demi angle d'ouverture du cône. Si la pente est suffisamment raide deux échos peuvent arriver en  $A$  (le déplacement du bateau est négligeable) :  $ASA$  et  $AMA$ .  $O$  est la projection de  $S$  à la surface.

$$x = OA$$

$$y = \text{profondeur mesurée} - h.$$

$N$  est sur  $AM$  tel que :  $AN = AS$

$$(h + y)^2 = x^2 + h^2$$

$$\frac{(h + y)^2}{h^2} - \frac{x^2}{h^2} = 1 \quad \text{HOFFMAN [3]}$$

donc  $N$  est sur une branche d'hyperbole passant par  $S$ .

Si  $AM > AN$ , il y aura deux échos, celui qui correspond à  $AM$  indique la profondeur vraie.

La représentation paramétrique de l'hyperbole est :

$$x = h \operatorname{tg} \theta$$

$$y = \frac{h}{\cos \theta} - h$$

On restitue le profil des pentes en prenant le deuxième écho.

- Cas d'une vallée profonde :

L'effet des échos traversiers se traduit sur l'échogramme par le remplissage de la vallée. Lorsque le bateau passe à l'aplomb du fond, la trace correspondante ressort plus nettement (photo n° 4).

- Cas d'une rupture de pente brutale : (base d'un talus)

En raisonnant comme pour un sommet on démontre que des échos parasites se trouvent sur une branche d'hyperbole passant par le point de rupture et située sur l'échogramme au dessous du profil vrai. (photo n° 3).

- Cas particulier d'un relief accidenté non situé sur le profil:

La présence d'un sommet ou d'une vallée à l'intérieur du faisceau d'émission donne sur l'échogramme des traces parasites décalées par rapport au profil vrai.

Remarque : Le roulis et le tangage produisent des échos parasites, mais la trace du fond reste nette.

Les résultats qui suivent sont déduits d'une lecture des échogrammes conforme à la discussion précédente.

## V Résultats

Les profils AB - BC - EF et FG, (voir plan général) sont décrits en premier, la zone couverte fait l'objet d'une étude plus détaillée.

### 1) Profil AB : voir carte annexe.

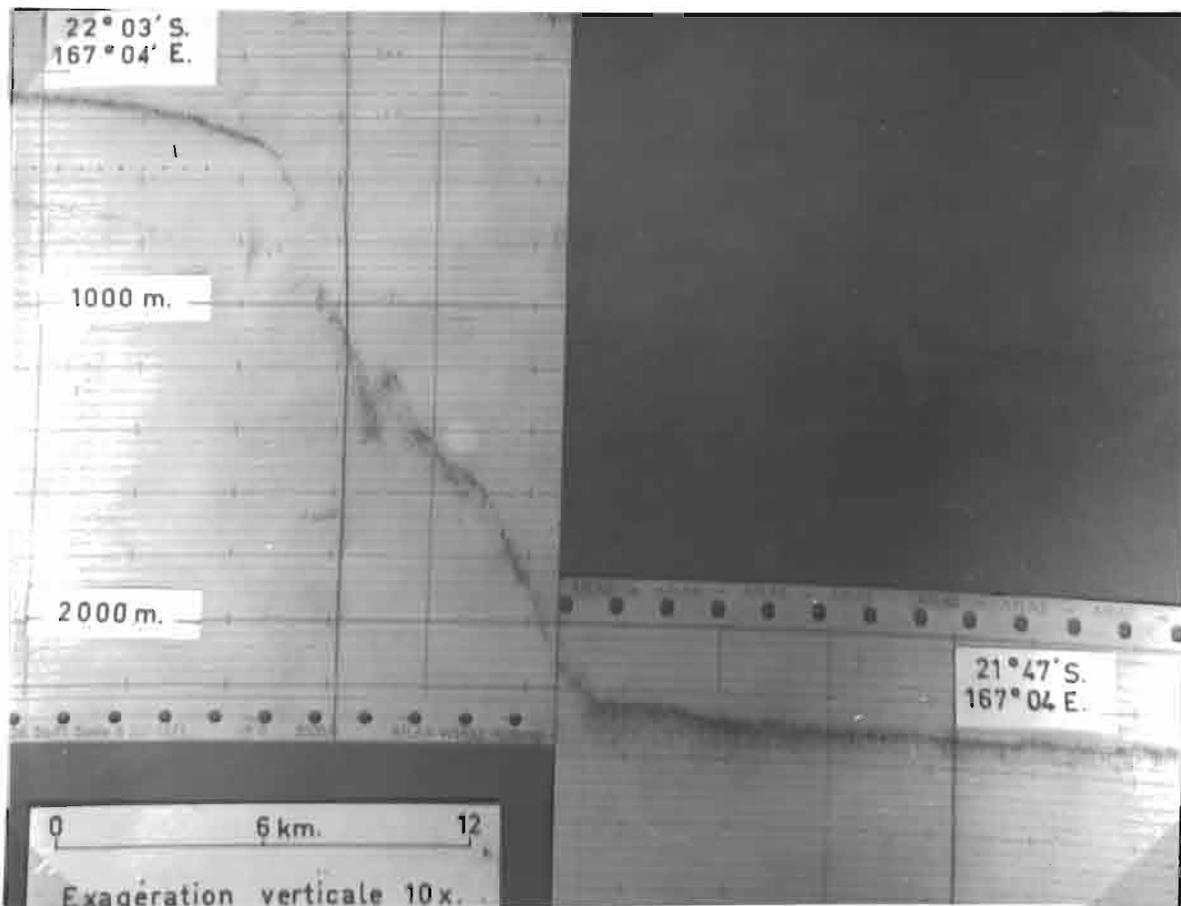
Il existe deux parties distinctes : de la pointe Sud de la Nouvelle-Calédonie à l'île Lifou, des îles Loyauté à Port-Vila.

On observe dans la première partie un fond monotone à 2 200 m. entre deux talus. Le cap 355° fait avec la ligne de plus grande pente un angle de 45° environ. Le long de cette ligne la dénivellation est de 1 800 m sur 6 km de distance horizontale. (photo n° 1). Ce talus comporte des décrochements à 65° de pente sur 250 m.

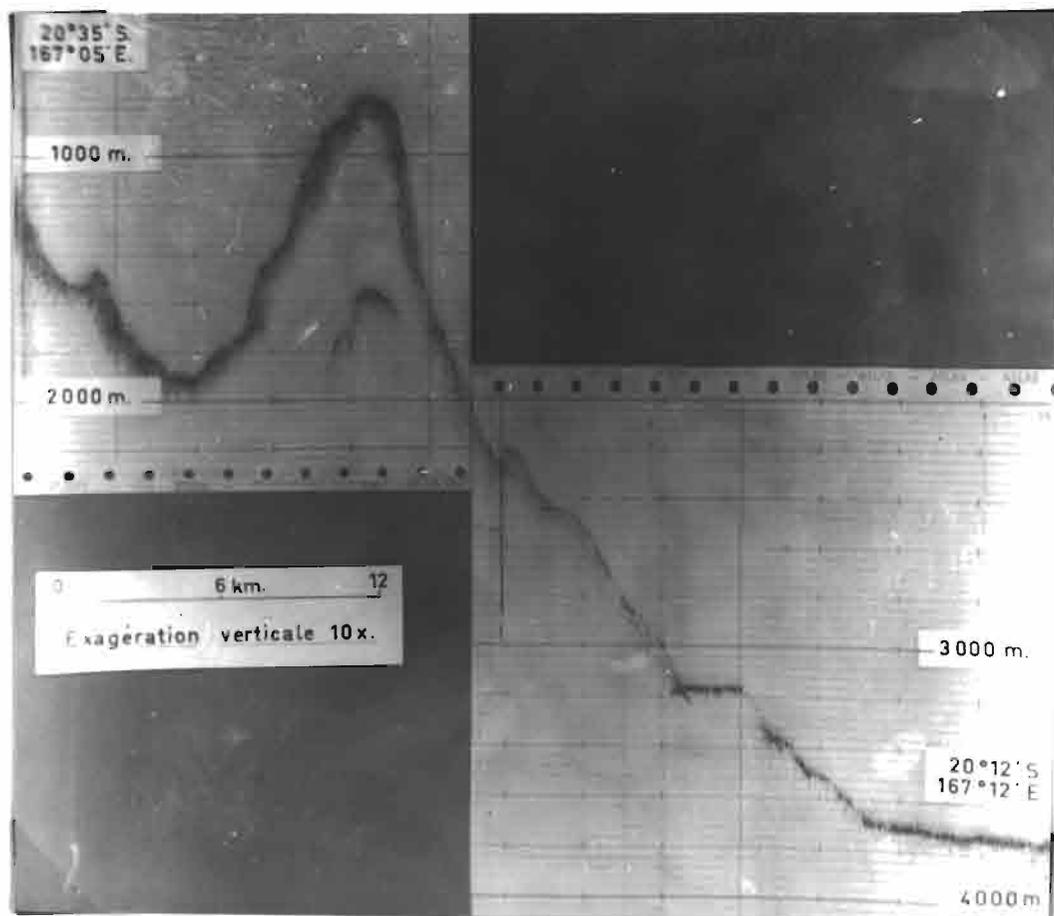
Le passage des îles Loyauté à la grande Fosse (5 660 m) se fait par 3 gradins successifs de 3 000, 800 et 600 m, les décrochements sont séparés par des paliers (photo n° 2). Cette horizontalité des paliers se retrouve dans la grande Fosse, fond plat de 5 km à 5 660 m de profondeur, (photo n° 3). La remontée vers les Nouvelles-Hébrides est plus régulière : 6° $\frac{1}{2}$  en moyenne.

Conclusions : Le point le plus intéressant de ce profil et qui mériterait d'être précisé, semble être :

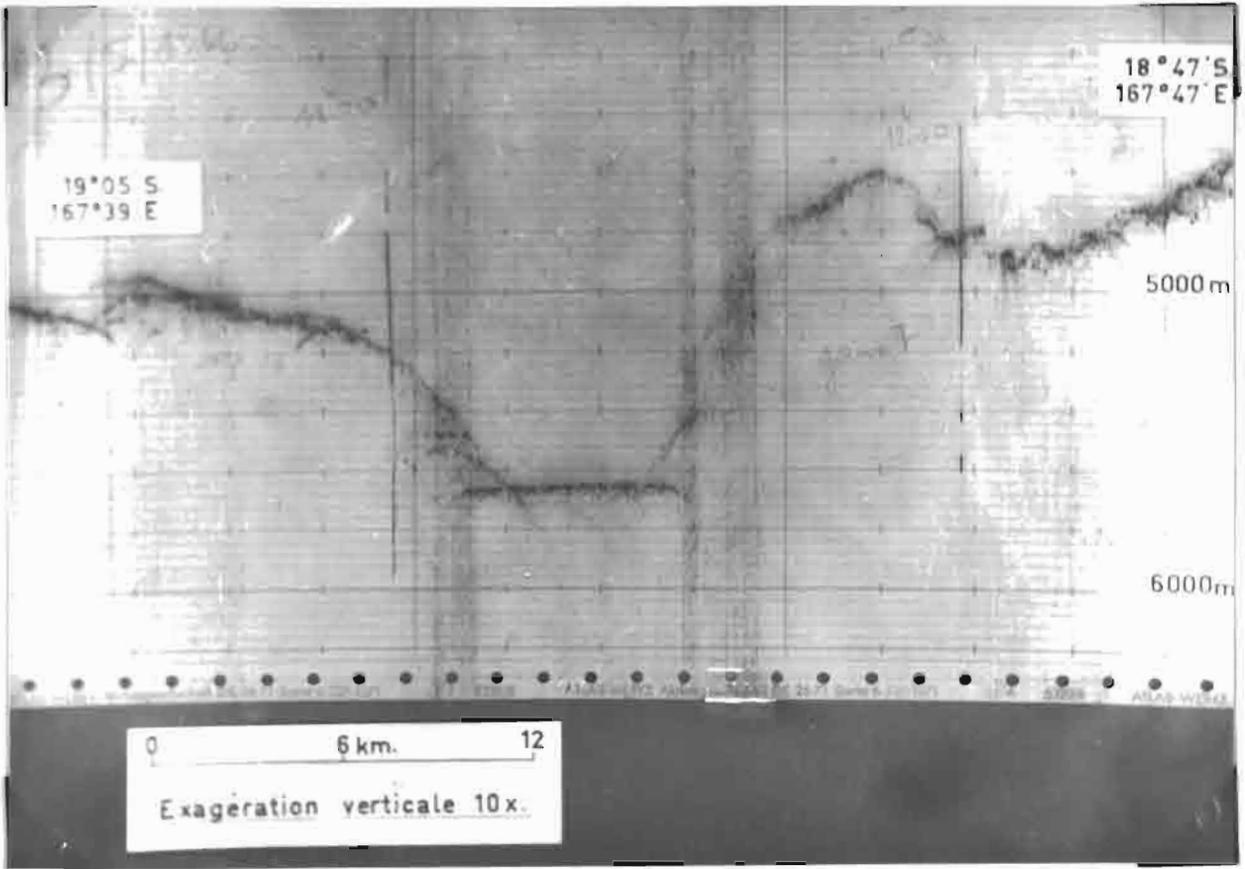
La structure en gradins mise en évidence sur le versant Ouest de la Fosse. Une couverture par profils perpendiculaires permettrait de situer sur la carte ces ruptures de pente. Des profils couplés magnétiques et sismiques préciseraient la nature de ces accidents.



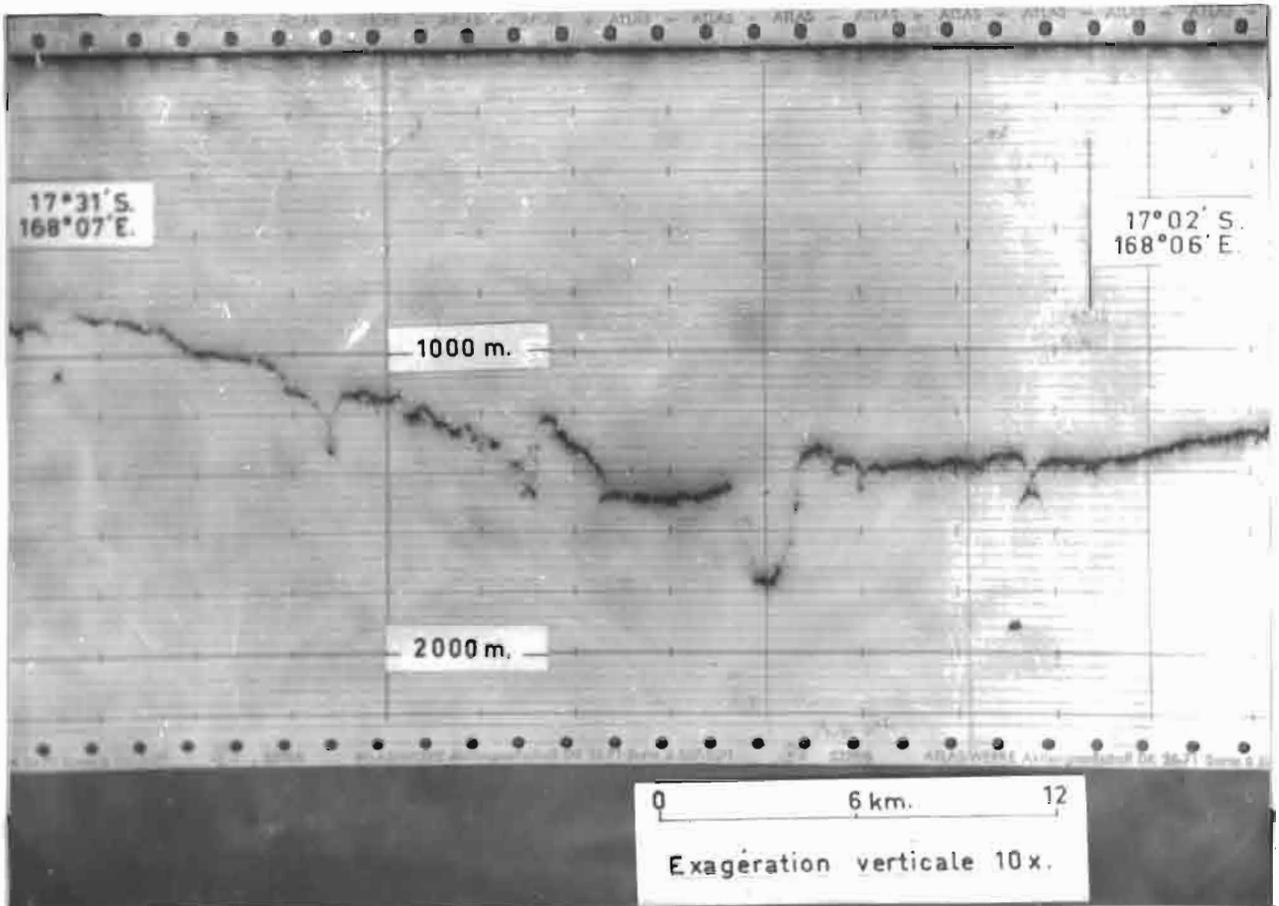
1



2



3



## 2) Profils de jonction BC et EF :

Le profil BC ne dépassant pas 1 800 m de profondeur est intéressant par les vallées étroites qu'il recoupe, entre le  $17^{\circ}\frac{1}{2}$  et le  $16^{\circ}\frac{1}{2}$  Sud, on en compte 6 principales dont 2 ont plus de 250 m (voir photo n° 4). Le retour EF sur Port-Vila traverse la zone peu profonde (entre 400 et 800 m) de l'Archipel des Shepherds.

## 3) Profil FG :

A l'Est de Port-Vila un approfondissement lent et régulier est interrompu par 2 accidents importants (photo n° 5), à 150 km à l'Est de Port-Vila. Il s'agit de deux paliers à 2 200 et 2 800 m, séparés par un sommet à 1 050 m, cet ensemble est bordé à l'Est par une chaîne de 2 200 m culminant à 1 600 m. Le profil est ensuite très monotone (2 800 à 3 200 m) jusqu'au  $175^{\circ}$  Est. Entre  $175^{\circ}$  et  $176^{\circ}\frac{1}{2}$  une nouvelle chaîne culmine à 1 200 m.

La bordure Sud du Bassin Nord Fidji, (Bassin de Pandora) contraste par sa monotonie avec la bordure Ouest des Hébrides.

4) Zone  $CD_n$  :

Le levé bathymétrique de cette zone était l'objet essentiel de la mission.

Les cartes 1 et 2 portent les trajets du bateau et les isobathes. On a reporté en regard les profils Sud - Nord.

L'aspect général montre un approfondissement rapide entre 500 et 1 500 - 2 000 m suivant une direction parallèle à l'arc sismique SSE - NNW .

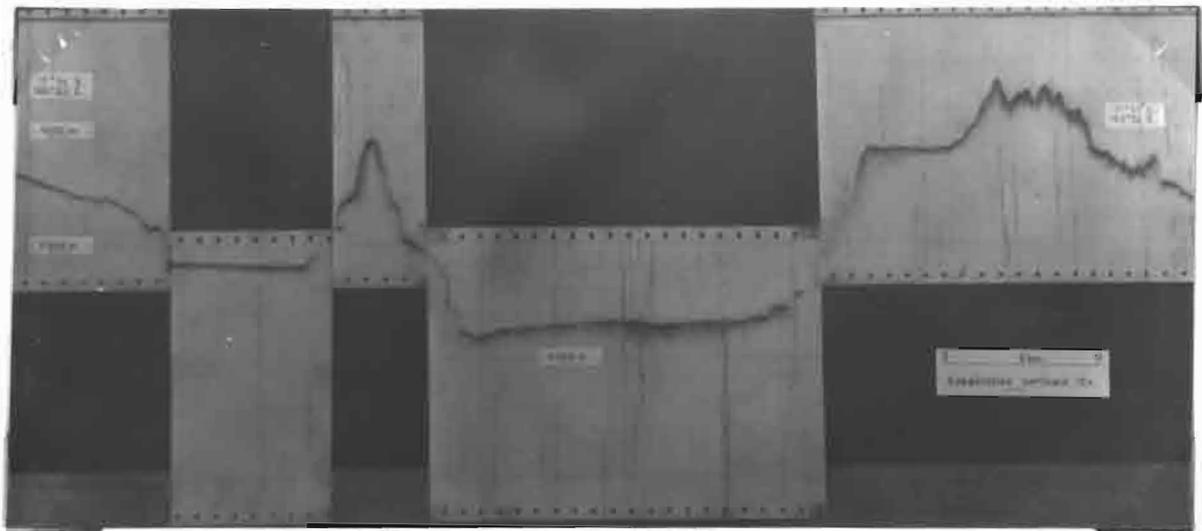
On observe deux décrochements principaux de 600 et 1 000 m sur une distance horizontale de 10 km (profil  $D_{IO}$  -  $D_{II}$ ). Le pendage atteint  $75^{\circ}$ , (photo n° 6).

La largeur de cet alus varie de 10 km au nord à 25 km au large d'Epi (voir carte n° 2).

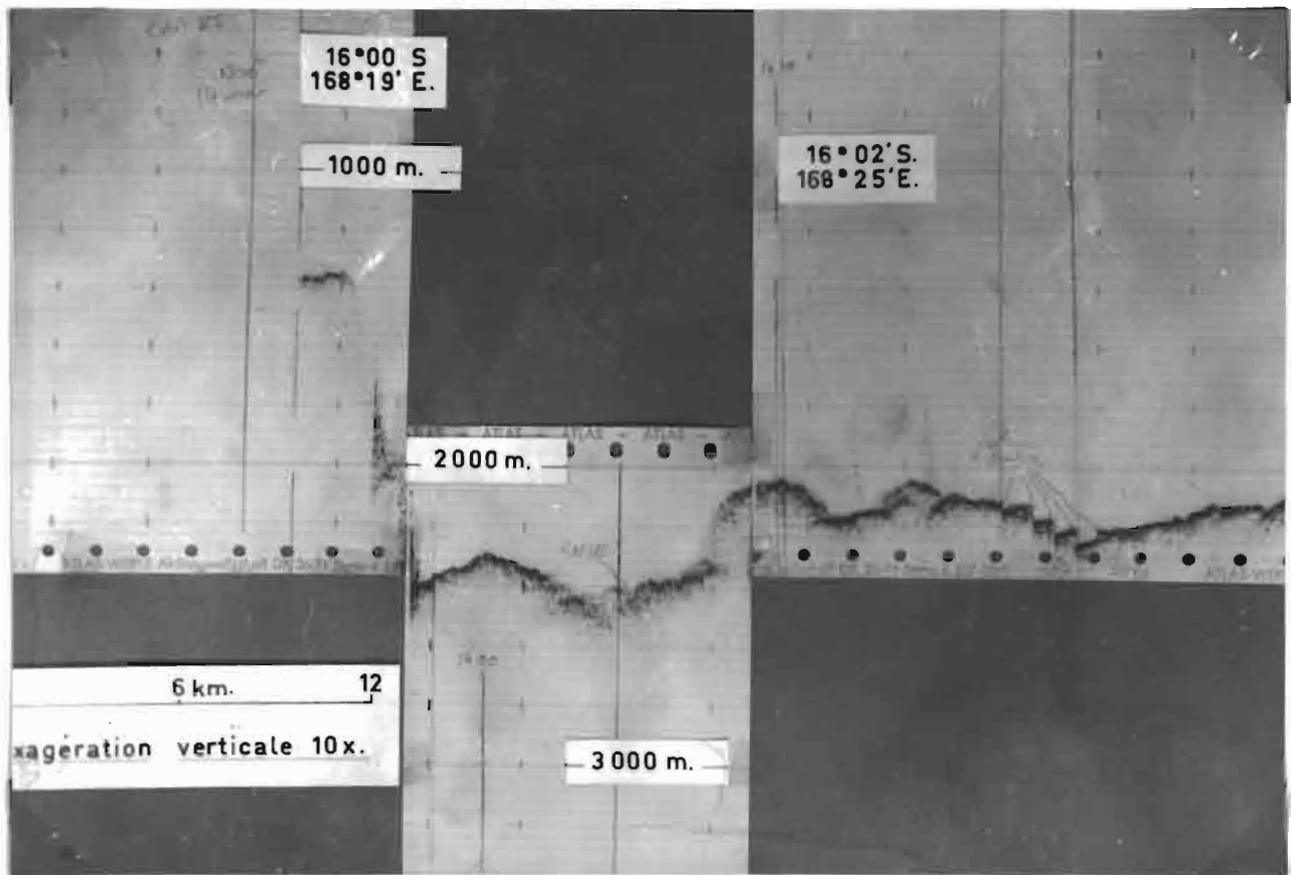
Les deux volcans sous marins ont été repérés en position

Volcan au large d'Epi	$16^{\circ}40'22'' \pm 10''$ S.	Profondeur minimum 48 m.
	$168^{\circ}22'53'' \pm 10''$ E.	(photo n° 7)
Volcan Karua situé entre	$16^{\circ}49'38'' \pm 10''$ S.	Profondeur minimum 20 m.
Epi et Tongoa	$168^{\circ}32'39'' \pm 10''$ E.	(photo n° 8)

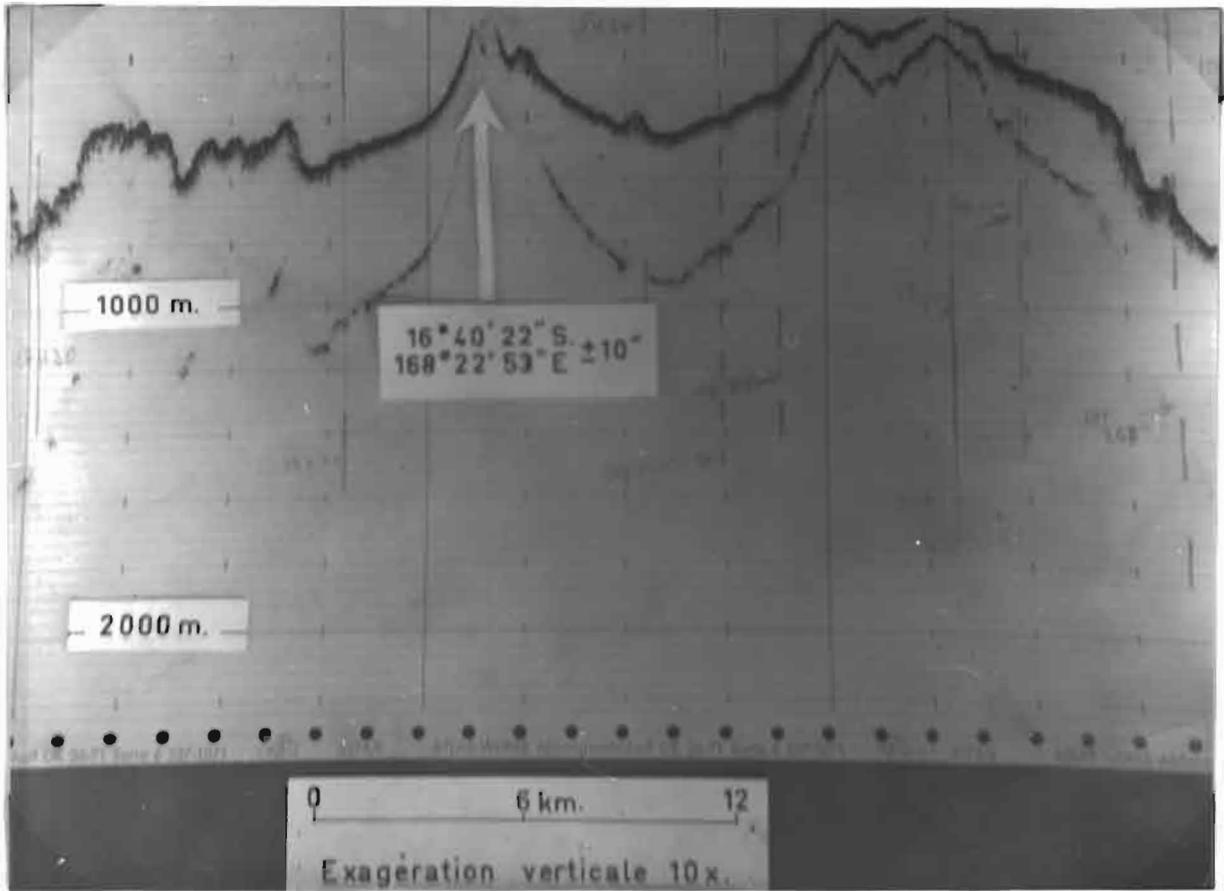
Conclusions : La mise en évidence des décrochements brutaux parallèles à la direction générale SSE - NNW, est le résultat essentiel du levé de cette zone. Deux coupes ENE - WSW, entre Lopévi et Ambrym et au Sud de Lopévi donneraient des précisions sur ces accidents. Magnétisme et Sismique préciseraient leurs extensions dans l'écorce.



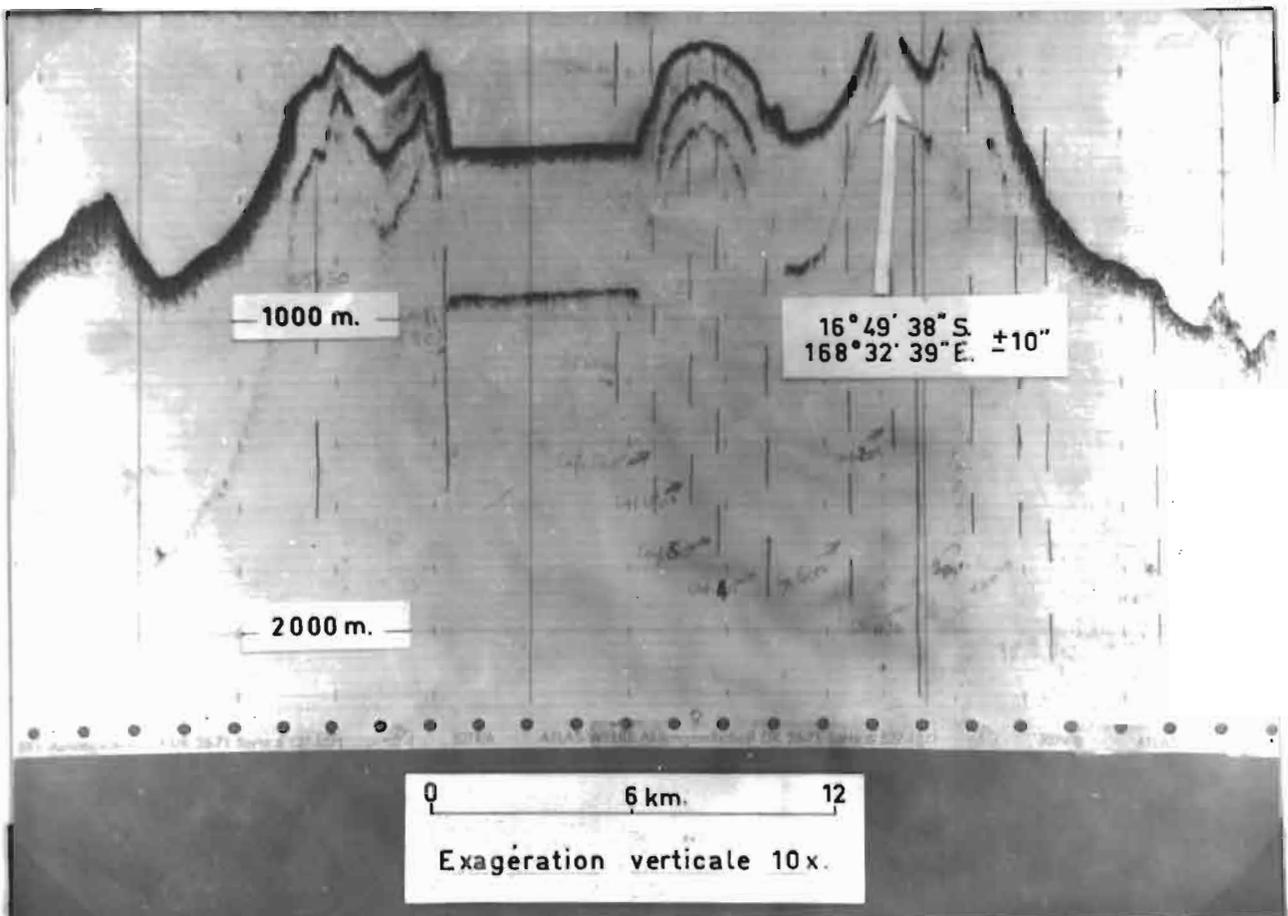
55



56



7



8

Conclusion Générale.

Cet aperçu bathymétrique de la région des Nouvelles-Hébrides - Iles Loyauté, limite dans l'espace les zones présentant un intérêt d'études Géophysiques.

Ainsi la partie à l'Est de l'arc, par sa monotonie ne semble pas demander une étude détaillée mais 1 ou 2 profils magnétiques et sismiques dans la zone à fond plat donneraient les valeurs des paramètres intéressants de ce bassin interne, (vitesse sous Moho, épaisseur et nature de l'écorce). Par contre la région de la grande Fosse et des guirlandes d'îles mérite des études détaillées :

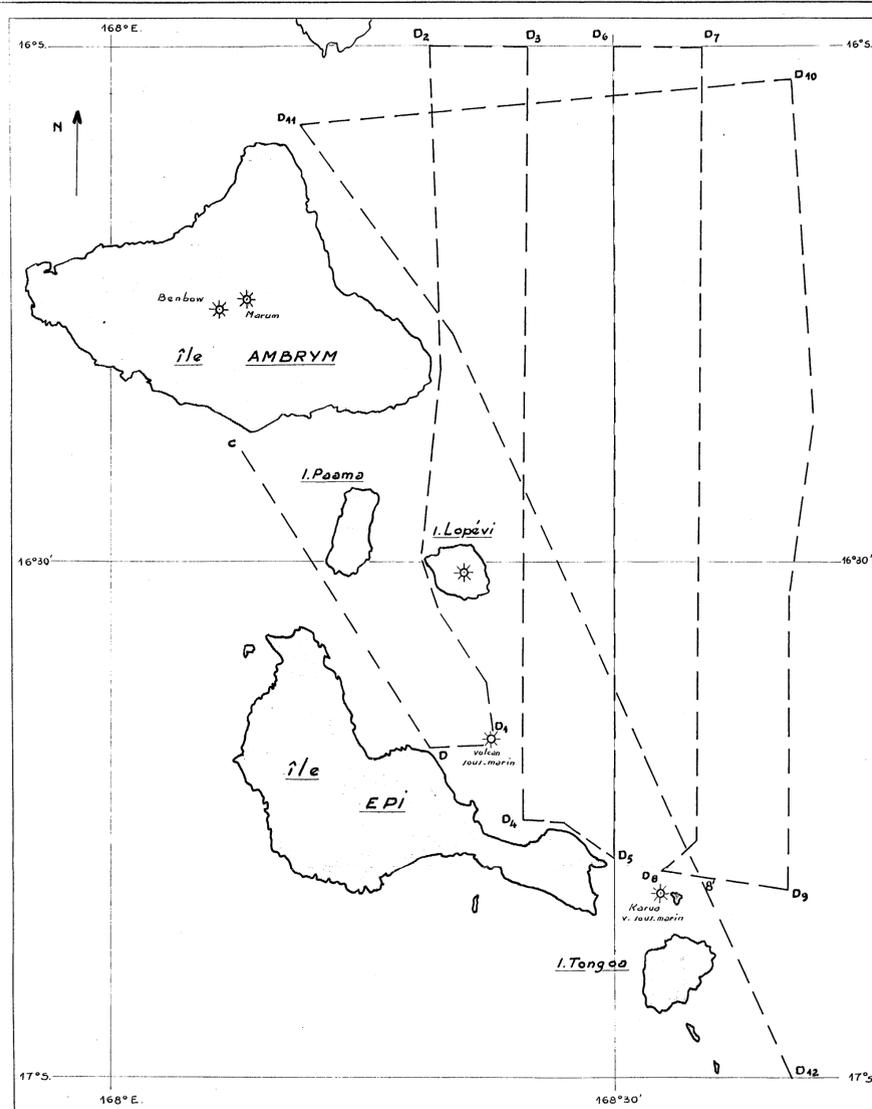
1°) La bathymétrie suivant des profils perpendiculaires aux grands accidents mis en évidence, permettra d'en faire la cartographie. D'autre part les géologues MM. BENOIT, ESPIRAT, WARDEN signalent 2 directions tectoniques principales sur les îles : l'une parallèle à l'arc, l'autre Est - Ouest. La première est bien mise en évidence sur ces premiers résultats bathymétriques.

2°) Le magnétisme associé à ces profils donnerait les grandes lignes structurales profondes.

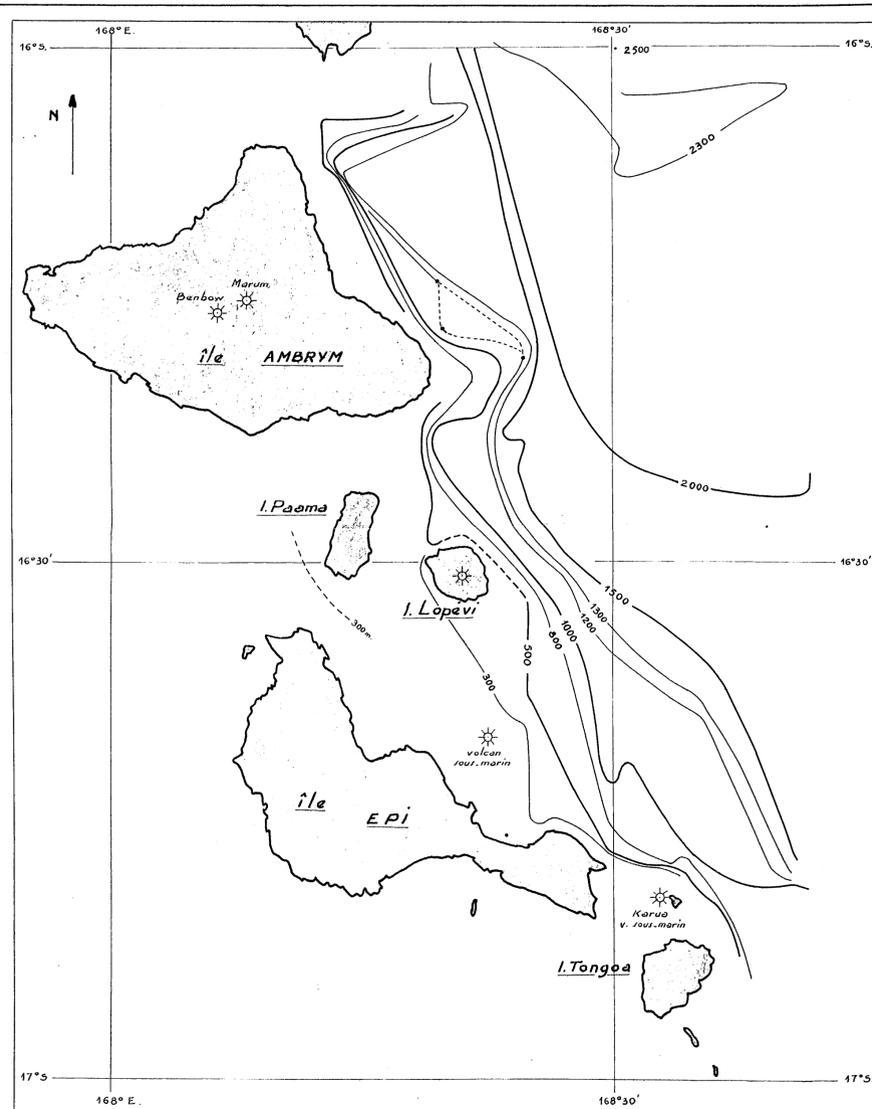
3°) Les profils sismiques continus préciseraient la structure de l'écorce (épaisseur des niveaux, vitesse des ondes P, accidents tectoniques).

REFERENCES

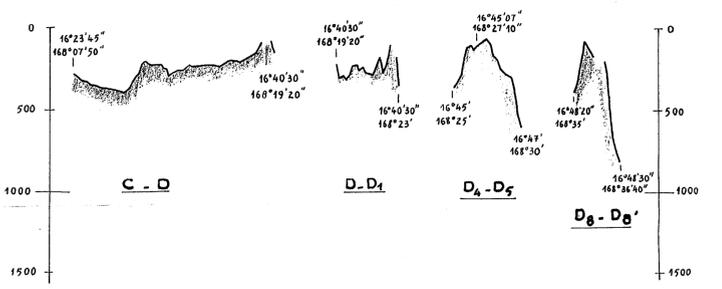
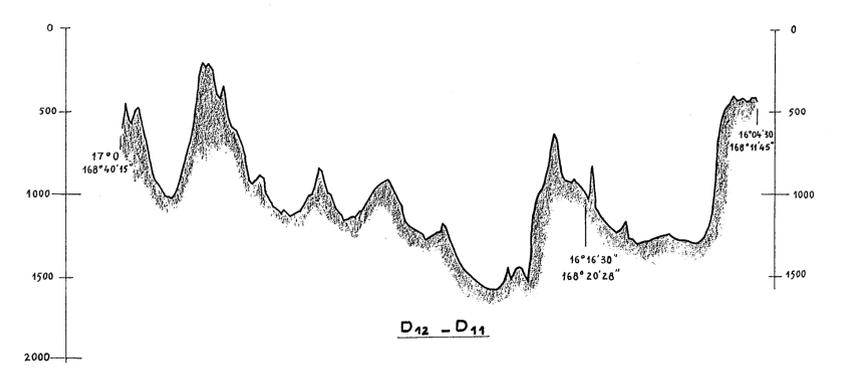
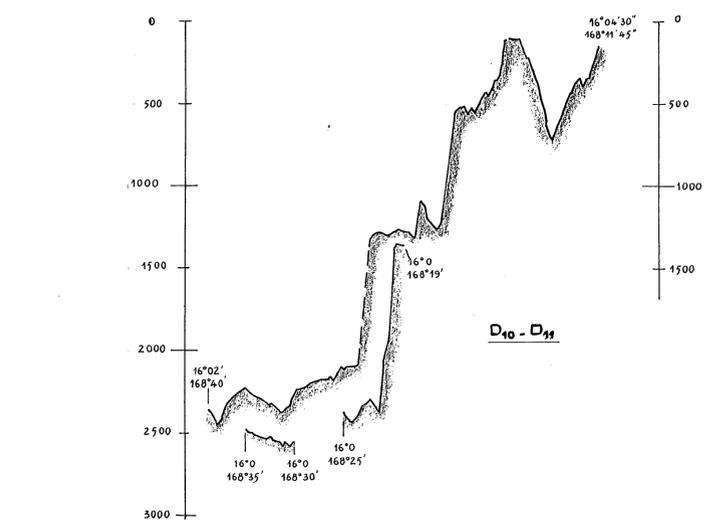
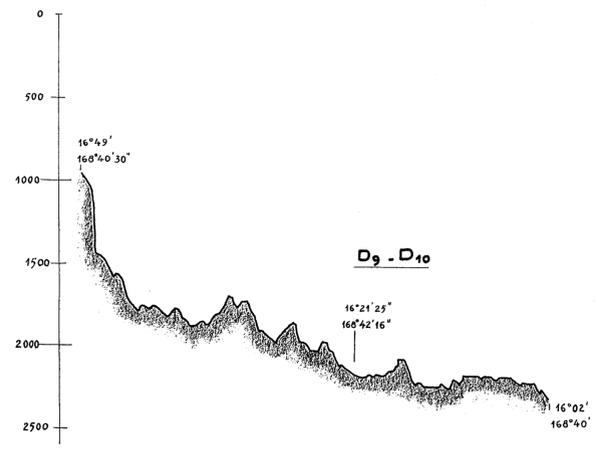
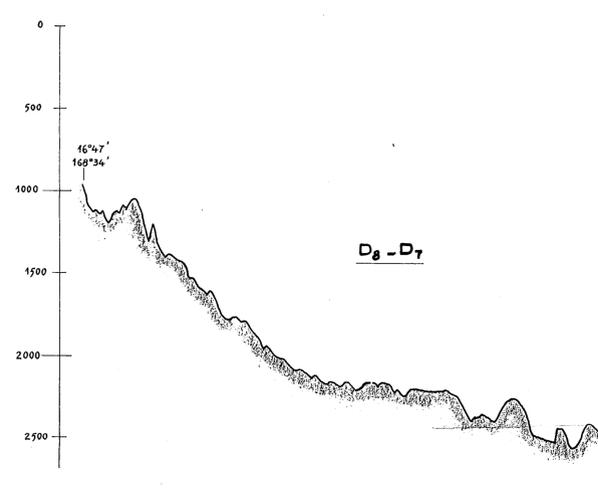
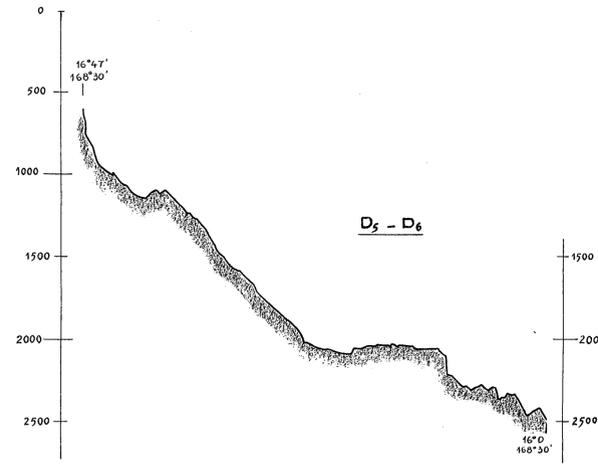
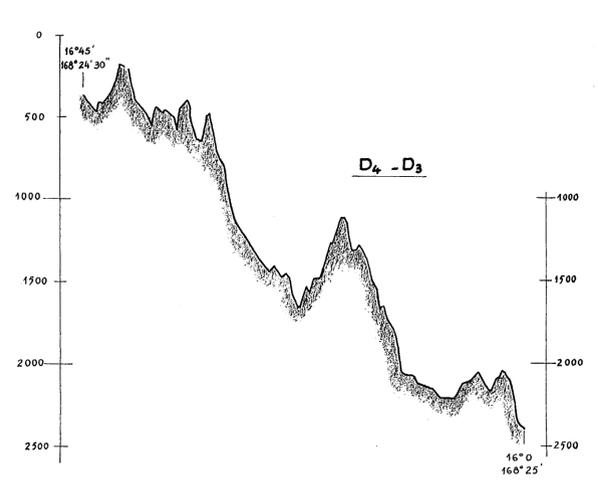
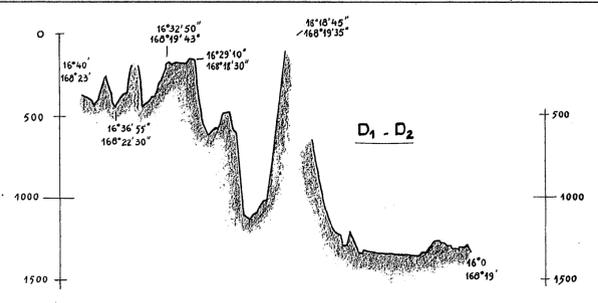
- [1] M.A. IVANOVA - Distribution of Sound - Velocities in the North Atlantic - Soviet Oceanography Transactions. Marine Physics. Vol. XXVIII -- 1963. pp. 15 - 21
- [2] V.A. DEL GROSSO - Letter to the Editor. Meteorologiya i gidrologiya - n° 2, 1959.
- [3] J. HOFFMAN - Applications des courbes hyperboliques au Sondage par écho - Rev. Hydrog. Internationale. Vol. XXXIV - n° 2 pp. 47 - 57.
- [4] J.J.ESPIRAT - Etudes géologiques de l'île Tongariki et observations sur la géologie des îles Shepherds. Rapport BRGM Août 1964 - 42 p.
- [5] Cartes du Service Hydrographique de la Marine - n° I960 - 4844 - 4987  
Canevas SH - I00



Carte 1  
**TRAJET du BATEAU**  
Echelle : 1/345.000



Carte 2  
**ISOBATHES**  
Echelle : 1/345.000



Levé bathymétrique de  
la zone à l'Est des îles EPI et AMBRYM

Profils bathymétriques

0 60 km.

Exagération verticale ~ 30x

