

CAMPAGNE SEAPSO 1 :
SUBDUCTION DANS L'ARC DES NOUVELLES HEBRIDES
ET INTERACTIONS DES RIDES DES LOYAUTE ET D'ENTRECASTEAUX

J. DANIEL (chef de Mission)

ORSTOM, B.P. A5 Nouméa, Nouvelle-Calédonie

1 - FICHE DESCRIPTIVE

- dates : départ le 16/10 de
Nouméa (Nouvelle-Calédonie)
: arrivée le 17/11 à
Port Vila (Vanuatu)

- lieu : arc insulaire des
Nouvelles-Hébrides (Vanuatu)

- liste des participants :

| | |
|---------------|---|
| J. DANIEL | Chef de mission ORSTOM |
| J. BUTSCHER | dessinateur, ORSTOM |
| J.Y. COLLOT | géophysicien, ORSTOM |
| C. DEPLUS | géophysicienne, Uni- versité d'Orsay |
| J. DUBOIS | géophysicien, Univer- sité d'Orsay |
| M. GERARD | géologue, Université d'Orsay / ORSTOM |
| P. MAILLET | géologue, ORSTOM |
| M.C. MONJARET | géologue, UBO/ORSTOM |
| M. MONZIER | géologue, ORSTOM |
| B. PELLETIER | géologue, ORSTOM |
| J. RECY | géologue, ORSTOM |
| V. RENARD | géophysicien, IFREMER |
| P. RIGOLOT | géologue, UBO/ORSTOM |
| S.J. TEMAKON | géologue, Dpt. of Geo- logy, Mines and Rural Water Supply of Va- nuatu |

- travaux réalisés (fig. 1)

- 194 profils en route
- 5000 milles de bathymétrie sea-
beam, sondeur 3,5 KHz, magnétisme
- 4200 milles de sismique réflexion
- 5 dragages de roches.

2 - OBJECTIFS ET MÉTHODES

2.1 - Objectifs

La campagne SEAPSO I a été
consacrée à l'étude des interac-
tions des rides des Loyauté et
d'Entrecasteaux et de l'arc des
Nouvelles-Hébrides.

2.1.1 - Ride des Loyauté / arc des
Nouvelles-Hébrides

L'objectif principal était de
caractériser les déformations
induites par l'arrivée de la ride,
sur les pentes externe et interne
de la fosse.

2.1.2 - Chaîne Sud d'Entrecasteaux
/ arc des Nouvelles-Hébrides

L'objectif était l'étude du
"promontoire Bougainville"
(Bougainville spur) et du champ de
déformations induites par la
collision.

2.1.3 - Ride Nord d'Entrecasteaux
/ arc des Nouvelles-Hébrides

L'objectif était d'examiner les
déformations du mur interne au
nord et au sud du banc de Wousi,
et de caractériser ce banc.

2.2 - Méthodes utilisées

L'ensemble du programme de la
campagne était basé sur l'utili-
sation du seabeam. En plus,
pendant toute la durée de la
campagne, on a enregistré le
magnétisme, la gravimétrie et
l'épaisseur de sédiments (sondeur
3,5 KHz). La sismique réflexion
grande vitesse a fonctionné sur
les 4/5 des profils.

3 - RÉSULTATS.

3.1 - Ride des Loyauté / arc des Nouvelles-Hébrides (fig. 2)

Les principaux résultats peuvent être résumés comme suit :

(1)- la ride des Loyauté évoque, par l'épaisseur de sa croûte (20-25 km), ses dimensions et sa morphologie, un arc insulaire; un vieux noyau continental (fragmentation de la marge est-australienne) pourrait constituer le substrat de formations volcaniques d'âge et de nature mal cernés, couronnées par des calcaires récifaux; le bombement de la plaque indo-australienne l'approche de la zone de subduction des Nouvelles-Hébrides provoque l'émergence des îles Loyauté.

(2)- Cette ride est bordée à l'est par des bassins océaniques formés entre 52 et 26 Ma; la ride comme les bassins adjacents supportent une série volcano-sédimentaire, plus ou moins régulière et dont l'épaisseur est généralement inférieure à 1 s.t.d.; les édifices volcaniques de la ride constituant probablement la source principale de ce matériel volcano-sédimentaire, cette ride doit logiquement présenter une épaisseur maximum au niveau de la ride et sur ses bordures immédiates.

(3)- La subduction de la plaque indo-australienne sous l'arc des Nouvelles-Hébrides s'effectue à 12 cm/an suivant une direction N70-75°E; la partie sud de l'arc a eu une histoire mouvementée due à l'extension récente (vers 2 Ma) de la subduction en direction du sud et au fonctionnement particulier de la terminaison arquée; de même la partie méridionale du bassin Nord-Fidjien a connu une évolution géodynamique complexe aboutissant au fonctionnement d'une dorsale NS dans l'axe du bassin; actuellement, le système "arc-dorsale" semble promis à une évolution rapide comme en témoignent les nettes déformations internes affectant les diverses plaques et microplaques de la région.

(4)- Vers 22°S la ride des Loyauté forme un saillant obtus qui vient "percuter" l'arc des Nouvelles-Hébrides; un calcul simple basé sur la géométrie du système, la direction et la vitesse de convergence néo-hébridaise donne un âge approximatif de 270.000 ans B.P. pour le début de la "collision"; cependant, la ride étant par endroits bordée d'une sorte de piémont, la "collision" franche a pu être précédée d'une brève phase de "pré-collision".

(5)- Au droit de la "collision", la zone de contact entre les plaques, définie par la sismicité superficielle, se trouve anormalement près de la fosse et à très faible profondeur; ceci résulte certes de l'engagement du relief inhabituel que constitue le saillant de la ride des Loyauté, mais peut-être aussi de la flottabilité de cette dernière qui tendrait à contrecarrer son enfoncement; pour ce qui concerne les autres caractères anormaux de la subduction et de la sismicité superficielle associée, au voisinage de la "collision", ils semblent dus principalement à l'évolution géodynamique et au fonctionnement particuliers de la terminaison arquée des Nouvelles-Hébrides : en effet, vers 22°S, une zone EW, transformante sénestre, isole du reste de l'arc la microplaque de Matthew-Hunter, laquelle, fortement couplée à la plaque indo-australienne, chasse rapidement vers l'est tout en se déformant.

(6)- La "collision" provoque un décalage en échelons, d'une quinzaine de kilomètres vers le NE, de la fosse par rapport à son tracé originel probable; dans la zone de serrage maximum le fond de fosse présente un seuil important et les deux murs des pentes anormalement fortes; le mur interne est visiblement soulevé par le sous-charriage du bord de la ride, soulèvement probablement accentué par un effet local de bourrage affectant le matériel volcano-sédimentaire de la plaque plongeante; cependant, le phénomène le plus remarquable lié à la "collision" concerne princi-

palement le mur externe de la fosse, sur lequel la série volcano-sédimentaire de la plaque indo-australienne, décollée de son substrat, s'écaille progressivement et s'accumule, le front de déformation montant, avec le temps, de plus en plus haut sur le flanc de la ride des Loyauté; ces plis chevauchants à vergence SW sur le mur externe signifient que les sédiments de la plaque plongeante ne peuvent, dans leur totalité, subduire ou s'accréter sous le mur interne, probablement parce que, plus épais à l'approche de la ride, ils sont devenus trop abondants pour être absorbés par une subduction déjà perturbée par la "collision"; la présence de quelques grandes failles normales recoupant la série plissée du mur externe pourrait s'expliquer par le rejeu récent d'accidents profonds liés au découpage en blocs de la ride des Loyauté à l'approche de la fosse; ainsi, le décollement partiel et l'écaillage des formations sédimentaires du mur interne, qui ne peuvent aller qu'en s'amplifiant au fur et à mesure que la "collision" s'intensifie, serait provisoirement interrompu depuis quelques temps par une phase de rémission.

3.2 - Chaîne Sud d'Entrecasteaux / arc des Nouvelles-Hébrides.

Dans cette zone, on peut observer deux stades du processus de collision/subduction d'un mont sous-marin, et l'érosion tectonique qui l'accompagne.

- La subduction du guyot Bougainville constitue le stade initial du phénomène. L'arrivée du guyot a provoqué une indentation de 10 km dans la pente interne, avec soulèvement et écaillage du complexe d'accrétion, qui localement domine, de 1000 m environ, le guyot.

- Au nord et au sud du guyot, les pentes internes présentent des morphologies contrastées, le complexe d'accrétion offrant plus de résistance aux déformations latérales au nord qu'au sud. Au sud, en effet, un rentrant

circulaire d'environ 20 km de diamètre échancre la pente interne. Ce rentrant est vraisemblablement la trace de la subduction d'un mont sous-marin et constitue ainsi le stade final du processus de collision/subduction d'un mont sous-marin. La trajectoire supposée du mont sous-marin recoupe l'île de Mallicollo au niveau du maximum du soulèvement provoqué par le séisme de 1965. Cette coïncidence suggère que la subduction du mont sous-marin pourrait être responsable à la fois de la formation du rentrant par érosion tectonique et du soulèvement du nord de l'île de Mallicollo.

3.3 - Ride Nord d'Entrecasteaux / arc des Nouvelles-Hébrides.

L'étude du contact a permis de mettre en évidence le phénomène d'érosion tectonique. La ride nord d'Entrecasteaux, orientée est-ouest est légèrement oblique (d'environ 15°) par rapport à la direction de convergence des plaques, de sorte que lors du mouvement elle se déplace le long de la fosse, vers le nord, à une vitesse de l'ordre de 2 cm/an.

On peut diviser le complexe d'accrétion en trois zones, représentatives chacune d'un stade du processus de collision :

- la partie nord a une structure lobée constituée par des décrochements et des failles inverses, ainsi que par des glissements par gravité et des déplacements latéraux de matériau poussé par la ride;

- la partie centrale, qui recouvre directement la ride, a été fortement soulevée, formant ainsi une ligne de décollement le long de laquelle une érosion tectonique par glissements s'est mise en place;

- la partie sud, située dans le "sillage" de la ride, présente des blocs limités par des failles normales et d'importantes surfaces d'arrachement, témoins de glissements en masse.

En conclusion, lors de sa "migration" vers le nord au cours de la subduction, la ride érode l'arc.

4 - RÉSUMÉ ANGLAIS (ABRIDGED VERSION)

SEAPSO I cruise.

4.1 - Introduction

- dates : from October 16 (Noumea, New Caledonia) to November 17 (Port Vila, Vanuatu).

- area : New Hebrides trench (New Caledonia and Vanuatu).

- scientific party participating in the cruise :

| | |
|---------------|--|
| J. DANIEL | chief scientist, ORSTOM |
| J. BUTSCHER | draughtsman, ORSTOM |
| J.Y. COLLOT | geophysicist, ORSTOM |
| C. DEPLUS | geophysicist, University of Orsay |
| J. DUBOIS | geophysicist, University of Orsay |
| M. GERARD | geologist, ORSTOM/ University of Orsay |
| P. MAILLET | geologist, ORSTOM |
| M.C. MONJARET | geologist, ORSTOM/ University of Brest |
| M. MONZIER | geologist, ORSTOM |
| B. PELLETIER | geologist, ORSTOM |
| J. RECY | geologist SEAPSO project leader, ORSTOM |
| V. RENARD | geophysicist, IFREMER |
| P. RIGOLOT | geologist, ORSTOM/ University of Brest |
| S. J. TEMAKON | geologist, observer from Dpt. of Geology, Mines and Rural Water Supply of Vanuatu. |

- Opérations

- 900 km of seabeam bathymetric and magnetic records
- 7400 km of gravity records
- 7500 km of single channel seismic reflection
- dredgings : 2 successfull / 5.

Bathymetric, gravimetric and magnetic data were reprocessed at the IFREMER (ATDO) Centre of Brest and maps were established from those data.

4.2 - Objectives.

The first leg of the J. Charcot SEAPSO cruise was devoted to the study of the contact of ridges and other irregularities of the dipping plate with the New Hebrides island arc.

Two main targets were identified :

(1) LNH : Loyalty ridge / NH island arc interaction :

the objective was to recognize and map the deformations caused along the inner and outer trench slopes by the approach of the Loyalty ridge, and to deduce the variations in the nature and orientation of stress regimes affecting this area.

(2) DNH: d'Entrecasteaux zone / NH island arc interaction :

the objective was to study in detail 3 areas that appear to have been influenced by the subduction of the d'Entrecasteaux zone.

a) interaction between the North d'Entrecasteaux ridge (NDR) and the Santo block : collision, indentation and possible accretion of a crustal block of the ridge (the Wousi bank) to the fore-arc.

b) interaction between the South d'Entrecasteaux chain with the southern submarine prolongation of Santo : structure and deformation of the "Bougainville Spur" and nature of the transition zone between subduction and collision northwards and southwards of the spur.

c) study of the transition between the tensional and compressive regimes characterizing the dipping plate, southwards of Malekula (17°S).

4.3 - Main results

4.3.1 - Loyalty ridge/New Hebrides island arc interaction.

In this incipient ridge /arc collision case, the localization of the contact, at the arcuate end

of the subduction zone induces a singular tectonic pattern.

On the basis of the general geometry of the Loyalty ridge and assuming a $N75^\circ$ converging motion of 12 cm/year, it can be inferred that the "collision" began less than 300,000 years ago.

In front of the ridge, the interplate thrust zone, as defined from the shallow seismicity, is clearly close to the trench axis and very shallow. This situation could be due to the buoyancy of the ridge, inducing a resistance to its dipping. Some other peculiarities in the seismicity seem to be related to the left-lateral strike-slip fault zone, observed at $22^\circ S$, which segments the arc and isolates the Matthew-Hunter microplate moving eastwards.

The bathymetric map clearly shows the shallowing of the trench in front of the Loyalty ridge salient. The trench axis is shifted towards the northeast by an en-echelon strike-slip system. The inner wall of the trench is uplifted by the underthrusting of the ridge, but the most important effect of the incipient collision is the tectonic pattern of the outer wall. The volcani-sedimentary series of the dipping plate is progressively imbricated by thrusting and folding, above a decollement fault plane, the front of this imbricate structure propagating westwards and upwards to the edge of the Loyalty ridge.

The existence of some normal faults crosscutting the thrusts and folds of the outer wall is interpreted as a provisional break in the compressional process, those faults, using the primary structural trends of the northeastern edge of the Loyalty ridge.

4.3.2 - Bougainville guyot/New Hebrides island arc interaction.

Seabeam bathymetry and potential field data as well as single channel and multichannel seismic sections collected near the

collision zone between the Bougainville guyot and the New Hebrides island arc show the beginning and final stages of the collision process that leads to subduction of a seamount and tectonic erosion of the accretionary complex. The ongoing subduction of the Bougainville guyot depicts the initial stage of the collision in which the guyot has made a 10 km indentation in the arc slope. Uplift and thrust faulting concomitant with the indentation of the slope, caused an antiformal in the accretionary complex that towers 1000 m over the guyot. Contrasting morphologic patterns observed along the arc slope suggest that the accretionary complex north of the Bougainville guyot offers more resistance to lateral deformation than does the accretionary complex south of the guyot. South of this guyot, a circular reentrant, 20 km in diameter, indents the arc slope. The reentrant was probably carved by subduction of a seamount, and this scar exemplifies the final stage of seamount-arc collision. After the seamount eroded the arc slope, a newly created accretionary complex started to develop across the mouth of the reentrant. The trajectory followed by the suspected seamount intersects north Malekula Island at the site of maximum uplift imposed during the 1965 earthquake sequence. This coincidence suggests that the subducted guyot might be responsible for both the erosional reentrant and the uplift of north Malekula.

4.3.3 - North d'Entrecasteaux Ridge/New Hebrides island arc interaction.

The North d'Entrecasteaux ridge trends east-west at a small oblique angle (15°) to the plate convergence direction so that the ridge moves northward along the trench at about 2 cm/yr.

We divide the accretionary complex in the collision zone into three parts that represent progressively more advanced stages of the collision. The northern part has a

lobate structure formed by strike slip and thrust faults as well as massive slumps and accreted material pushed by the ridge. The rocks of the central part, which directly overlie the subducted ridge, have been uplifted greatly, causing an extensional detachment. The accretionary complex in this region is being tectonically eroded by trenchward slumping along this detachment. The southern part, which lies in the wake of the passing ridge, is characterized by blocks bounded by normal faults and by large slump scars.

Therefore, northward migration during subduction of the ridge effectively erodes the island arc. In addition, all three parts are transected by N60°W to N45°E trending faults that locally show strike slip offset. This structural pattern results from the angle of impingement of the ridge against the arc.

5 - LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS ISSUES DE LA CAMPAGNE.

- DANIEL J. et l'Equipe scientifique de la campagne SEAPSO, Leg I, 1985 - Rapport scientifique de la campagne SEAPSO Leg I - Multigr. ORSTOM Nouméa.

- FISHER M., COLLOT J.Y., RECY J. and DANIEL J., 1986 - Structure imposed on New Hebrides island arc by subduction of d'Entrecasteaux zone, a major submarine mountain chain - Abstr. Circum Pacific Energy and Mineral Resources Conference, Singapore, Aug. 1986.

- AUZENDE J.M., DANIEL J., EISSEN J.P., FOUCHER J.P., PONTOISE B. and RECY J., 1986 - SEAPSO project in the New Hebrides - Fiji - Tonga area. Abstr. Circum-Pacific Energy and Mineral Resources Conference, Singapore, Aug. 1986.

- DANIEL J. et l'Equipe scientifique de SEAPSO I, 1986 - Subduction et collision le long de l'arc des Nouvelles-Hébrides (Vanuatu) : résultats préliminaires de la campagne SEAPSO (Leg I)

- C.R. Acad. Sc. Paris, t. 303, serie II n° 9, 805-810.

- DANIEL J., PONTOISE B., DUBOIS J. and the SEAPSO legs I and V shipboard scientific party, 1986 - Some examples of ridge subduction in the Southwest Pacific. Abstr. Internat. Kaiko conference on subduction zones - Nov. 86, Tokyo (Japan).

- DANIEL J., PONTOISE B., RECY J. and SEAPSO shipboard scientific party, 1986 - Arc-ridge collisions and back-arc rifting in the Southwest Pacific - Abstr. Symposium WESTPAC on Marine Science in the Western Pacific. Dec. 86 - Townsville (Australie).

- DANIEL J., 1986 - Scientific Report SEAPSO cruise, Leg I - in SEAPSO CRUISE rapp. multigr. IFREMER-ORSTOM.

- COLLOT J.Y., FISHER M.A., 1987 - Tectonic erosion of an accretionary complex within the North d'Entrecasteaux ridge. New Hebrides island arc collision zone. AGU 1987 Fall Meeting - EOS Trans. vol. 68 n° 44, p. 1486.

- DUBOIS J., DEPLUS C., DIAMENT M., DANIEL J. and COLLOT J.Y., 1988 - Subduction of the Bougainville seamount (Vanuatu) : mechanical and geodynamic implications. Tectonophysics, 149, pp. 111-119.

- COLLOT J.Y. and FISHER M.A., 1988 - Tectonics effects of the collision of the Bougainville Guyot and another seamount on the New Hebrides accretionary complex. AGU 1988 Fall Meeting - EOS Trans. vol. 69 n° 44, p. 1407.

- MONZIER M., DANIEL J., MAILLET P. (in press) - An incipient ridge-arc collision : the Loyalty ridge - New Hebrides arc case (Southwest Pacific) - Abstract soumis au Congrès Géologique Mondial. Washington 1989.

- COLLOT J.Y. and FISHER M.A. - Stages of structural evolution of accretionary complex : results of collision between seamounts, ridges, and the New Hebrides

island arc. Submitted to IGC, Washington, 1989.

- FISHER M.A. and COLLOT J.Y.- Tectonic structure of the accretionary wedge developed where the d'Entrecasteaux Zone collides with the New Hebrides island arc. Submitted to IGC, Washington, 1989.

- COLLOT J.Y. and FISHER M.A.- Structural pattern and tectonic erosion of an accretionary complex within the North d'Entrecasteaux ridge - New Hebrides collision zone. in prep. for J. Geophys. Res.

- FISHER M.A. and COLLOT J.Y.- Deep structure of an accretionary complex in the collision zone of the d'Entrecasteaux ridge with the New Hebrides island arc. in prep. for J. Geophys. Res.

- COLLOT J.Y. and FISHER M.A. - The collision between the Bougainville Guyot and the New Hebrides island arc : tectonic effects on the accretionary complex. in prep.

LEGENDES DES FIGURES

- Fig. 1 - Plan de la campagne SEAPSO 1

- Fig. 2 - Ride des Loyauté /Arc des Nouvelles-Hébrides : une "collision" originale dans un contexte géodynamique complexe. 1 = ride des Loyauté; 2 = piémont de la ride; 3 = fosse sud des Nouvelles-Hébrides et mouvement relatif actuel de convergence le long de cette frontière; 4 = zone transformante sénestre 22°S et mouvement relatif actuel de coulisage le long de cette frontière; 5 = zones en extension et mouvement relatif actuel d'écartement; CT = fossés du Coriolis; PAB = bassin en "pull-apart" de Hunter; 6 = accident actif et mouvement relatif actuel; 7 = structuration ancienne (contexte transformant probable) des bassins Nord-Fidjien et Sud-Fidjien; 8 = partie du mur externe où la série sédimentaire de la plaque plongeante est affectée par des plis et de chevauchements, au droit de la zone de serrage maximum; 9 = zone du mur interne probablement soulevée sous l'action de la "collision" ride-arc; 10 = mont sous-marin; cette figure est largement inspirée de MAILLET et al. (in press); les taux des principaux mouvements relatifs actuels sont repris de LOUAT and PELLETIER (in press) et PELLETIER and LOUAT (in press).

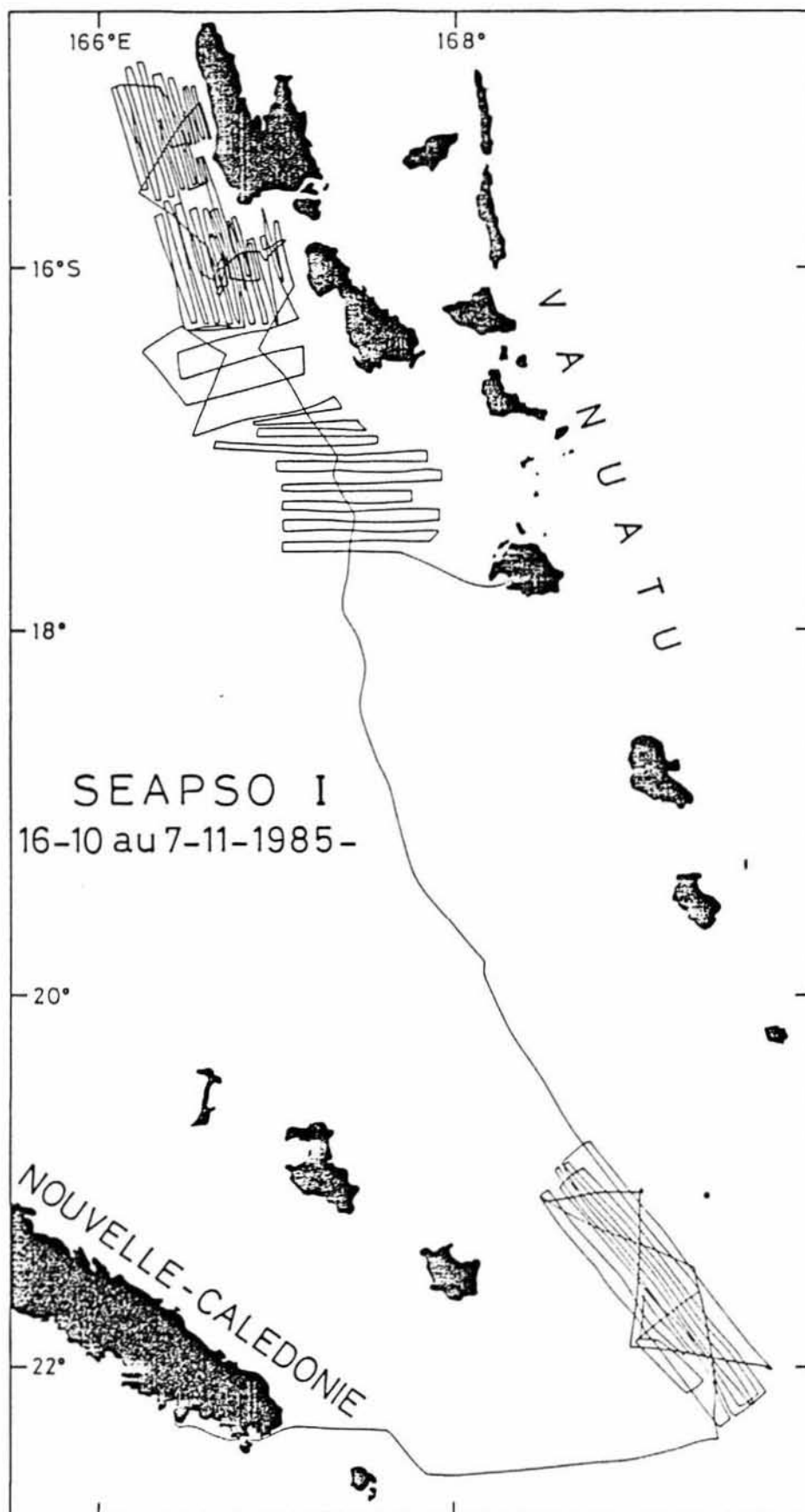


Figure 1

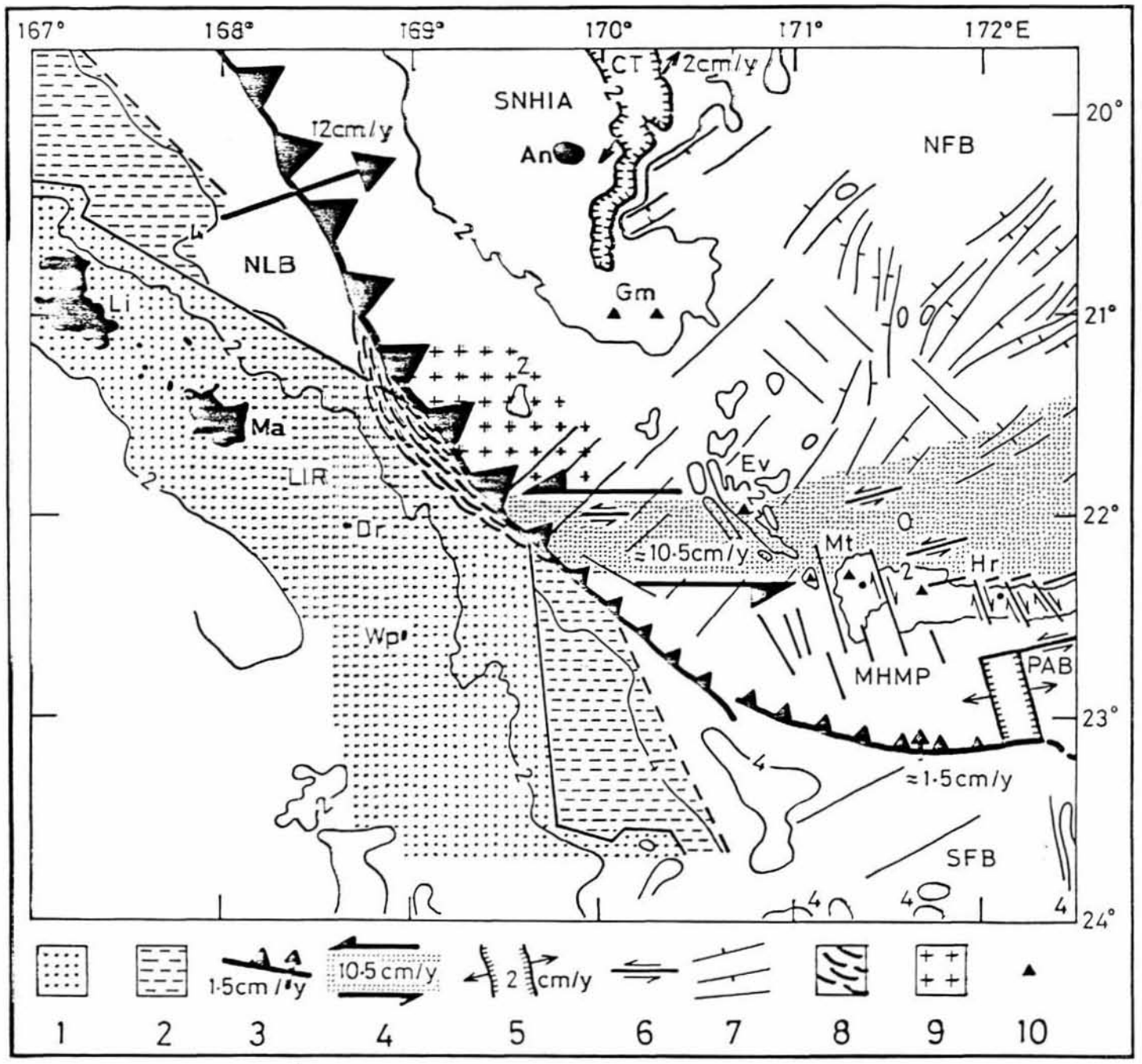


Figure 2