

**OCÉANOGRAPHIE DYNAMIQUE.** — *La subduction de la ride de Louisville le long de la fosse des Tonga : premiers résultats de la campagne SEAPSO (Leg V).* Note de Bernard Pontoise, Bernard Pelletier, Jean Aubouin, Nicolas Baudry, René Blanchet, John Butscher, Pierre Chotin, Michel Diament, Jacques Dupont, Jean-Philippe Eissen, Jacky Ferrière, Rick Herzer, André Lapouille, Rémy Louat, Laurent d'Ozouville, Sione Soakai et Andy Stevenson, présentée par Jean Aubouin, Membre de l'Académie.

Des levés bathymétriques et géophysiques réalisés le long de la fosse des Tonga, lors de la cinquième partie de la campagne SEAPSO du *J.-Charcot* dans le Sud-Ouest Pacifique, permettent de caractériser la structure des murs externe et interne de la fosse au niveau où la ride de Louisville portée par la plaque pacifique vient obliquement en subduction. La plaque pacifique plongeante est découpée par un faisceau spectaculaire de failles normales nouvellement créées au front de la zone de subduction, perpendiculairement à l'alignement apparent EW des anomalies magnétiques de la croûte océanique dans ce secteur. Ces failles affectent également la ride de Louisville. Cependant le mont Ozbourn, constituant l'extrémité nord de la ride, apparaît moins découpé que la croûte océanique environnante et semble avoir pour le moment résisté au faillage. Ces horsts et grabens orientés NS sont parallèles ou obliques au contact de subduction et déterminent la morphologie de détail de la fosse alors que son allongement général est commandé par la forme de la marge de l'arc insulaire des Tonga. La fosse, étroite, se caractérise par l'absence de remplissage sédimentaire important. Le mur interne est affecté par des failles normales et accompagne la descente en subduction de la plaque plongeante. Aucun prisme d'accrétion n'est présent même au droit de la ride de Louisville où il existe cependant un haut relatif lié à un soulèvement ou un moindre affaissement du mur interne. Ainsi la fosse des Tonga appartient à la catégorie des marges convergentes en régime de tension et la ride de Louisville, bien qu'elle déformé localement le mur interne, plonge aisément sous l'arc.

**DYNAMICAL OCEANOGRAPHY.** — Subduction of Louisville ridge along the Tonga trench: preliminary results of SEAPSO campaign (Leg V).

*Seabeam bathymetric and geophysical surveys conducted along the Tonga trench, during the fifth Leg of the J.-Charcot SEAPSO campaign in the southwest Pacific, permit to determine the structural pattern of outer and inner slopes where the Louisville ridge carried by the pacific plate enters obliquely in subduction. The down going pacific plate is sliced, before being subducted, by a spectacular network of newly created normal faults perpendicular to the apparent EW oceanic basement structure (magnetic fabric) in this area. These faults also affect the Louisville ridge. However, the Ozbourn seamount at the northern end of the ridge appears less affected than the neighbouring oceanic crust and seems to have since resisted to faulting. These horsts and grabens trending NS are parallel or oblique to the subduction contact and control the detailed morphology of the trench when its general morphology is due to the shape of the Tonga arc margin. The trench is narrowed and characterized by the lack of an important sedimentary filling. The inner slope is also affected by normal faults and follows the subduction of the down-going plate. None accretionary prism is present along the Tonga trench, even in the contact zone between the Louisville ridge and arc. In this place, a relative high related to an uplift or a lesser collapse of the inner slope is noted. Thus the Tonga trench belongs to the category of convergent margin without accretion and characterized by tension and the Louisville ridge is relatively easily subducted although it induces some deformations in the inner slope.*

**INTRODUCTION.** — Situées dans le Sud-Ouest Pacifique, les fosses des Tonga et Kermadec allongées sur 2 500 km marquent la subduction de la plaque Pacifique vers l'Ouest sous la plaque Australo-indienne [1]. Ces fosses sont séparées vers la latitude de 26°S par un seuil dû à l'arrivée de la ride de Louisville portée par la plaque Pacifique [2]. Compte tenu des orientations respectives de la frontière des plaques (N 20° E), de la ride de Louisville (N160°E) et de la direction de convergence (WNW), la ride de Louisville a « balayé » du Nord vers le Sud tout ou partie de l'arc des Tonga; elle est soupçonnée de modifier la morphologie et le régime tectonique de l'arc lors de son passage ([3] à [9]). La cinquième partie (13-28 janvier 1986) de la campagne SEAPSO menée dans le Pacifique Sud-Ouest conjointement par l'ORSTOM et l'IFREMER a permis de cartographier en détail avec l'outil Seabeam une portion de la fosse des Tonga, au niveau où

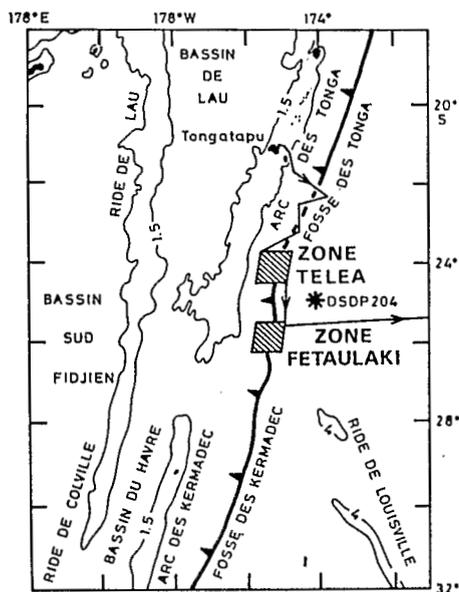


Fig. 1

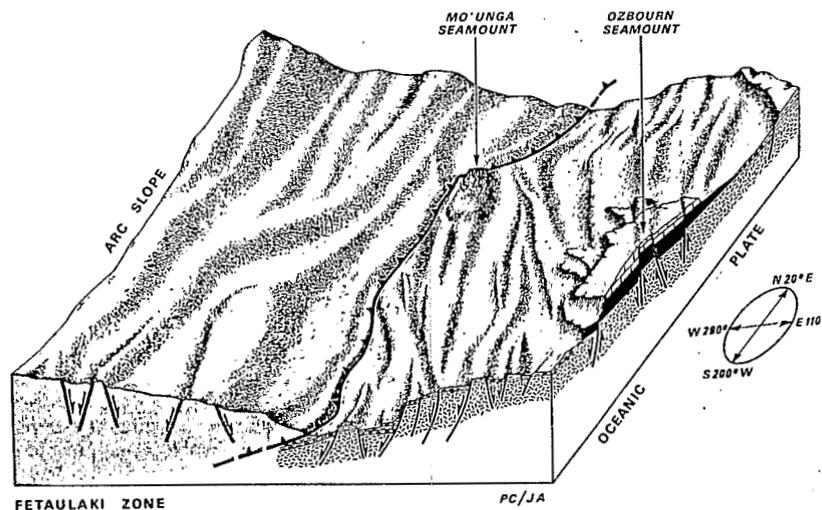


Fig. 2

Fig. 1. — Carte schématique de la subduction des Tonga et Kermadec avec l'emplacement des zones étudiées lors de la cinquième partie de la campagne SEAPSO. La bathymétrie simplifiée (profondeur en kilomètres) provient de la carte de Mammerickx et coll. [2].

Fig. 1. — Schematic map of the Tonga and Kermadec subduction zone with location of the surveyed areas during the fifth Leg of SEAPSO campaign. The simplified bathymetry (depth in kilometres) is from the map of Mammerickx et al. [2].

Fig. 2. — Bloc-diagramme schématique de la zone Fetaulaki (voir pl. II).

Fig. 2. — Schematic block-diagram of the Fetaulaki zone (see pl. II).

la ride de Louisville vient en contact avec l'arc des Tonga (fig. 1). Les levés bathymétriques ont été complétés par des profils de sismique monotraces et des mesures de magnétisme et gravimétrie. Cette zone avait déjà fait l'objet de travaux de sismique multitraces [10], sismique réfraction et dragages [11].

Lors du leg V de SEAPSO, deux secteurs ont été cartographiés : le premier aux alentours de 24°S dans la zone post interaction ride-arc, où les documents bathymétriques antérieurs montraient une brusque inflexion de la fosse depuis une direction NNE-SSW à une orientation N-S [2]; le second par 26°S centré sur le contact entre l'extrémité de la ride de Louisville et l'arc des Tonga (fig. 1).

LE SECTEUR NORD; LA ZONE TELEA (pl. I). — Malgré une cartographie médiocre due à des difficultés dans le levé Seabeam, plusieurs points sont à noter.

#### EXPLICATIONS DES PLANCHES

##### Planche I

Carte bathymétrique Seabeam de la fosse des Tonga à 24°S : zone Telea (équidistance des courbes, 100 m; 4, 5, 6, 7, etc. km).

Seabeam bathymetric map of the Tonga trench at 24°S: Telea area (contour interval, 100 m; 4, 5, 6, 7, etc. km).

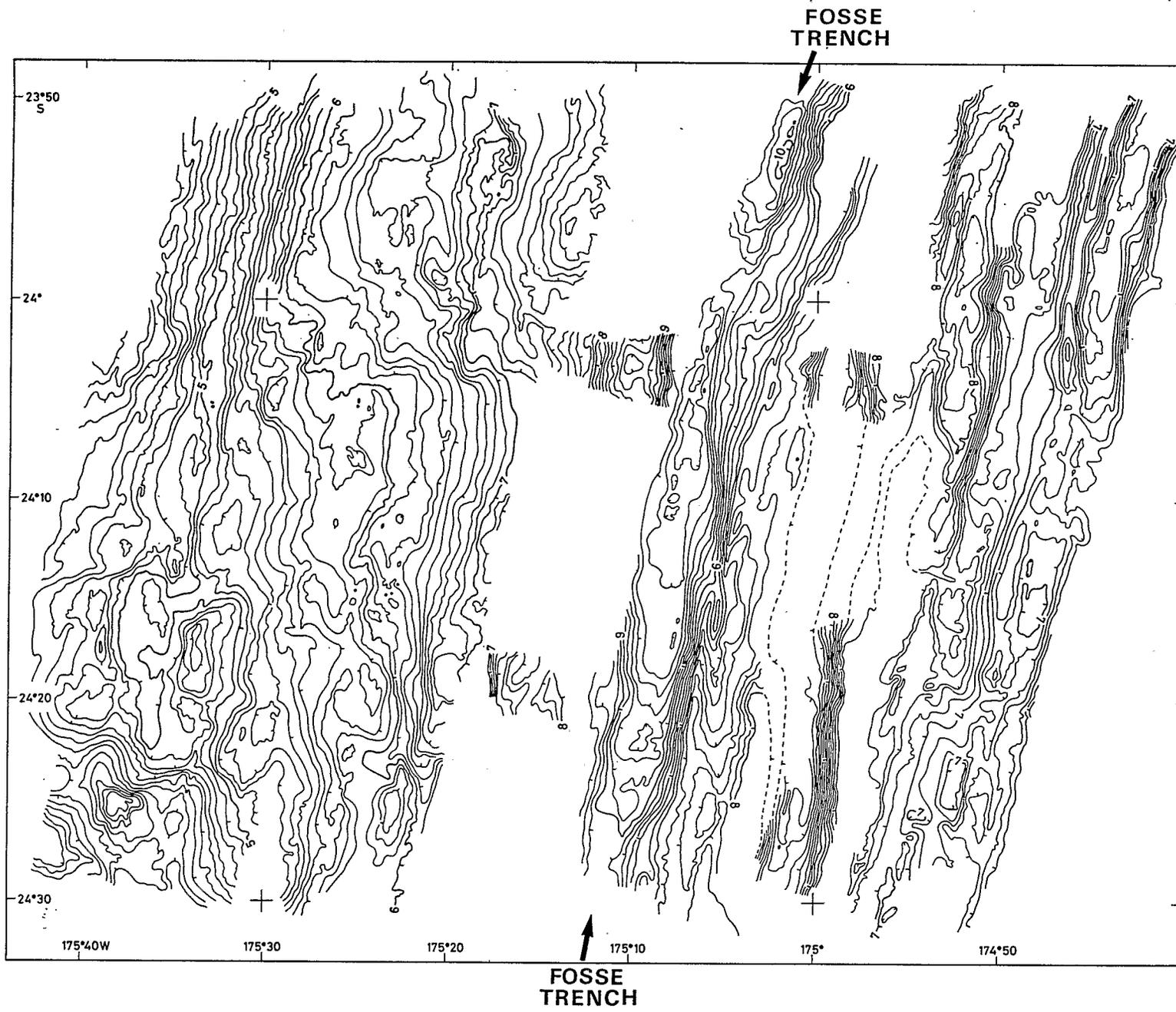
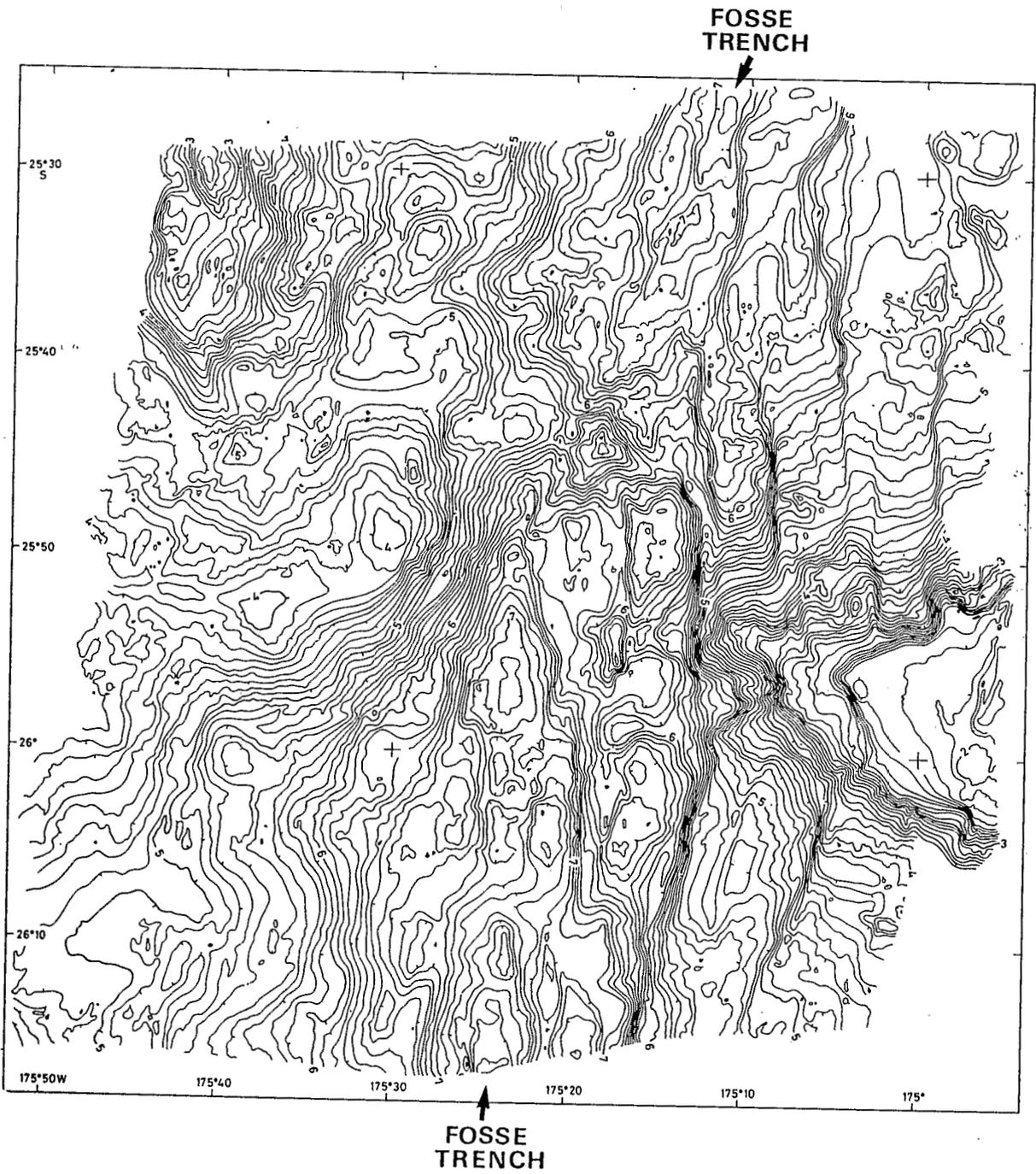


PLANCHE I/PLATE I

BERNARD PONTOSE



## Planche II

Carte bathymétrique Seabeam de la fosse des Tonga au contact avec la ride de Louisville : zone Fetaulaki (équidistance des courbes, 100 m; 4, 5, 6, 7, etc. km).

*Seabeam bathymetric map of the Tonga trench at contact with the Louisville ridge: Fetaulaki area (contour interval, 100 m; 4, 5, 6, 7, etc. km).*

La plaque océanique, drapée par une mince couverture sédimentaire, est intensément découpée par un réseau de failles normales, la structurant en horsts et grabens. Les failles à regard Ouest prédominent; leur rejet peut atteindre 1 500 m. Ces structures plus ou moins parallèles à la fosse (N20°E) dans la partie nord sont clairement obliques (environ 20°) au Sud où elles ont une orientation méridienne. Ces structures ne sont pas marquées par le magnétisme; à l'inverse, des anomalies magnétiques de direction E-W évoquant fortement des anomalies d'expansion océaniques ont été mises en évidence, ce qui pose le problème de l'âge de la lithosphère pacifique face au Tonga appartenant classiquement à la période magnétiquement calme du Crétacé (de 110 à 80 M.a.) ([12], [13]). De plus ces anomalies sont très obliques par rapport aux premières anomalies datées plus à l'Est du Crétacé terminal (anomalie 32 : 75 M.a.). Cette zone serait donc plus ancienne que 110 M.a., d'âge Crétacé inférieur, ce qui conforterait les quelques données paléontologiques du forage DSDP 204 [14]. Ceci demande à être vérifié par un levé magnétique de plus grande extension.

La fosse est divisée en deux bassins étroits atteignant plus de 10 000 m pour le plus septentrional et ne montrant pas de remplissage sédimentaire important. Limitée à l'Est par un dispositif de failles N-S en échelon, elle présente un allongement général N20°E, contrairement aux documents bathymétriques antérieurs qui lui attribuaient une nette virgation dans cette zone (de N25°E à N170°E) [2].

La pente interne est caractérisée par une morphologie en gradins dont certains ont la forme de bassins suspendus fermés à très faible remplissage sédimentaire. Les profils de sismique monotraces autorisent à les considérer comme des blocs affaissés, soit simplement à contre pente, soit sous forme de graben. Aucun prisme d'accrétion n'est présent; le régime tectonique du mur interne est à l'extension. Le mur interne est également caractérisé par une profondeur de moins en moins importante du Nord vers le Sud, tandis que se développent des structures transverses. Le coin Sud-Ouest relativement soulevé est exactement dans le prolongement de la ride de Louisville (N160°). Il pourrait être un jalon de la partie nord de la ride de Louisville déjà subductée.

LE CONTACT RIDE DE LOUISVILLE-ARC DES TONGA; LA ZONE FETAULAKI (*pl. II*). — Dans ce secteur, la fosse des Tonga a une direction N20°E au Nord de la jonction avec la ride de Louisville et passe à une direction méridienne au Sud.

La plaque océanique possède deux catégories de reliefs :

1. des monts sous-marins correspondant à la terminaison nord de la ride de Louisville. Ce sont l'imposant mont Ozbourn qui culmine à -1 920 m et un mont plus petit (appelé mont Mo'unga) déjà engagé dans la fosse dont le sommet est à -5 120 m; l'un et l'autre sont marqués par une forte anomalie magnétique. Le mont Ozbourn est couronné par une plate-forme sédimentaire de 0,5 std d'épaisseur en moyenne. La morphologie de détail est celle d'un karst aux nombreuses dépressions fermées. L'ensemble correspond assez bien aux résultats des dragages qui rapportèrent des grès calcaires et des basaltes [11];

2. des escarpements de failles normales qui dessinent une suite de horsts et grabens découpant la plaque plongeante. Ces structures dont la largeur est d'environ 8 km en moyenne ont des orientations N-S à N10°E; elles arrivent obliquement à la fosse (orientée N20° à 25°E) au Nord de la ride de Louisville alors qu'elles sont parallèles au Sud. Ces failles affectent aussi bien la croûte océanique — leur rejet peut atteindre 750 m — que la ride de Louisville. Cependant dans ce dernier cas, si le mont Mo'unga est clairement limité par des failles normales et porté par un horst, le mont Ozbourn semble avoir pour le moment résisté au faillage; il a vocation à être découpé davantage en s'approchant de la zone de subduction comme cela a déjà été observé pour les monts Kashima et Erimo dans la fosse du Japon [15]. Ce faisceau spectaculaire de failles, qui s'étend à plus de 30 milles de la fosse, caractérise la flexion de la plaque océanique avant son entrée en subduction; le long du transit vers l'Est en direction de Tahiti, les derniers et rares effets de cette flexion sont visibles jusqu'à 60 milles de la fosse, après quoi apparaissent de nouvelles directions sublatitudinales sans doute caractéristiques du grain structural de la plaque océanique.

*La fosse* comporte trois secteurs :

1. un secteur septentrional orienté N25°E qui s'approfondit vers le Nord (−7 100 m) et qui présente un relais du côté océanique à la faveur d'un graben;

2. un secteur central qui forme un seuil occupé par le mont Mo'unga perché sur un horst de la plaque océanique. Ainsi, le contact de subduction est porté à un col (−5 540 m) à l'Ouest du mont Mo'unga, plus haut que le graben qui suit à l'Est, du côté océanique (−6 100 m). De la sorte, le contact de subduction n'est pas dans la dépression la plus profonde;

3. un secteur méridional rectiligne, orienté N-S qui s'approfondit vers le Sud (−7 700 m) et qui correspond exactement à un graben de la plaque plongeante; tandis qu'un graben parallèle du côté océanique, moins profond, prépare la future fosse qui apparaîtra lorsqu'il viendra au contact du mur interne.

L'attitude du contact de subduction varie donc axialement de façon significative, s'abaissant au niveau de la subduction des grabens de la plaque plongeante, s'élevant au niveau de la subduction des horsts et, plus encore, des monts sous-marins.

*Le mur interne* est caractérisé par un régime tectonique extensif. Rien ne permet d'y reconnaître d'éventuel pli ou chevauchement. Le mur interne peut être divisé en deux domaines de part et d'autre d'une brusque inflexion E-W des courbes de niveau :

1. un domaine sud marqué par une importante zone déprimée, découpée par un dispositif en marches d'escalier (failles normales) orientées N-S; l'effondrement du bas du mur interne — en blocs, à la manière d'une marge passive — paraît accompagner l'affaissement de la plaque pacifique;

2. un domaine nord, en face de la ride de Louisville, plus élevé de 2 000 m en moyenne que le secteur sud; il est structuré en grands panneaux N-S à N20°E faiblement inclinés à contre pente et pouvant donner des bassins suspendus fermés. On peut y voir l'effet d'un soulèvement — ou d'un moindre affaissement — lié au passage sous la marge d'autre(s) mont(s) sous-marin(s) de la ride de Louisville.

CONCLUSION. — La fosse des Tonga se caractérise par l'absence de processus d'accrétion, même au niveau de la subduction de la ride de Louisville. Bien au contraire, la pente de l'arc accompagne, par un jeu de failles extensives, la subduction de la plaque océanique; le passage de la ride de Louisville ne provoque qu'un soulèvement ou qu'un moindre affaissement du mur interne. Le régime général de la subduction autorise à

considérer que le flanc interne de l'arc est en perpétuelle érosion tectonique. La direction générale de la fosse (N20°E) est gouvernée par la forme de la marge de l'arc des Tonga; cependant, les structures de détail de la fosse sont déterminées par les structures de la plaque plongeante qui balayent du Nord vers le Sud le pied du mur interne.

L'affrontement de la ride de Louisville avec l'arc des Tonga est marqué par un haut relatif du pied du mur interne. Au Nord, celui-ci semble avoir disparu par effondrement progressif dans la fosse. Au Sud, le bas du mur est marqué par une zone très déprimée, l'affrontement n'ayant pas encore eu lieu; le mont Ozbourn, qui n'est pas encore dans la fosse, a vocation à y venir plus au Sud-Ouest, après que les différents grabens de la plaque océanique aient occupé successivement la position de la fosse proprement dite. *A priori*, deux hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer la présence de ce promontoire : (1) il résulte du soulèvement du bas du mur interne lors du balayage de la ride et disparaîtra lors du retour à la subduction normale; (2) il existait avant l'arrivée de la ride; situé plus à l'Ouest et faisant partie d'une zone plus interne de l'arc des Tonga, il a été porté au contact de subduction par disparition (érosion) du bas du mur interne (zone déprimée) au fur et à mesure du déplacement vers le Sud de la ride. Ces hypothèses pourraient être éprouvées par des forages sur le mur interne le long d'un profil N-S afin de déterminer l'âge et l'ampleur des mouvements verticaux.

La cinquième partie de SEAPSO a montré que l'arc des Tonga appartient à la catégorie des marges convergentes extensives. Après la fosse du Japon ([15] et [16]), la fosse des Mariannes [17] et la fosse d'Amérique centrale [18], la fosse des Tonga indique la généralité de ce type de marge sans accréation où l'érosion tectonique domine, par opposition aux marges convergentes compressives où l'accession active semble liée à la grande épaisseur de la série sédimentaire. Cette campagne a également permis de donner un nouvel exemple de subduction de ride aiséismique. Bien que le mur interne de l'arc des Tonga soit anormalement haut en face des monts sous-marins de la ride de Louisville, ceux-ci sont relativement aisément subductés par suite d'un découpage préalable par failles normales, comme il l'avait déjà été montré pour les seamounts de la fosse du Japon [15] et des Marnes [19].

Reçue le 23 juin 1986.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] J. OLIVER et B. ISACKS, *J. Geophys. Res.*, 72, 1967, p. 4259-4275.
- [2] J. MAMMERICK et coll., *Bathymetry of the South Pacific*, Scripps Inst. Ocean., 12, 1971.
- [3] R. L. LARSON et C. G. CHASE, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 83, 1972, p. 3627-3644.
- [4] P. R. VOGT et coll., *Geol. Soc. Amer.*, special paper, 172, 1976, 59 p.
- [5] B. ISACKS et M. BARAZANGI, in *Island Arcs, deep sea Trenches and Back-Arc Basins*, M. Ewing Series, 1, A.G.U., 1977, p. 99-114.
- [6] J. DUPONT, *Comptes rendus*, 289, série D, 1979, p. 245-248.
- [7] J. DUPONT, in *Contribution à l'étude géodynamique du Sud-Ouest Pacifique*, Équipe géologie-géophysique de Nouméa, 1982, p. 263-282.
- [8] J. DUPONT et R. HERZER, in *Geology and offshore resources of Pacific Island arcs—Tonga region*, Earth Science Series, 2, 1985, p. 323-332.
- [9] G. H. PACKHAM, in *Geology and offshore resources of Pacific Island Arcs—Tonga region*, Earth Science Series, 2, 1985, p. 291-300.
- [10] D. W. SCHOLL et T. L. VALLIER, *Geology and offshore resources of Pacific Island arcs—Tonga region*, Earth Science Series, 2, 1985, 488 p.
- [11] H. S. GNIBIDENKO et coll., *Tectonophysics*, 112, 1985, p. 357-383.
- [12] *Plate tectonic map of the circum Pacific region, Southwest quadrant*, 1981.

- [13] J. L. LA BRECQUE et coll., *Geology*, 5, 1977, p. 330-335.
- [14] R. E. BURNS, J. E. ANDREWS et coll., *Initial Reports of D.S.D.P.*, Washington, U.S. Gov. Print. Off., 21, 1973, p. 33-56.
- [15] J. P. CADET, K. KOBAYASHI et coll., *Comptes rendus*, 301, série II, 1985, p. 287-296.
- [16] R. VON HUENE, J. AUBOUIN et coll., *Initial Reports of D.S.D.P.*, Washington, U.S. Gov. Print. Off., 56-57, 1980, p. 473-488.
- [17] D. M. HUSSONG et S. UYEDA, *Initial Reports of D.S.D.P.*, Washington, U.S. Gov. Print. Off., 60, 1981, p. 909-929.
- [18] J. AUBOUIN, R. VON HUENE et coll., *Nature*, 293, 1982, p. 458-460.
- [19] P. FRYER et N. C. SMOOT, *Marine Geology*, 64, 1985, p. 77-90.

B. P. et J. D. : ORSTOM, 213, rue La-Fayette, 75480 Paris Cedex 10;

J. A. et P. C. : Département de Géotectonique, Université Pierre-et-Marie-Curie,  
4, place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05;

N. B., J. B., J. P. E., A. L., R. L. et B. P. : ORSTOM, B.P. n° A5, Nouméa, Nouvelle-Calédonie;

R. B. : Laboratoire d'Océanologie et Géodynamique, Université de Bretagne occidentale,  
6, avenue Le-Gorgeu, 29287 Brest;

M. D. : Laboratoire de Géophysique, Université Paris-Sud, 91405 Orsay;

J. F. : Laboratoire de Géologie dynamique,  
Université des Sciences et Techniques de Lille-I, 59655 Villeneuve-d'Ascq;

R. H. : New Zealand Geological Survey, P.O. Box 30368, Lower Hutt, New Zealand;

L. d'O. : C.C.O.P./S.O.P.A.C., C/O Mineral Resources Department,  
P. M. Bag, Suva, Fiji;

S. S. : Ministry of Lands, Survey and Natural Resources,  
P.O. Box 5, Nuku'alofa, Tonga;

A. S. : United State Geological Survey, Office Pacific Marine Geology,  
345, Middlefield road, MS 999, Menlo Park, CA 94025, U.S.A.