

2

MORPHOLOGIE ET STRUCTURES SUPERFICIELLES DE L'ARC INSULAIRE DES TONGA-KERMADEC

par Jacques DUPONT

APPORTS NOUVEAUX

KARIG étudie les arcs insulaires depuis 1970, ses publications (1970 a,b - 1971 a,b - 1972 - 1973 - 1974) ont fortement influencé les travaux postérieurs. A deux reprises (1970-1974) KARIG crée une terminologie spéciale à chaque zone des fosses et des arcs. Ces termes ont été regroupés sur le profil synthétique de KARIG (1974) et sur un profil des Tonga en comparant les principales unités morphologiques (Fig. V-4).

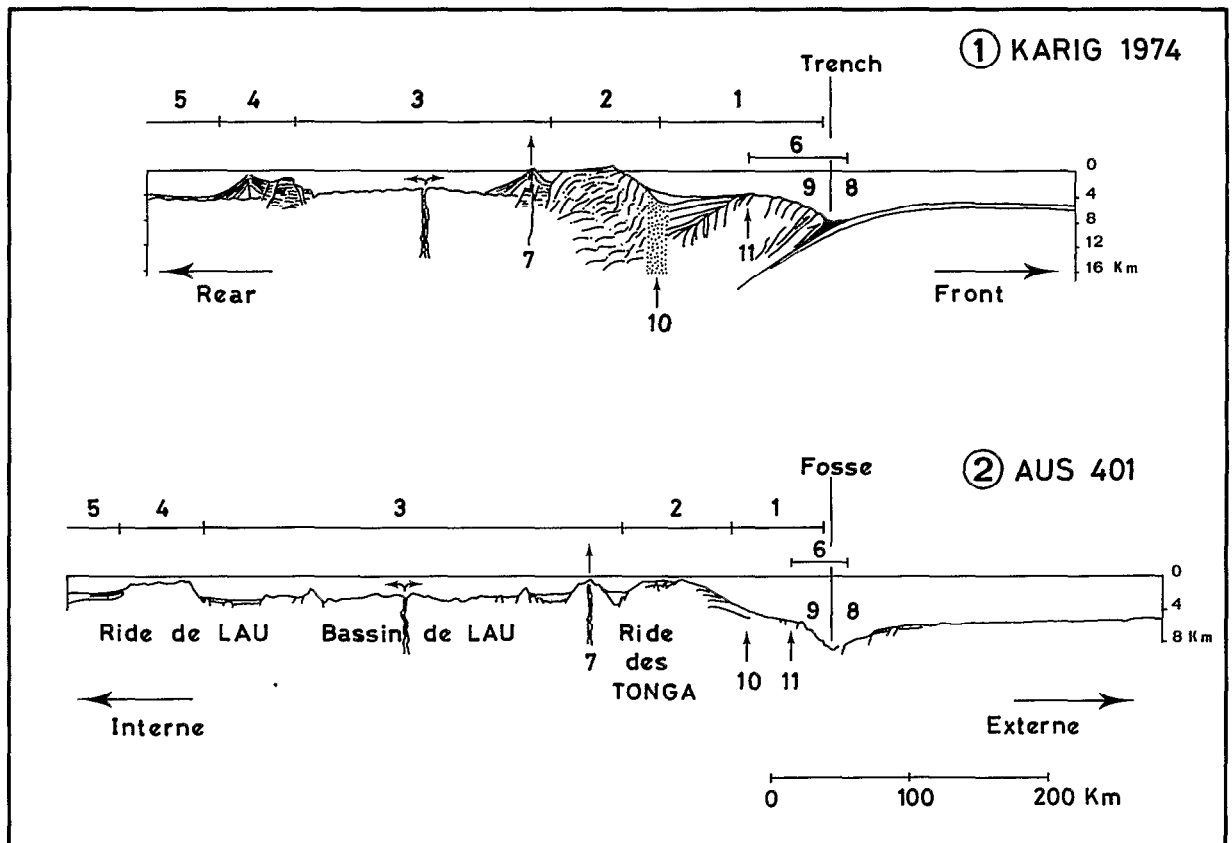


Fig. V-4 . Les différentes structures d'un arc insulaire d'après KARIG (1974) complétées et comparées à l'arc des Tonga (profil AUS 401). 1 - prisme d'accrétion. 2 - arc frontal. 3 - bassin inter-arc actif. 4 - arc rémanent. 5 - bassin arrière-arc fossile. 6 - zone de subduction. 7 - ligne volcanique actuelle. 8 - flanc externe de la fosse. 9 - flanc interne de la fosse. 10 - discontinuité supérieure. 11 - rupture de pente de la fosse.

En 1975, KARIG et SHARMAN essaient de codifier les descriptions morphologiques des arcs insulaires en créant une classification basée principalement sur la morphologie et la structure de la pente interne de la fosse. Cette classification comprend trois familles décrites succinctement comme suit (Fig. V-5):

A - C'est le cas le plus simple dans lequel la pente interne de la fosse ne présente qu'une seule rupture de pente nette. Les auteurs y classent l'arc des Tonga et une partie des Kermadec.

B - Dans cette famille, la rupture de pente se situe au niveau d'une ride derrière laquelle on a un fossé sédimentaire.

C - La pente interne de la fosse est formée dans sa partie supérieure par un large "plateau".

Les termes "rupture de pente de la fosse" (Trench Slope Break), "discontinuité supérieure" (Upper Slope Discontinuity) indiquent pour KARIG des lieux privilégiés dans la morphologie des arcs insulaires. Il en est de même pour le terme "rupture de pente" (Slope Break) de DICKINSON (1973), malheureusement l'emplacement des uns et des autres sur certains profils bathymétriques est souvent une question de choix des auteurs.

Le terme "prisme d'accrétion" (Accretionary Prism) de KARIG désigne une zone de l'arc comprise entre la fosse et l'arc frontal mais il implique aussi un sens génétique, ce prisme étant formé en partie par la plaque plongeante et sa fine couverture pélagique mais aussi par les sédiments coralligènes ou volcanoclastiques qui proviennent, sous forme de turbidites, de l'arc frontal. Pour KARIG et SHARMAN (1975), les Tonga appartiennent à un système d'arc insulaire dont le prisme d'accrétion

contient une fraction importante de croûte océanique provenant de la subduction d'une lithosphère à fine couverture sédimentaire, ce qui est confirmé par les dragages dans la fosse des Tonga ayant ramené des roches ultrabasiques (FISHER and ENGEL, 1969).

Pour que notre étude morphologique puisse être comparée aux travaux antérieurs nous reprendrons la terminologie de KARIG en la complétant par des termes comme "pente externe ou mur externe de la fosse" - "pente interne ou mur interne de la fosse" dont les positions sur la morphologie de l'arc sont reportées sur la figure V-4. On trouvera la localisation des profils, figures V-6 et 7 et la morphologie sur les feuilles H.V. V-2, 3, 4.

Les généralités sur l'arc des Tonga-Kermadec ont déjà été présentées dans les chapitres précédents, nous nous contenterons de synthétiser dans le tableau V-3 toutes les données morphologiques mesurables avant de voir chaque zone de l'arc.

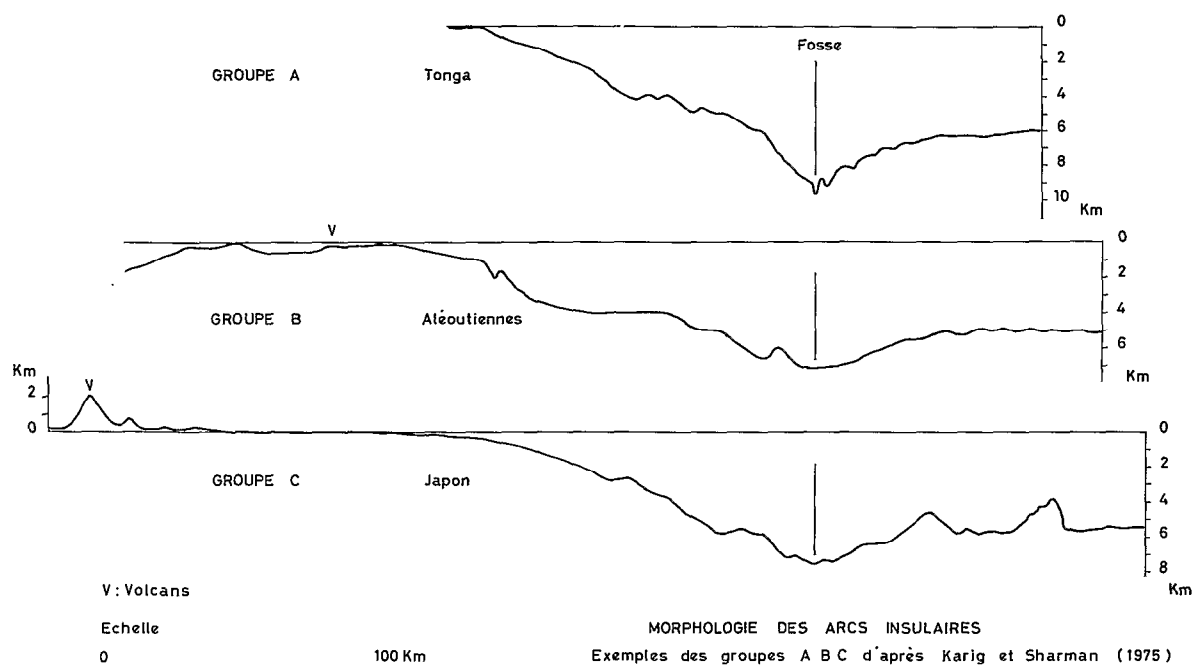


Fig. V-5 . Classification des arcs insulaires d'après leur morphologie (KARIG and SHARMAN, 1975). Les exemples sont donnés par les auteurs mais ils ont été ramenés aux échelles utilisées pour nos profils.

Le plancher océanique du Pacifique

La croûte océanique créée par la ride Est-Pacifique forme le plancher de l'océan Pacifique face à l'arc des Tonga-Kermadec.

D'après la carte Scripps (MAMMERICKX *et al.*, 1971) et nos profils bathymétriques (voir H.V. V-2, 3, 4), nous constatons que la profondeur de ce plancher est assez constante entre 5100 et 5800 m. Au-delà de 5800 m la profondeur augmente rapidement : c'est le flanc externe des fosses Tonga et Kermadec.

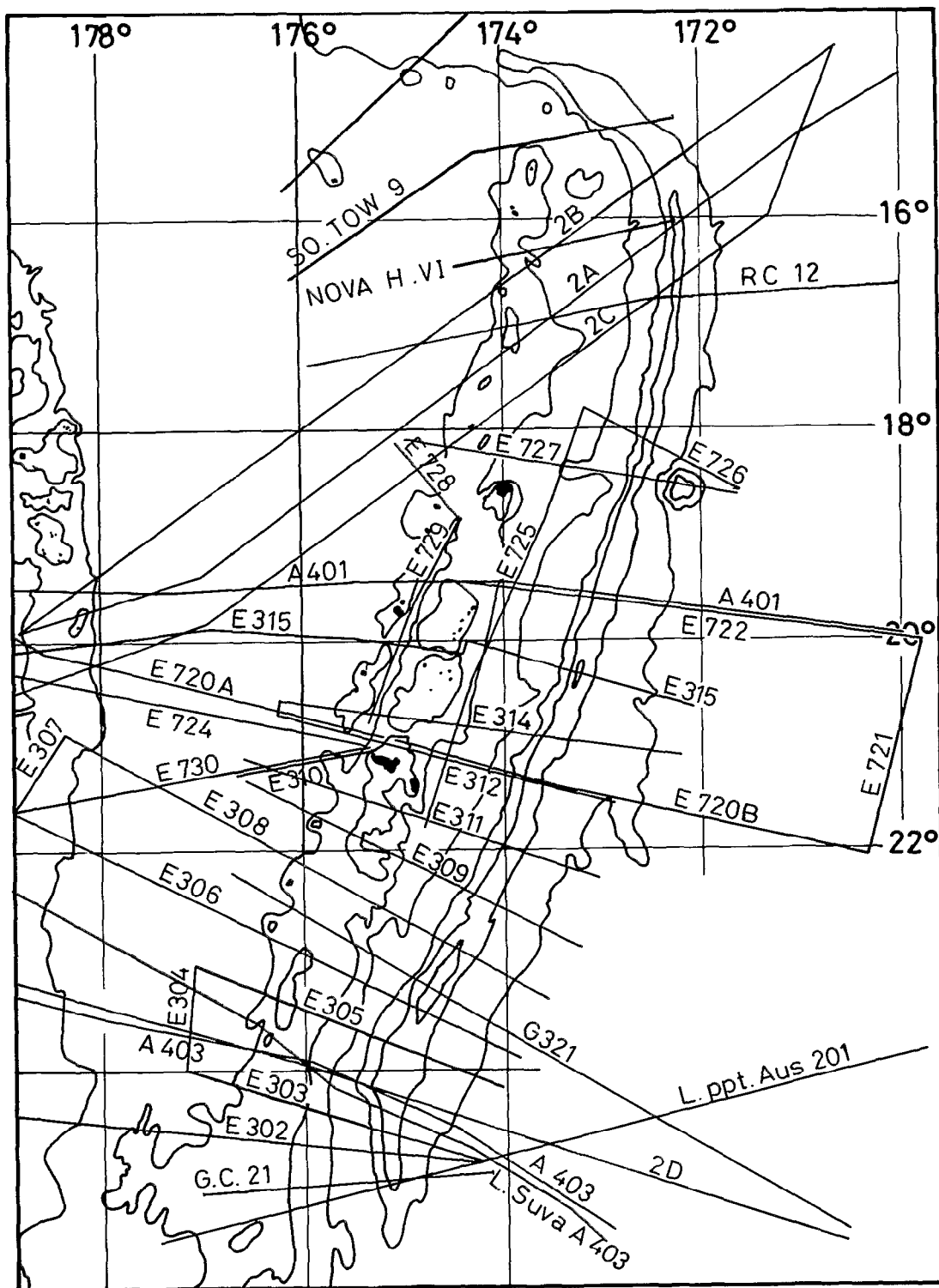


Fig. V-6 . Localisation sur l'arc des Tonga des profils utilisés dans ce chapitre. Profils ORSTOM : E = EVA, A = AUSTRADDEC, G = GEORSTOM, L ppt. AUS 201 = Liaison de Papeete au profil AUS 201. Profils NOAA : 2 A à 2 D. Profils Scripps : SO. TOW 9, NOVA-H VI, RC 12, G.C.21 = Glomar Challenger 21.

Sur ce plancher océanique régulier on trouve des reliefs importants : il s'agit de montagnes sous-marines ou de guyots isolés qui n'émergent pas. Certains portent des noms : montagnes sous-marines Capricorne, Ozbourn, mais la plupart sont anonymes ; les plus importants sont :

- Dans la zone Nord-Tonga, le relief situé par 15° S et 172° 10 W a sa base à 4400 m de profondeur et son sommet à 1460 m de la surface. Il surplombe la fosse des Tonga.
- Le guyot Capricorne (18°30 S et 172° 15 W) a sa base à 5120 m de profondeur et le sommet à 730 m de la surface. Il commence à "descendre" dans la fosse des Tonga (profil EVA 727).
- Au sud des Kermadec par 35° 30 S et 176° W la montagne sous-marine a sa base à 5120 m et son sommet à moins de 365 m de la surface.

ARC	Profondeur du plancher océanique devant la fosse	Longueur de la fosse	Profondeur maximale de la fosse	Pente du flanc externe de la fosse	
TONGA	5.100 à 5.800 m	1.550 km ⁽¹⁾	10.882 m ⁽²⁾	7.6 à 12.6 % moy. 10 %	
KERMADEC	5.100 à 5.800 m	1.250 km ⁽¹⁾	10.047 m ⁽²⁾	7.9 à 8.7 % moy. 8.3 %	
ARC	Distance Discontinuité supérieure fosse	Distance volcan - fosse	Largeur de l'arc frontal	Profondeur minimale de l'arc sur les profils	Distance sommet de l'arc - Fosse
TONGA	57 à 78 km moy. 70 km	170 à 206 km moy. 190 km	91 à 122 km moy. 106 km	35 à 670 m	116 à 155 km moy. 135 km
KERMADEC	106 à 126 km	150 à 180 km	87 km	280 à 1700 m	150 à 180 km
(1) - d'après la carte Scripps (Hammerickx et al., 1971) (2) - d'après les mesures du R/V VITYAZ - 26ème croisière 1958 - URSS (Falcayev et al., 1977).					

Tableau V-3 . Données morphologiques d'après les profils GEORSTOM III (1975) - AUSTRADDEC IV (1976) - EVA III (1977) et VII (1978).

Outre ces reliefs isolés on trouve aussi une ride orientée NW-SE qui se termine contre la fosse des Tonga et Kermadec par le guyot Ozbourn (26° S-175° W) qui "descend" dans la fosse et forme un seuil servant de limite entre les fosses des Tonga et des Kermadec. Cette ride, appelée Ride de Louisville est en réalité constituée d'une succession de reliefs isolés (Fig. V-1). Certains auteurs en font un prolongement possible de la zone de fracture de l'Eltanin (HAYES and EWING, 1971) sans que cela soit toutefois fermement établi. Le guyot Ozbourn (WANO and LEWIS, 1972) a sa base à 4000 m et son sommet à 2.200 m de la surface.

Au niveau de la fosse, la profondeur moyenne du plancher est de 5900 m, son âge peut être évalué par diverses méthodes. D'après les anomalies magnétiques datées plus à l'est on peut simplement dire que la croûte océanique devant les Tonga-Kermadec est plus âgée que 75 M.A. (anomalie 32). La relation de PARSONS et SCLATER (1977) qui donne l'âge de la croûte en fonction de la profondeur indiquerait un âge approximatif de 120 M.A., par ailleurs des forages DSDP effectués dans le Pacifique par des profondeurs de 5969 m et 5981 m ont donné un âge de 135 à 140 M.A. sans avoir atteint le socle (SCLATER and DETRICK, 1973). Le forage DSDP 204 (BURNS, ANDREWS *et al.*, 1973a) réalisé sur la plaque Pacifique par 24°57 S et 174°06 W et par 5354 m d'eau a pénétré 160 m de croûte océanique d'âge probable Crétacé inférieur (130 à 140 M.A.). Il semble donc que l'on puisse attribuer un âge moyen de 130 M.A. à la croûte océanique devant les Tonga-Kermadec. Cette croûte océanique est un élément de la lithosphère dont l'épaisseur face aux Tonga-Kermadec serait comprise entre 90 et 110 km (DUBOIS *et al.*, 1977).

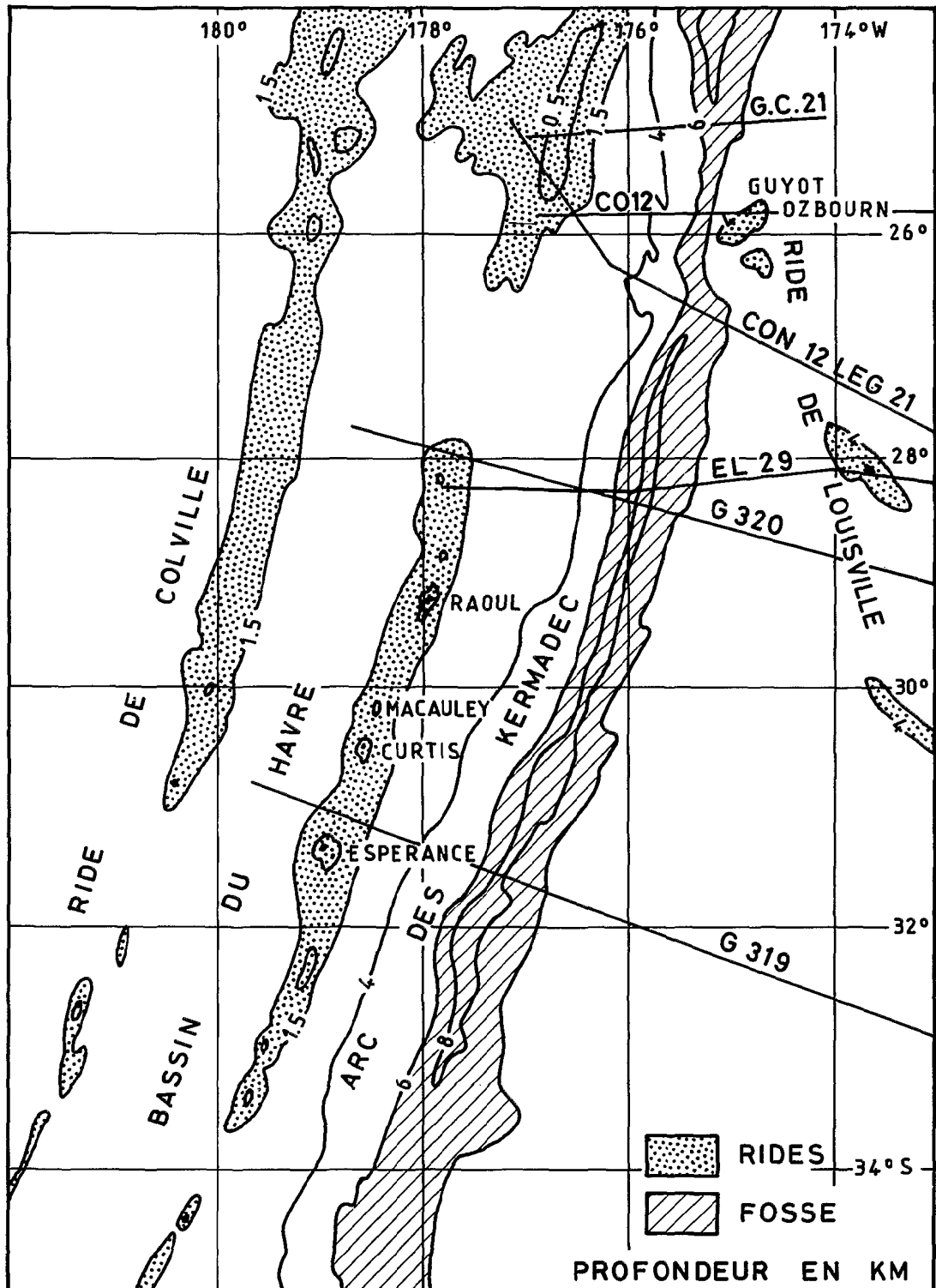


Fig. V-7 . Localisation sur l'arc des Kermadec des profils utilisés dans ce chapitre. Profils ORSTOM : G = GEORSTOM. Profils Scripps : CO 12 = CONRAD 12 Leg 21, EL 29 = Eltanin 29, G.C. 21 = Glomar Challenger 21.

Dans le volume 21 du D.S.D.P., les auteurs (BURNS, ANDREWS *et al.*, 1973a) cherchent l'origine des cendres volcaniques trouvées à la base de l'unité 1 datée de 25 M.A. (Oligocène supérieur). La position du pôle de rotation à cette époque, au sud de la Nouvelle-Zélande (PACKHAM and ANDREWS, 1975) et une vitesse moyenne de subduction de 6 cm/an de la plaque Pacifique font que le site du forage 204 devait se trouver à l'Oligocène supérieur 1500 km plus à l'est qu'aujourd'hui c'est-à-dire à 1750 km des volcans des Tonga, ce qui est sûrement trop loin pour que les cendres volcaniques aient une influence sur la sédimentation au site 204. Si les cendres de l'unité 1 ne peuvent provenir de l'arc des Tonga, elles peuvent cependant avoir pour origine le volcanisme de la ride de Louisville après l'Oligocène puisqu'il s'agit d'un relief de la plaque Pacifique se déplaçant avec elle (WATTS *et al.*, 1980). Pour les sédiments volcaniques plus anciens il faut trouver une autre source.

La fosse des Tonga et Kermadec

Après les grands traits morphologiques de la fosse Tonga-Kermadec nous verrons plus en détail la morphologie de la fosse des Tonga en l'abordant à partir de l'étude des profils longitudinaux et des coupes transversales.

Le profil longitudinal suivant l'axe de la fosse a été tracé à partir de 18 profils bathymétriques. Il est comparé à trois coupes parallèles à l'axe de la fosse, l'une sur la plaque plongeante, les deux autres sur l'arc frontal (Fig. V-8). Nous constatons que les seuils de la fosse correspondent sur la plaque plongeante aux guyots qui commencent à "descendre" dans la fosse (Capricorne et Ozbourn) et qu'aux reliefs de la plaque Pacifique et aux seuils de la fosse correspond un approfondissement de la morphologie de l'arc sauf au niveau du prisme d'accrétion. On peut penser que la présence d'un relief sur la plaque plongeante d'une zone de subduction commence très tôt à influencer la morphologie de la fosse et de l'arc bien avant qu'il ne soit dans la fosse. On constate aussi, mais cette observation est moins nette, qu'à la zone la plus profonde de la plaque plongeante correspond d'une part l'ombilic de la fosse des Tonga et d'autre part les zones les moins profondes de l'arc frontal sans toutefois atteindre les régions de l'arc où les terres émergent.

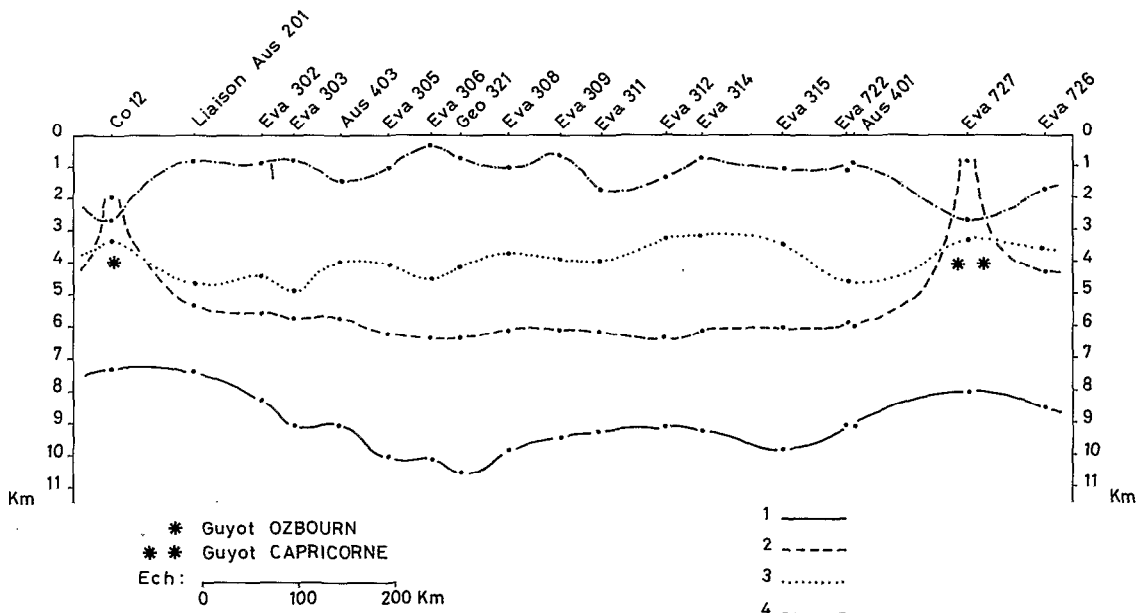


Fig. V-8 . Profils longitudinaux du système arc-fosse des Tonga - du guyot Capricorne au guyot Ozbourn - suivant les profils bathymétriques.

1 - Coupe longitudinale suivant l'axe de la fosse. 2 - Coupe sur la plaque Pacifique parallèlement à l'axe de la fosse (30 nautiques). 3 - Coupe sur l'arc (prisme d'accrétion) parallèlement à l'axe de la fosse (30 nautiques). 4 - Coupe sur l'arc frontal parallèlement à l'axe de la fosse (60 nautiques).

Les profils transversaux de la fosse montrent plusieurs zones. Si on reprend la terminologie de KARIG et SHARMAN (1975) on remarque que la fosse se compose d'un flanc externe formé par la plaque subductée et d'un flanc interne correspondant au pied de l'arc proprement dit (Fig. V-5). Ce flanc interne comprend le prisme d'accrétion limité vers le haut par la discontinuité supérieure et sur lequel on trouve la rupture de pente de la fosse. Aux Tonga la discontinuité supérieure est relativement nette sur un grand nombre de profils (EVA 315 - 309 - 308 etc... voir H.V. V-2 et 3), sur quelques autres elle est plus difficile à situer (AUS 403 - EVA 312 - 727). Aux Kermadec la localisation de cette discontinuité n'est pas évidente (H.V. V-4).

La distance entre la discontinuité supérieure et la fosse varie suivant les profils mais il ne semble pas y avoir une évolution le long de l'arc du nord au sud des Tonga. Pour les profils où la localisation de cette limite prête le moins à discussion, la distance varie de 57 à 78 km avec un plus grand nombre de mesures entre 72 et 78 km. Aux Kermadec la distance est plus grande, elle varie de 106 à 126 km (Tableau V-3). Le flanc interne de la fosse dépend de la morphologie de l'arc, il a en moyenne une pente plus forte que celle du flanc externe.

Aux Tonga sur tous les profils qui recoupent la fosse approximativement à angle droit, on remarque une grande uniformité morphologique à l'exception des profils EVA 727 et CONRAD 12 (HAYES and EWING, 1971) qui recoupent respectivement les guyots Capricorne et Ozbourn.

La morphologie et la sismique réflexion mettent en évidence une fracturation de la plaque plongeante facilitant sa descente vers la fosse. La maille trop large des profils ne nous permet pas de suivre d'un profil à l'autre le prolongement de ces fractures parallèles à la fosse. Une mince couche sédimentaire visible sur la plaque Pacifique (0,2 à 0,4 seconde temps double = 200 à 400 m pour $V = 2000$ m/s) devient insaisissable sur les blocs de la plaque dès la fracturation ou en fond de fosse. Une mince couche de sédiment doit exister (inférieure à 200 m) mais elle est difficile à discerner sur les enregistrements.

Nous n'avons pas assez de profils pour faire une coupe longitudinale de la fosse des Kermadec, cependant la carte Scripps (MAMMERICKX *et al.*, 1971) indique que les parties les plus profondes de cette fosse se situent entre 30 et 32° de latitude sud. La profondeur de la fosse va en diminuant vers le sud et on peut dire qu'elle commence à s'estomper dans la morphologie vers 36° sud.

Les profils GEORSTOM 319-320 donnent toutefois des indications sur la morphologie de l'arc et de la fosse, ces deux profils, espacés de 380 km, montrent une grande ressemblance entre eux (voir H.V. V-4).

Morphologiquement, il semble que la pente externe soit moins forte aux Kermadec qu'aux Tonga (8.3 % contre 10 %), que la fracturation de la plaque Pacifique lors de sa courbure existe aussi aux Kermadec et qu'un nombre important de reliefs déforment la plaque Pacifique. Quant à la couverture sédimentaire, elle ne semble pas différente de par son épaisseur et ses caractères acoustiques, de celle qu'on trouve devant les Tonga.

Comme aux Tonga la pente interne de la fosse est plus forte que celle du mur externe mais si on compare les valeurs des pentes de la fosse aux Tonga et Kermadec, on s'aperçoit que : la pente externe des Tonga est en moyenne plus forte que celle des Kermadec et qu'il en est de même pour la pente interne. Il semble donc qu'il existe une proportionnalité entre les pentes des flancs externe et interne d'une fosse.

L'arc frontal des Tonga et Kermadec

Morphologiquement l'arc frontal est la partie la plus haute de l'arc insulaire. Il est couronné par des îles qui peuvent être soit volcaniques, soit coralliennes.

Aux Tonga, l'arc frontal a la forme d'un bombement plus ou moins aplati ayant une largeur de 90 à 120 km environ. Son immersion est variable car il est formé de zones hautes formant des plateaux d'une profondeur moyenne de 500 m qui portent les îles coralliennes, séparées par des zones plus profondes pouvant atteindre 1.000 m. L'arc reste rectiligne et bute vers 15° S contre la fosse; il est prolongé vers l'ouest en suivant le virage de la fosse par une série de massifs plus ou moins individualisés (voir H.V. V-1 et HAWKINS, 1974). Aux Kermadec l'arc frontal a la forme d'une ride continue dont le sommet serait à la fois la crête de l'arc insulaire et la ligne volcanique qui émergeraient en quelques points. Entre les îles ou les récifs, la profondeur est très variable et il n'existe pas de grands plateaux.

Aux Tonga la masse de l'arc frontal peut se subdiviser en trois blocs importants:

- au sud, une zone avec une profondeur moyenne de 1.000 m pouvant remonter jusqu'à 500 m mais n'émergeant pas,
- au centre, la région la plus importante s'étend sur 450 km de long (18°30 à 22° 30S) et 75 km de large. La profondeur moyenne de ce plateau est de 500 m; toutes les îles coralliennes en émergent;
- au nord, une zone composée de masses plus morcelées, dont la profondeur oscille entre 1.000 et 1.500 m. Cette région qui commence vers 18°30 S est décalée vers l'ouest de 35 km environ par rapport à la précédente (Fig. V-3 et 9), la distance entre l'axe de l'arc frontal et la fosse est de 170 km au nord de Vava'u alors qu'elle n'est que de 140 km au sud. Ce décalage de l'arc frontal se produit à la latitude du guyot Capricorne.

Un autre décalage de l'arc frontal se distingue dans la morphologie (MAMMERICKX *et al.*, 1971; HAWKINS, 1974) vers 17° S, il semble être corrélable avec des structures NW-SE du bassin de Lau sur lesquelles on trouve le volcan Niua Fo'ou.

Nos enregistrements de sismique réflexion (voir H.V. V-2,3 et 4) montrent que l'arc est formé de dépôts sédimentaires volcanoclastiques comme le prouvent les forages sur Tongatapu. Des intrusions volcaniques percent ces couches sédimentaires et des failles les découpent en compartiments basculés. Sur nos enregistrements, l'épaisseur varie de 2.000 à 3.000 m suivant les vitesses choisies pour les sédiments. De son côté, KATZ (1976) donne une épaisseur totale des sédiments de 3.000 m au minimum et peut-être de 4 à 5.000 m tandis que KROENKE et TONGILAVA (1975) font une estimation à peu près de même valeur dans leur interprétation des profils sismique réflexion de la Mobil Oil Corporation.

Aux Kermadec l'arc frontal émerge moins (Fig. V-9), la couche d'eau est plus profonde, la sismique réflexion montre que le sommet de l'arc est formé soit de couches sédimentaires (volcanoclastiques) soit d'intrusions volcaniques. Les sédiments se sont accumulés entre le sommet de l'arc et la rupture de pente de la fosse, l'épaisseur peut atteindre entre 2500 et 4000 m pour des vitesses du son dans les sédiments variant de 2000 à 3000 m/s.

La ligne volcanique des Tonga et la dépression de Tofua

Aux Tonga, la ligne volcanique se trouve en arrière de l'arc frontal, elle est matérialisée par:

- une série d'îles dont l'activité volcanique se signale par des fumerolles à moins que le volcan soit endormi comme Kao,
- une série de récifs, vestiges d'anciens volcans démantelés par les assauts des vagues,
- une série de volcans sous-marins dont certains sont visibles sur les profils AUS 401 - EVA 312 - 306 (voir H.V. V-2 et 3).

Les anomalies magnétiques nous permettent de tracer cette ligne volcanique avec plus de précision quand les indices morphologiques font défaut. Nous constatons après EWART et BRYAN (1973) qu'elle est faite de plusieurs tronçons décalés les uns par rapport aux autres par des failles (Fig. V-10). Du sud au nord, chaque tronçon est légèrement décalé vers l'ouest par rapport à celui qui le précède. Plus au nord, au-delà de 18° S l'arc frontal montre deux décalages, chaque fois, la ligne volcanique semble elle aussi, déplacée vers l'ouest si on tient compte de la position de Fonualei et de Curaçao Reef.

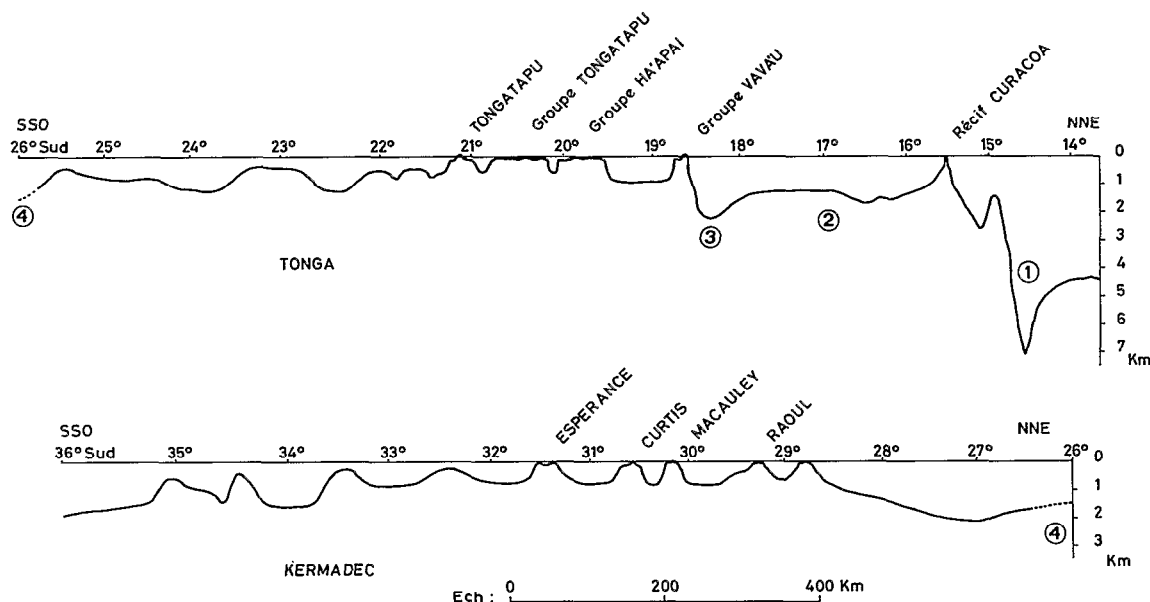


Fig. V-9 . Coupe morphologique NNE-SSW du sommet de l'arc des Tonga-Kermadec. Les Tonga d'après la carte d'HAWKINS (1974), les Kermadec d'après la carte de MAMMERICKX *et al.* (1971). 1 - fosse des Tonga quand elle a une orientation presque est-ouest. 2 - zone de l'arc des Tonga où le sommet est décalé vers l'ouest de 35 km environ. 3 - zone profonde de l'arc des Tonga faisant face au guyot Capricorne. 4 - zone profonde de l'arc des Tonga-Kermadec face au guyot Ozbourn.

Les profils magnétiques peuvent aussi nous servir à repérer le volcanisme ancien. Nous savons qu'Eua possède un socle volcanique anté-Eocène; sur les profils magnétiques EVA 309-311-312 qui encadrent cette île, nous retrouvons une anomalie magnétique assez forte (EVA 309: 480 γ) qui pourrait bien être due à cet ancien socle volcanique. Il est impossible de prolonger ce socle au nord et au sud car l'anomalie magnétique des profils EVA 314 - 315 et AUS 401 se situe sur l'axe de l'arc frontal. S'agit-il d'une autre anomalie magnétique due aux socles volcaniques des îles coralliennes de Tongatapu, Namuko, Ha'apai comme le pensent KROENKE et TONGILAVA (1975) qui font de cet alignement une ancienne ligne volcanique d'âge Mio-Pliocène parallèle à l'actuelle (Fig. V-10)?

La succession des îles volcaniques et des volcans sous-marins délimite, à l'ouest de l'arc, un bassin étroit et allongé, la dépression de Tofua (Fig. V-3). Avec la même orientation que l'arc, long de 300 km environ et large de 25 à 30 km ce bassin commence entre Vava'u et Late au sud de la zone décalée et il s'arrête au sud de Tongatapu. Sa profondeur moyenne est de 1600 m. Plus au sud de Tongatapu on retrouve une cuvette allongée, située géographiquement dans les mêmes conditions mais qui n'est jamais une dépression morphologiquement aussi bien marquée que Tofua. (Voir H.V. V-3 et profils EVA 302-303).

Deux hypothèses s'affrontent sur l'origine de cette dépression:

- celle de KARIG (1970) pour qui la dépression topographique de Tofua n'est qu'un piège à sédiment entre la barrière formée par les appareils volcaniques à l'ouest et l'arc frontal à l'est,
- celle de KATZ (1974) pour qui la dépression a une origine tectonique car elle serait consécutive à l'effondrement par failles de la partie occidentale de l'arc et à l'accumulation des sédiments.

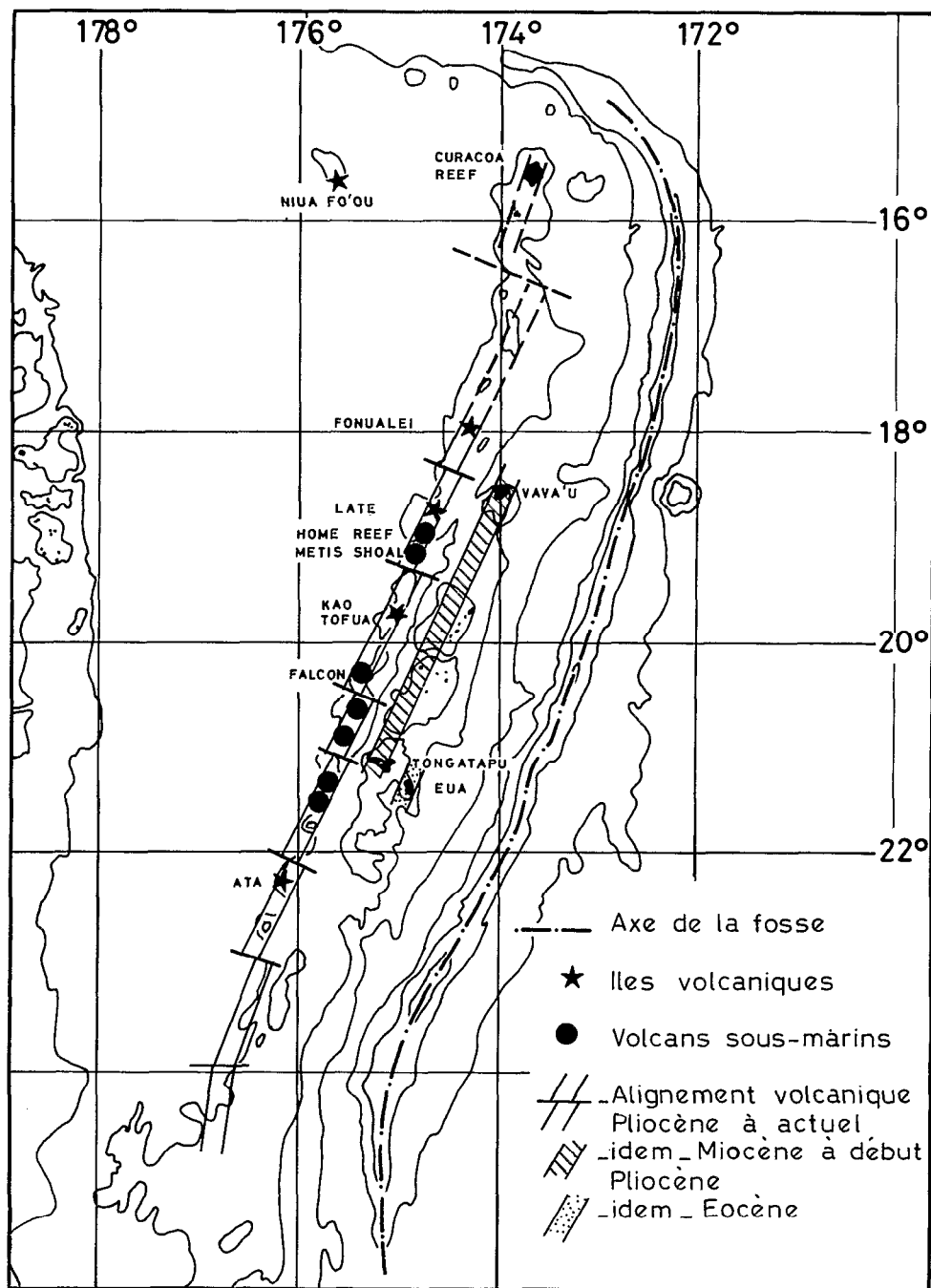


Fig. V-10 . Segmentation de la ligne volcanique actuelle. Les alignements volcaniques fossiles Eocène et Mio-Pliocène sont tracés d'après KROENKE et TONGILAVA (1975). De 18°30 au sud des Tonga la ligne volcanique est en arrière de l'arc; au nord de 18°30 la ligne volcanique est confondue avec le sommet de l'arc après les deux décalages vers l'ouest de l'arc frontal.

Il semble d'après nos profils sismique réflexion que les deux phénomènes ont joué ensemble; il y a eu mise en place du volcanisme dans une zone de faiblesse tectonique, la dépression de Tofua étant accentuée par un jeu de failles du côté ouest de l'arc frontal (voir H.V. V-2 et 3; profils AUS 401 - EVA 312 - 306). Les sédiments volcanoclastiques s'accumulent dans la cuvette et peuvent atteindre une épaisseur de 2500 m (profils AUS 401 - EVA 729; 2,4 secondes temps double pour une vitesse de 2100 m/s d'après la réfraction; Fig. V-11 et 12).

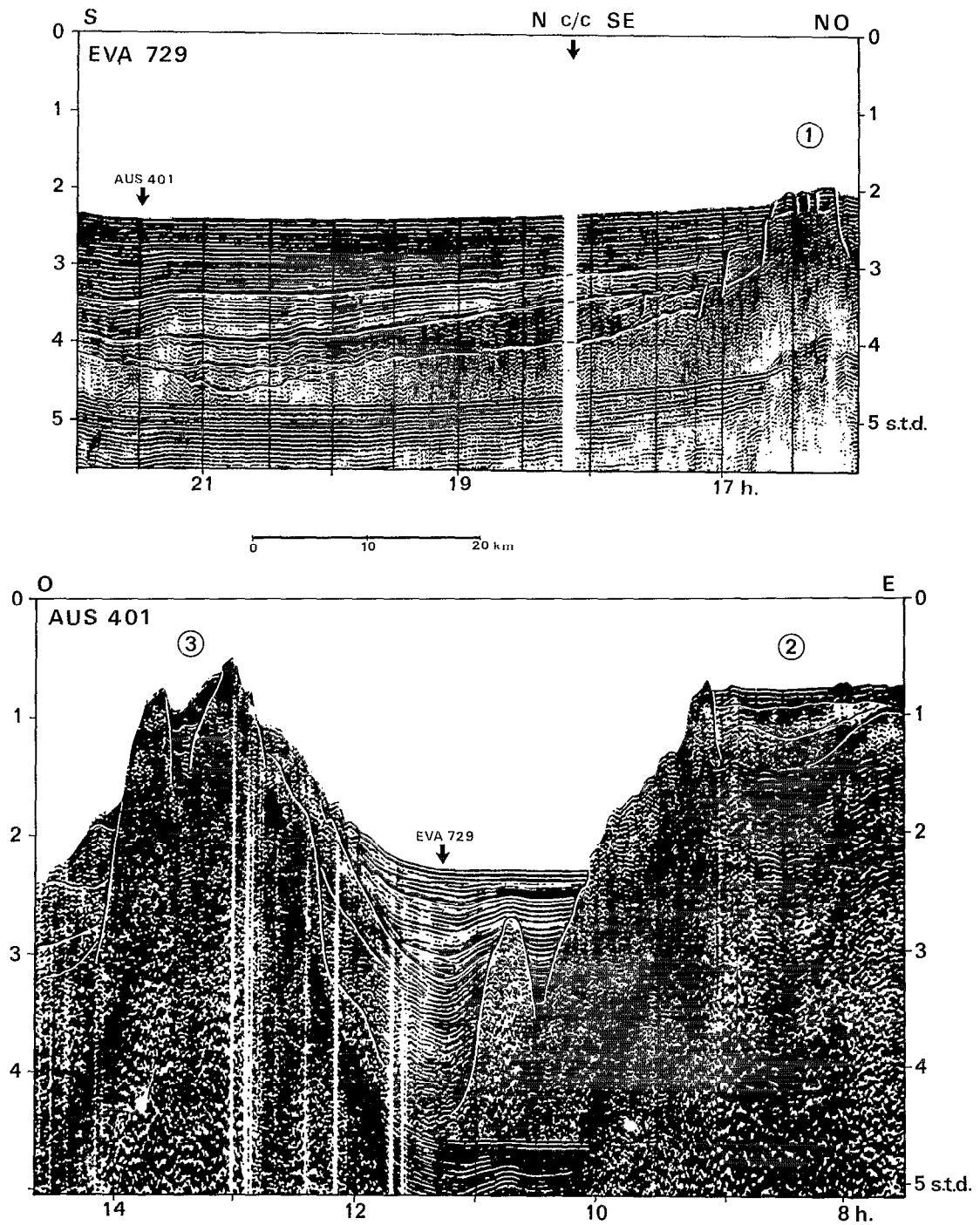


Fig. V-11 . Profils sismique réflexion interprétés sur la dépression de Tofua. Les deux profils se croisent dans la dépression, EVA 729 (canon à air) est longitudinal depuis le changement de cap, AUS 401 (flexichoc) est transversal. 1 - contreforts de l'île de Late. 2 - sommet de l'arc au nord du groupe de Ha'apai. 3 - volcan sous-marin. s.t.d. : secondes temps double. Localisation de ces deux profils sur la figure V-6.

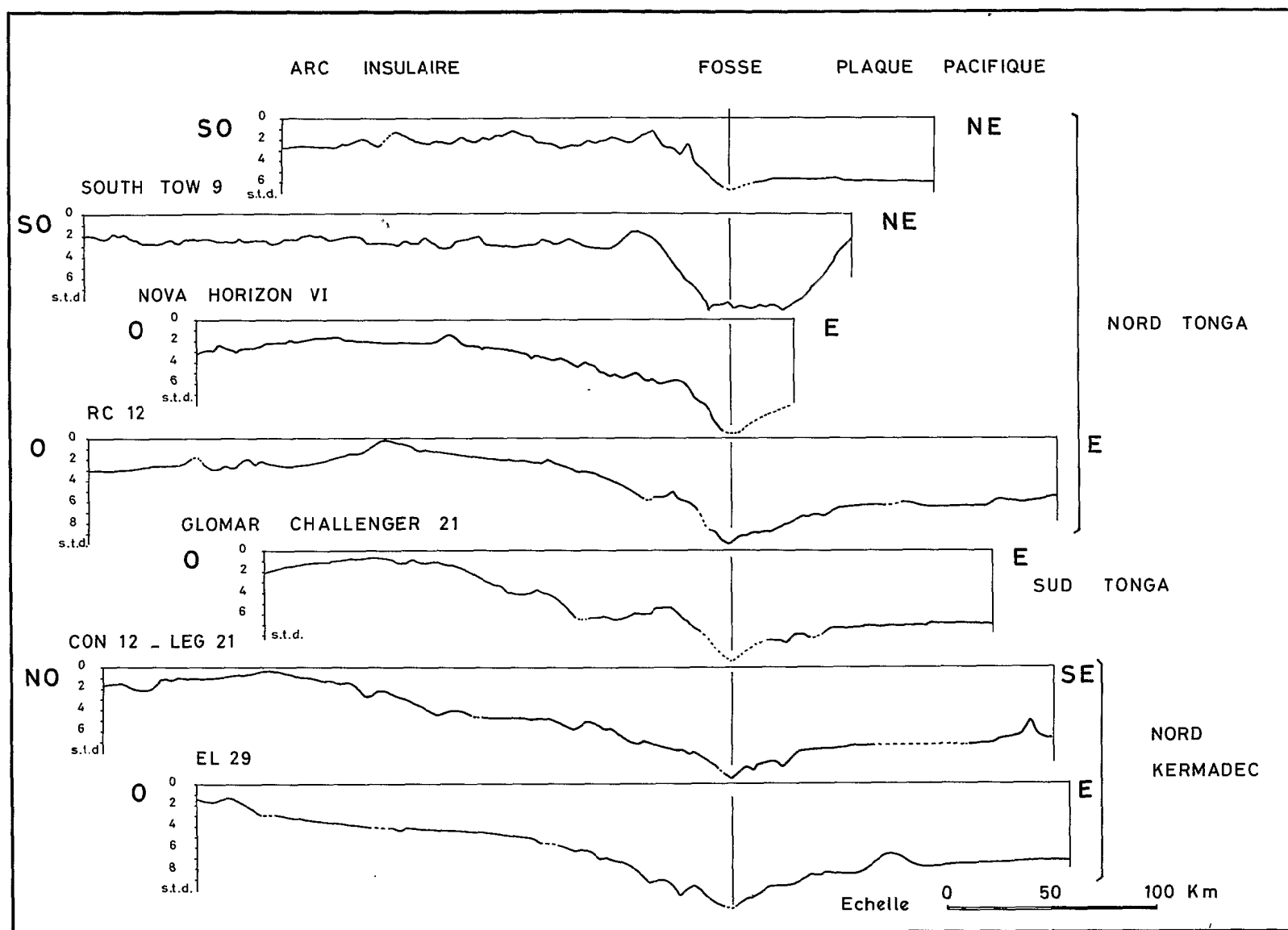


Fig. V-12 . Profils Scripps. La bathymétrie a été ramenée aux échelles utilisées pour nos profils. Localisation de ces profils sur les figures V-6 et V-7.

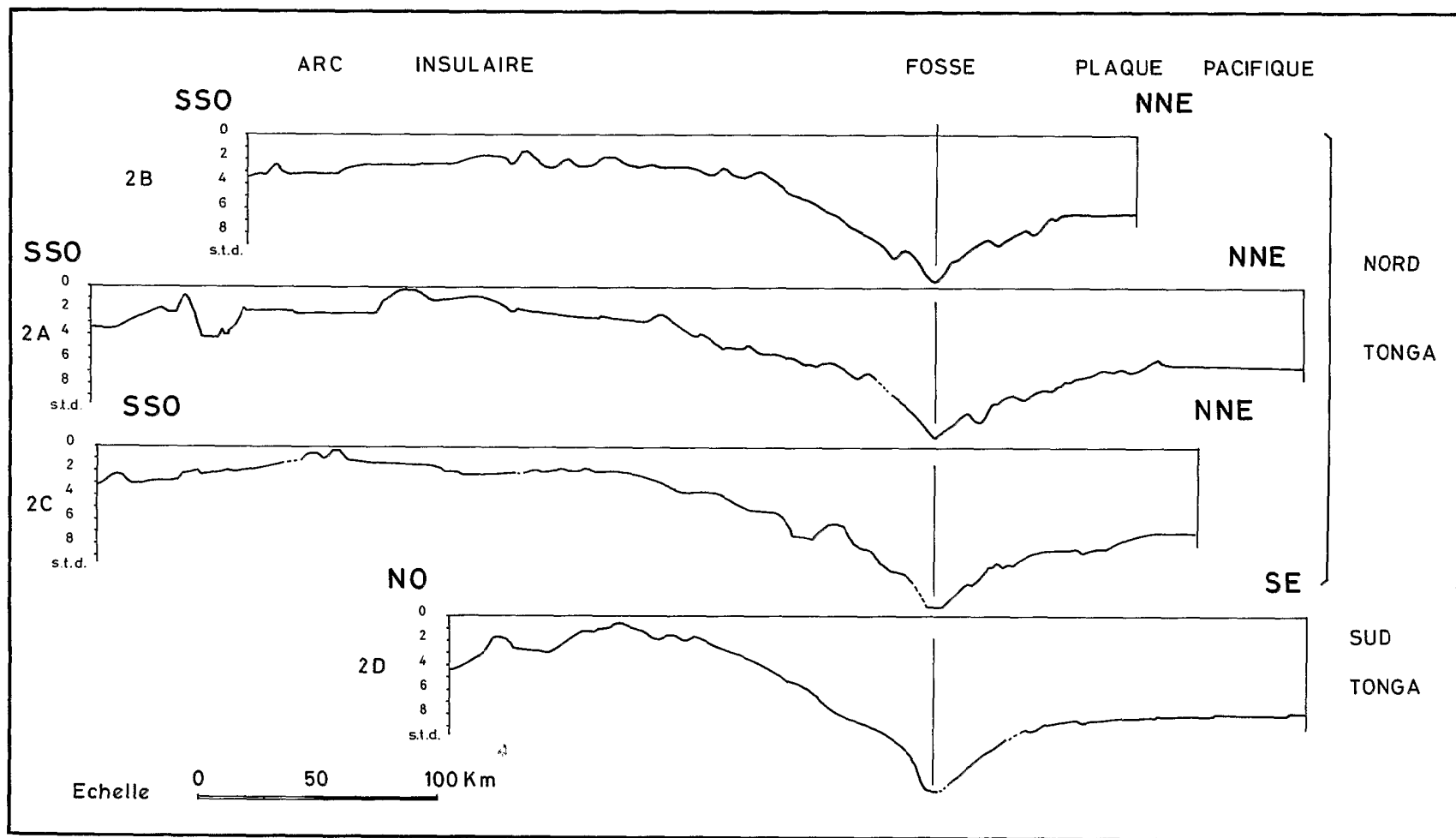


Fig. V-13 . Profils NOAA. La bathymétrie a été ramenée aux échelles utilisées pour nos profils. Localisation de ces profils sur la figure V-6.

Le bassin de Lau

Ce bassin sera étudié plus en détail avec les bassins marginaux actifs. Rappelons seulement que de nombreux travaux y ont déjà été réalisés et que nos profils confirment ce qui a été dit (voir H.V. V-2 et 3 ; profils AUS 401 - 403, EVA 302 - 306 - 308 - 315).

- Morphologie : symétrie des rides de Lau et Tonga par rapport au bassin et relief tourmenté du bassin.

- Sédimentologie : la couverture sédimentaire quasiment inexistante au centre du bassin va en s'épaississant sur les bordures.

- Tectonique : la partie centrale du bassin, au relief irrégulier et sans couverture sédimentaire serait la zone d'expansion du bassin de Lau. Elle se rapproche de la ride des Tonga vers 23° - 24° S (WEISSEL, 1977).

INTERPRÉTATION DES CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

Nous avons vu en étudiant chaque zone que des relations pouvaient exister entre la morphologie de la pente externe de la fosse et celle de la pente interne. Nous avons vu aussi qu'un relief sur la plaque subductée, en bordure de la fosse, avait une influence sur la profondeur de celle-ci et même sur la morphologie de l'arc insulaire lui faisant face.

Comparaison des profils

Nous étudierons plus en détail ces phénomènes en comparant les profils transversaux aux systèmes d'arc et fosse des Tonga-Kermadec. Pour compléter nos données sur la morphologie de ces arcs nous disposons aussi de 7 profils de la Scripps Institution of Oceanography (1), 4 sur le Nord-Tonga, 1 sur le Sud-Tonga et 2 sur le Nord-Kermadec (Fig. V-6, 7 et 12) et de 4 profils de la National Oceanic and Atmospheric Administration (LUCAS, 1972), 2 A, 2 B, 2 C dans le Nord-Tonga faisant malheureusement un angle de 35° avec l'arc et 2 D au sud de Tonga (Fig. V-6 et 13).

Nous constatons que les profils se regroupent en deux familles morphologiques particulièrement importantes : l'une caractérise les Tonga, l'autre les Kermadec. Cependant le profil EVA 727 qui passe sur le sommet du guyot Capricorne et le profil CO 12 (R/V CONRAD) qui recoupe le guyot Ozbourn (HAYES and EWING, 1971) forment une troisième famille morphologique. Nous avons regroupé sur la figure V-14 tous ces profils en ne gardant que l'enveloppe de chaque famille et en les recalant toutes les trois sur un axe passant par la fosse.

Dans le nord des Tonga, au-delà de 18°30 de latitude sud il y a un décalage de l'arc frontal vers l'ouest, la distance entre le sommet de l'arc et la fosse étant de 175 km environ (profil RC 12, Fig. V-12). Entre 16° et 17° S il existe un nouveau décalage de l'arc, toujours vers l'ouest, la distance étant alors de 195 km environ (profil Nova Horizon VI, Fig. V-12). La morphologie de l'arc entre 15° et 18°30 S est proche de celle des Kermadec mais ne présente pas la concavité de bas de pente de l'arc frontal (Fig. V-12 et 13).

A partir de 15° S, l'arc bute contre la fosse et la morphologie change à nouveau. Sur le profil SOUTH-TOW 9 l'arc n'est plus représenté que par un petit relief au-dessus de la fosse qui est large et plate (Fig. V-12).

(1) L'auteur remercie particulièrement Jacqueline MAMMERICKX de la Scripps Institution of Oceanography pour avoir mis à sa disposition cette série de profils.

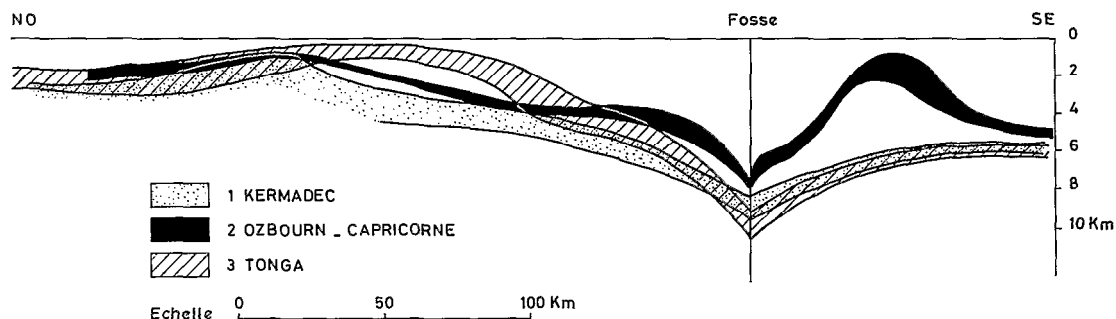


Fig. V-14 . Comparaison entre les enveloppes des profils bathymétriques composant les familles Kermadec (1), Ozbourn-Capricorne (2) et Tonga (3). Les enveloppes sont recalées sur l'axe de la fosse.

Au-delà de 15° S, la fosse prend une direction E W, l'arc est alors remplacé par une suite de reliefs plus ou moins séparés. La morphologie est caractérisée par un compartiment surélevé représentant le nord du bassin de Lau dominant abruptement la plaque Pacifique d'où émergent les reliefs des îles Samoa.

Dans un premier temps nous étudierons l'influence d'un relief de la plaque plongeante sur la morphologie d'un arc en comparant un profil du groupe Ozbourn-Capricorne à ceux des familles Tonga et Kermadec (Fig. V-15). Dans un deuxième temps nous chercherons parmi les exemples de la zone Tonga-Kermadec un type de profil caractérisant chaque phase de l'évolution morphologique d'un arc insulaire lorsqu'un relief important de la plaque plongeante se présente devant la fosse et qu'il disparaît sans bloquer le phénomène de subduction.

Dans la figure V-15 nous constatons qu'on passe du profil GEO 319 (Kermadec) au profil CO 12 (Ozbourn) avec les modifications suivantes :

- diminution de la profondeur de la fosse et augmentation de la pente du flanc externe (présence du guyot Ozbourn) ;
- remontée importante du prisme d'accrétion ;
- remontée et bombement de la zone concave des Kermadec (discontinuité supérieure).

Par contre, nous n'observons pas de changement de position du sommet de l'arc, en effet la distance sommet de l'arc / fosse est de 160 km pour le profil CO 12 et de 165 km en moyenne pour la famille Kermadec.

Par ailleurs on passe du profil CO 12 au profil EVA 306 (Tonga) avec les modifications suivantes :

- augmentation de la profondeur de la fosse et diminution de la pente du flanc externe (absence de guyot) ;
- léger approfondissement du prisme d'accrétion dont le relief est toutefois accentué par l'augmentation de la profondeur de la fosse ;
- accentuation du mouvement de surrection de la base de l'arc frontal du profil CO 12 qui a pour conséquence un déplacement très important du sommet de l'arc frontal vers la fosse. La distance sommet de l'arc / fosse est de 160 km environ sur le profil CO 12 et de 135 km en moyenne pour la famille Tonga.

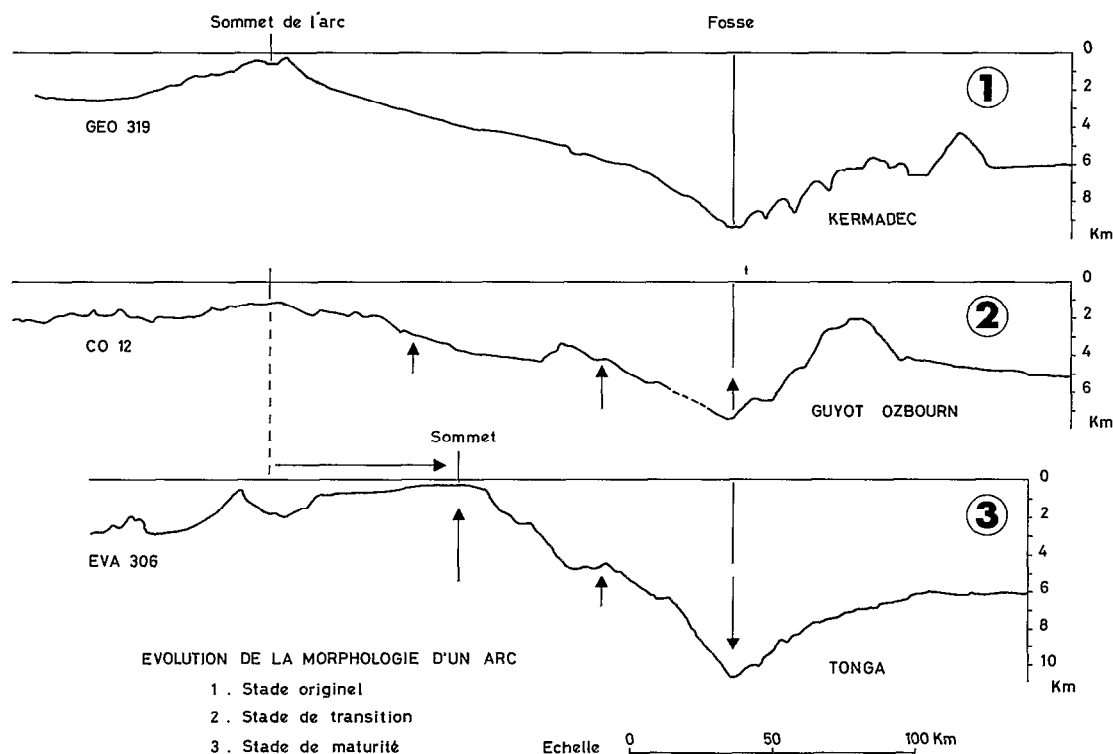


Fig. V-15 . Évolution morphologique d'un arc. Les flèches indiquent les modifications de la morphologie, leur longueur est proportionnelle à l'amplitude du mouvement observé.

Interprétation

L'évolution de la morphologie des 3 familles décrites ci-dessus nous permet de les classer :

- **Kermadec ou stade originel.** Ce stade est caractérisé par une pente du flanc externe faible, une fosse profonde qui peut dépasser 9000 m, une pente interne convexe et légèrement concave au-dessus de la discontinuité supérieure, enfin un sommet de l'arc à 165 km en moyenne de la fosse.

- **Ozbourn - Capricorne ou stade de transition.** Il est conditionné par la présence d'un relief important sur la plaque plongeante en bordure de la fosse ; ce qui a déjà comme conséquence l'augmentation de la pente du flanc externe de la fosse et la diminution de la profondeur de la fosse. Ce stade est caractérisé en outre par une remontée importante du prisme d'accrétion, une légère remontée de la base de l'arc frontal qui, de concave devient convexe au-dessus de la discontinuité supérieure, enfin par la stabilité du sommet de l'arc par comparaison avec les profils Kermadec.

- **Tonga ou stade de maturité.** Ses caractères sont les suivants :

- . le relief est "subducté" depuis un certain temps, la pente externe de la fosse est redevenue normale, la profondeur de la fosse a augmenté et, comme au stade originel, peut dépasser les 9000 m,
- . le prisme d'accrétion s'est légèrement approfondi par rapport au stade de transition,
- . l'arc frontal a subi une forte surélévation avec déplacement important de son sommet vers la fosse (environ 30 à 40 km).

Cette évolution serait donc liée à la présence de reliefs sur la plaque plongeante et à leur subduction. Si la morphologie des Tonga est considérée comme représentative du stade de maturité il faut admettre qu'un relief a déjà été subducté sous l'arc des Tonga. Nous retrouvons ainsi le problème de la subduction de la ride de Louisville sous l'arc des Tonga déjà évoqué par de nombreux auteurs. (LARSON and CHASE, 1972 ; VOGT *et al.*, 1976 ; ISACKS and BARAZANGI, 1977 ; DUPONT, 1979).

La ride de Louisville (HAYES and EWING, 1971) se heurte dans sa position actuelle à la fosse des Tonga-Kermadec. Les pôles de rotation pour les dix derniers millions d'années, qu'il s'agisse de celui de MINSTER *et al.* (1974) ou de PACKHAM et ANDREWS (1975), se situent au sud de la Nouvelle-Zélande par 59°8 Sud et 178° Est pour les premiers et par 59°4 Sud et 175°7 Ouest pour les seconds (Fig. V-16). La position de ces pôles et le sens de rotation font que la plaque Pacifique, par rapport à la plaque Australo-indienne fixe, a un mouvement approximativement ESE-WNW. Ainsi, suivant sa longueur originelle, la ride de Louisville a pu "balayer" tout ou partie de la fosse des Tonga (LARSON and CHASE, 1972 ; ISACKS and BARAZANGI, 1977 ; DUPONT, 1979).

Suivant cette interprétation on aurait:

- les Kermadec représentant le **stade originel** pendant lequel aucune structure importante de la plaque plongeante Pacifique n'a été "digérée",
- l'arc devant Ozbourn caractérisant le **stade de transition** pendant lequel certaines modifications morphologiques apparaissent à la suite de l'arrivée d'un relief en bordure de fosse,
- les Tonga représentant le **stade de maturité** pendant lequel les reliefs de la ride de Louisville ont subducté en même temps que la plaque Pacifique.

L'arc devant le guyot Capricorne représenterait alors le cas où pour la deuxième fois un relief arrive en bordure de la fosse. La morphologie caractérise à nouveau le stade de transition et on peut penser que, une fois ce deuxième relief "digéré" le profil reprendrait le type du stade de maturité.

Vouloir expliquer l'évolution morphologique d'un arc par la subduction des reliefs de la plaque plongeante nous amène à énoncer quelques problèmes.

On peut se demander si le stade de maturité des Tonga est vraiment définitif ou bien si la morphologie de l'arc repasse par le stade de transition chaque fois qu'un nouveau relief se présente devant la fosse avec retour au stade de maturité lorsque le relief a été subducté ou bien encore, si on revient longtemps après au stade originel des Kermadec à condition qu'aucun relief ne vienne à nouveau modifier la morphologie de l'arc. L'hypothèse d'un cycle morphologique complet avec retour en arrière au stade de transition exigerait une très grande malléabilité, a priori étonnante, des différentes structures de l'arc.

On peut s'étonner de la rapidité du passage du stade de transition au stade de maturité. Entre le profil CO 12 et le premier profil "Papeete-AUS 201" présentant les caractères "stade de maturité" des Tonga il y a moins de 100 km. Il n'y a donc pas passage progressif de l'un des stades à l'autre mais plus sûrement une évolution rapide. Pour atténuer ce terme de "rapide" notons que la masse du guyot Capricorne mettra, à une vitesse de subduction de 9 cm/an, environ 800.000 ans pour que son bord oriental soit au fond de la fosse et qu'il faudra 900.000 ans à une vitesse de 7 cm/an pour qu'il en soit de même pour le guyot Ozbourn.

On peut expliquer par cette hypothèse les mouvements verticaux des arcs insulaires, les périodes de surrection, d'immersion, de stabilité sans que les phénomènes volcaniques soient l'unique cause. La période de stabilité actuelle des Tonga pourrait être due à la "digestion" de la ride de Louisville déjà subductée, dans ce cas il faudrait prévoir dans les milliers d'années à venir, un renouveau des mouvements verticaux consécutif à la future subduction des guyots Capricorne et Ozbourn.

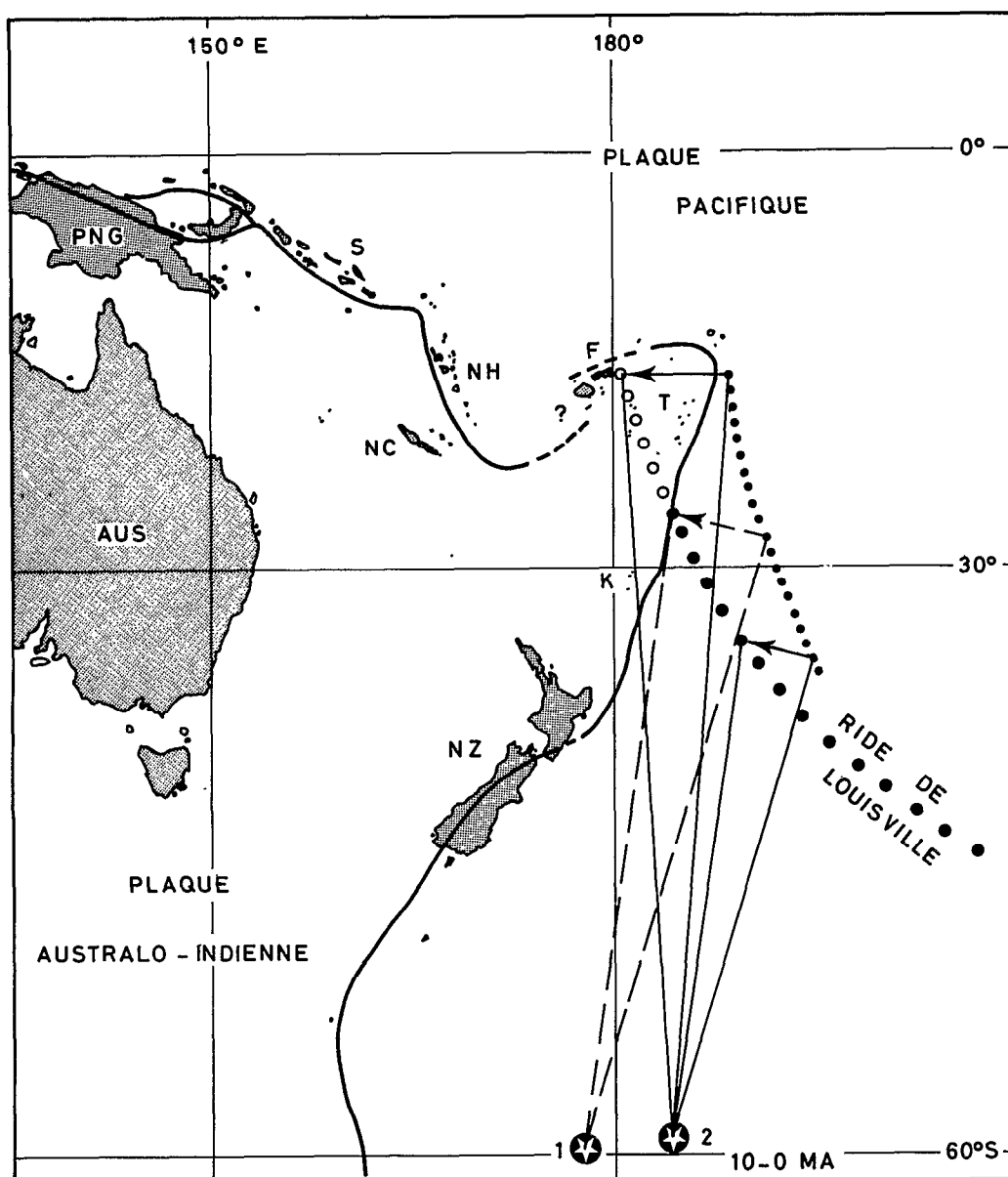


Fig. V-16 . Mouvement de la ride de Louisville pendant les 10 derniers millions d'années. AUS = Australie, PNG = Papouasie Nouvelle-Guinée, S = Salomon, NH = Nouvelles-Hébrides, NC = Nouvelle-Calédonie, F = Fidji, T = Tonga, K = Kermadec, NZ = Nouvelle-Zélande. 1 - Pôle de rotation 10-0 M.A. d'après MINSTER *et al.* (1974). 2 - Pôle de rotation 10-0 M.A. d'après PACKHAM et ANDREWS (1975). La limite entre les plaques Pacifique et Australo-indienne est tracée d'après la carte structurale de l'Atlas de Nouvelle-Calédonie (sous presse) et d'après PACKHAM et ANDREWS (1975). La position de la ride de Louisville il y a 10 M.A. est marquée par les petits ronds noirs alignés. Les gros ronds noirs représentent la ride de Louisville actuellement, les ronds blancs, la partie de la ride subductée avec la plaque Pacifique. Les flèches donnent le sens du déplacement de la plaque Pacifique par rapport à la plaque Australo-indienne fixe. Les vitesses sont de 9 cm/ an pour le nord des Tonga, 7 cm/ an pour la partie centrale et 5 cm/ an pour les Kermadec. La proximité des deux pôles fait que le choix de l'un ou de l'autre ne change pas beaucoup le sens du mouvement comme le montre la figure.

On peut se rendre compte, si cette hypothèse est admise, que la morphologie générale de tout arc dépendra :

- du type de relief ayant existé sur la plaque subductée,
- de l'orientation de ce relief sur cette plaque,
- du sens du mouvement de cette plaque vis-à-vis de la zone de subduction.

En effet, un relief isolé tel que le guyot Capricorne ne pourra avoir qu'une influence locale sur la morphologie de l'arc à l'inverse d'un relief du type ride de Louisville. L'orientation de cette ride sur la plaque plongeante et le sens du mouvement de cette plaque vis-à-vis de l'autre plaque joueront aussi un rôle important sur la morphologie de l'arc entier. (VOGT, 1973 ; VOGT *et al.*, 1976). Une ride perpendiculaire à l'arc et à la fosse aura le même effet qu'un guyot isolé mais il sera continu tant que la ride subductera. Aux Tonga-Kermadec l'orientation de la ride de Louisville et le mouvement de la plaque Pacifique sont tels que la ride a pu balayer toute la zone des Tonga si elle a eu la longueur suffisante. Le mouvement se poursuit actuellement vers les Kermadec (Fig. V-16). Si la ride de Louisville était une chaîne continue au lieu d'être une succession de reliefs isolés plus ou moins allongés (MAMMERICKX *et al.*, 1971 ; HAYES and EWING, 1971) on devrait avoir, au sud des Tonga, des mouvements verticaux de l'arc frontal, absence de la fosse ou du moins forte diminution de la profondeur comme on le constate actuellement aux Nouvelles-Hébrides face à la ride d'Entrecasteaux (voir chapitre II). On peut donc admettre, connaissant le morcellement de la ride de Louisville que le relief précédent a déjà subducté et qu'il faudra attendre le début de la subduction du prochain (Ozbourn) pour que la fosse soit coupée et que les mouvements verticaux reprennent au sud des Tonga.

On connaît la morphologie de l'arc insulaire compris entre le guyot Capricorne et la terminaison nord de la fosse des Tonga par les cartes de MAMMERICKX *et al.* (1971) et d'HAWKINS (1974), les profils de la NOAA (LUCAS, 1972) et de la Scripps. Cette région formerait une quatrième famille plus proche des stades originel (Kermadec) et de transition (Capricorne-Ozbourn) que du stade de maturité des Tonga (Fig. V-12 et 13) :

- sommet de l'arc à 175-190 km de la fosse suivant les tronçons sauf au niveau du récif Curaçao où la fosse tourne déjà vers le nord-ouest,
- profondeur de la fosse plus importante que devant Capricorne et Ozbourn,
- pente interne de l'arc plus convexe.

On peut expliquer la morphologie de cette partie de l'arc des Tonga de trois façons différentes :

- morphologie du stade originel qui n'aurait pas évolué parce que la ride de Louisville, moins longue que les auteurs ne le pensaient (LARSON and CHASE, 1972 ; ISACKS and BARAZANGI, 1977 ; DUPONT, 1979), n'aurait commencé à subducter qu'au niveau de Vava'u,
- retour à la morphologie du stade originel après évolution complète,
- enfin on peut envisager que cette morphologie représente le stade originel parce que cette partie de l'arc serait de création récente.