

4

ÉTUDE GRAVIMÉTRIQUE DE L'ARC DES TONGA

Par François MISSEGUE et Alexander MALAHOFF

APPORTS NOUVEAUX

Les profils EVA 720 à 722, 725 à 729 réalisés au cours de la campagne EVA VII, représentent environ 2100 milles de gravimétrie en continu (Fig. V-6). Les profils 725 et 729 sont parallèles aux structures de l'arc insulaire.

Dans l'état actuel des travaux, les corrections de "cross correlation" rendues nécessaires par l'état de la mer n'ont pu être réalisées. Seul le profil EVA 722, compte tenu de l'état relativement bon de la mer, a pu être traité et interprété sans corrections préalables. L'erreur possible admise sur ce profil est de l'ordre de ± 5 mgal.

Le profil de sismique réflexion AUS 401 se juxtapose au profil EVA 722. Partant de 20° S - 169° 5 W, ce profil traverse l'ensemble plaque plongeante, fosse, arc insulaire et se termine en bordure du bassin de Lau par 19° 5 S - 175° 5 W.

Vingt kilomètres à l'est du sommet de l'arc, on observe un maximum de l'anomalie à l'air libre de + 150 mgal. Cette anomalie diminue régulièrement jusqu'à son minimum - 220 mgal au niveau de la fosse avec un gradient moyen de 4 mgal / km pour ensuite remonter avec un gradient de 3.6 mgal / km sur une distance de 50 km et passer au maximum observé sur la plaque plongeante (+ 30 mgal) au sommet du bombement de celle-ci.

MODÈLE DE DISTRIBUTION DES DENSITÉS DANS LA CROUTE DE LA LITHOSPHERE

Le modèle de distribution des densités (Fig. V-22) présenté ici, a été construit à partir des données de sismique réflexion AUS 401 et des sondages de sismique réfraction C 8, C 9, C 10-11 (RAITT *et al.*, 1955, réinterprété par TALWANI *et al.*, 1961) et 7 R 12, 7 R 13, 7 R 14, 7 R 15, 7 R 16, 7 R 17 réalisés au cours de la campagne EVA VII. La transformation "vitesse de propagation - densité" est faite selon la loi de NAFE et DRAKE (1957).

Ce modèle a été traité automatiquement selon la méthode de TALWANI *et al.* (1959) modifiée et adaptée aux calculatrices HP 9845 A (MISSEGUE, 1979). On utilise comme références de calcul les

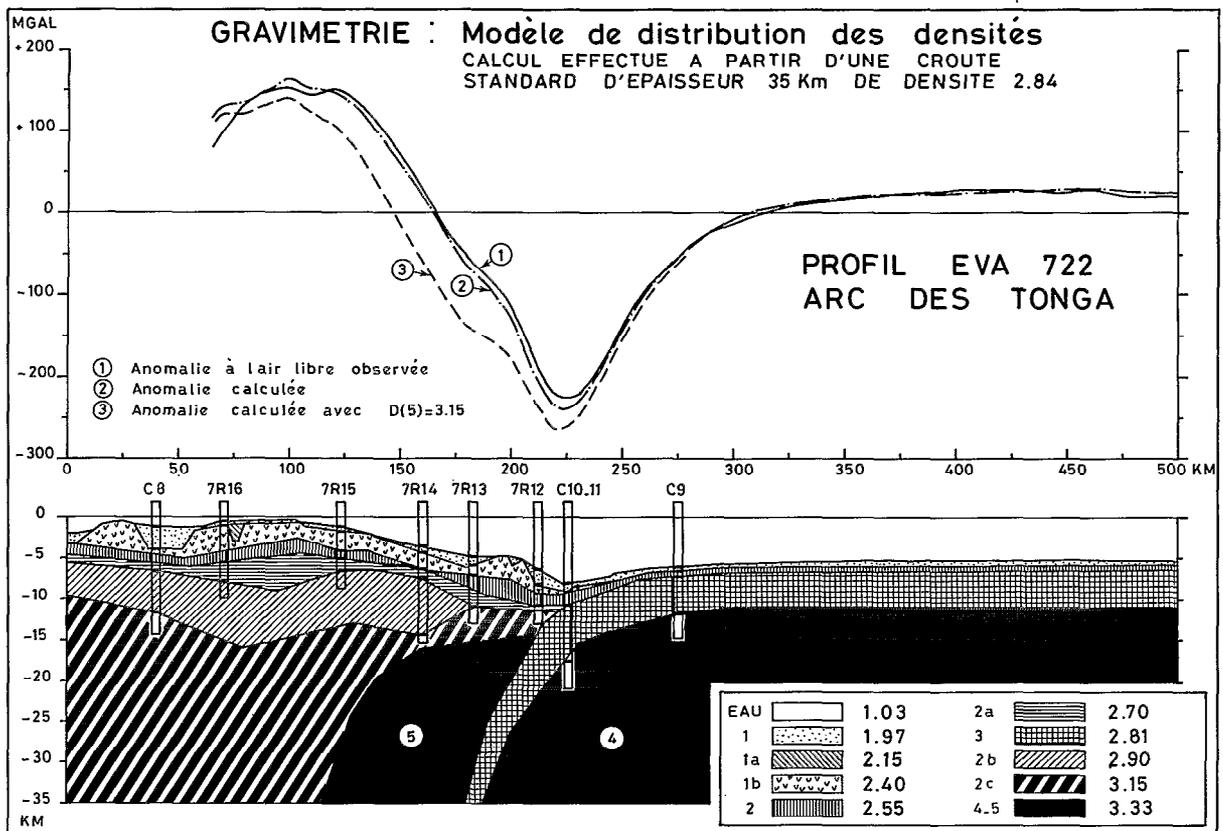


Fig. V-22 . Gravimétrie : Modèle de distribution de densités de l'arc des Tonga. Le profil gravimétrique EVA 722 est recalé sur le profil AUS 401.

caractéristiques d'une croûte standard de densité moyenne 2.84 jusqu'à 35 km de profondeur et 3.33 au-delà. A noter que le calcul réalisé en partant d'une croûte de densité 2.8 et de 32 km d'épaisseur n'implique aucune différence marquante dans la forme de l'anomalie induite mais décale celle-ci d'environ — 30 mgal.

Nous verrons successivement chaque structure de l'arc en tenant compte des résultats de la réfraction (Fig. V-22).

Plaque plongeante

Les données de sismique réflexion AUS 401 et les résultats du sondage réfraction C 9 (RAITT *et al.*, 1955, réinterprété par TALWANI *et al.*, 1961) restituent parfaitement l'anomalie à l'air libre observée sur cette zone.

Les différentes interprétations du sondage réfraction C 10-11 (RAITT *et al.*, 1955 ; TALWANI *et al.*, 1961) ne correspondent pas réellement avec le modèle de densité restituant le mieux l'anomalie observée. L'interprétation de RAITT n'a pas été retenue bien qu'elle donne de meilleures réponses que celle de TALWANI. Une réponse cohérente avec l'anomalie observée et les résultats des sondages réfraction voisins est obtenue en prenant en considération le premier interface des vitesses 5.3 et 6.5 km/s, communes aux deux interprétations et en admettant un deuxième interface des vitesses 6.5 et 8.2 km/s à 17.5 km de profondeur.

Le bombement de la lithosphère avant son plongement est peu visible sur l'enregistrement de l'anomalie à l'air libre car le profil EVA 722 ne se prolonge pas assez loin vers l'est cependant, le maximum de la flexure peut approximativement être situé à 230 km à l'est de la fosse. Cette distance est proche de celle qui est donnée par le long profil gravimétrique 2 D de la N.O.A.A. sur lequel le bombement est très visible, le maximum se situant à 220 km à l'est de la fosse (LUCAS, 1972).

On retrouve sur la plaque plongeante une série sédimentaire fine de densité 1.97 qui correspond à la couche à vitesse 2.5 km/s, d'épaisseur variant entre 400 et 600 m, mise en évidence par la réfraction.

La couche sous-jacente de densité 2.55 dont l'épaisseur varie de 500 à 600 mètres en zone calme d'après la réfraction, commence à s'épaissir à environ 30 km à l'est de la fosse. A ce niveau, on remarque 3 km d'épaisseur de matériau probablement volcanique. Cet épaississement semble indiquer que la zone d'accumulation se formant au contact des plaques débute bien avant la fosse. La couche de densité 2.81 et d'épaisseur 5 km présente une flexure uniforme.

On peut noter une variation continue du pendage de cette couche quand elle plonge :

- 5° de 50 km à l'est de la fosse jusqu'à celle-ci ;
- 21° de la fosse à 40 km à l'ouest de celle-ci ;
- 50° à partir de 23 km de profondeur.

L'épaisseur de cette couche reste relativement constante au cours de son plongement.

En zone calme, on retrouve la discontinuité de Mohorovicic à 11.5 km de profondeur. A l'aplomb de la fosse, cette limite atteint 17.5 km de profondeur.

Zone de contact des plaques

La couche $d = 1.97$ quoique s'épaississant à l'ouest de la fosse, reste relativement fine et ne dépasse pas 1 km d'épaisseur. A la hauteur de la fosse, cette couche atteint à peine 200 m d'épaisseur. La couche $d = 2.4$ est sans doute formée de sédiments volcaniques compactés. Elle présente de nombreuses

déformations avec des pointements peut-être d'origine différente remontant jusqu'à la surface morphologique, bien visibles sur le profil de sismique réflexion AUS 401. Son épaisseur pratiquement nulle au niveau de la fosse, atteint 3 km par endroit.

La couche $d = 2.55$ atteint 3 km d'épaisseur à 25 km à l'ouest de la fosse et semble inexistante au niveau du sondage réfraction 7 R 14.

La couche $d = 2.7$ épaisse de 3 km au niveau du contact des plaques semble s'affiner entre les sondages 7 R 15 et 7 R 14.

La couche $d = 2.9$ atteint 6 km au niveau du sondage 7 R 14 et se termine en biseau au sondage 7 R 13.

La couche $d = 3.15$ semble uniformément épaisse de 4 km dans cette zone.

Entre la zone de contact des plaques et le sondage réfraction 7 R 14 la discontinuité de Mohorovicic remonte à 14.5 km. Plus à l'ouest, cette limite s'enfonce en suivant un pendage comparable à celui de la plaque plongeante.

Arc insulaire

Au niveau de l'arc insulaire, on retrouve toute la série de couches déjà citées. Les couches $d = 2.7$, $d = 2.9$ et $d = 3.15$ subissent de fortes variations tant en niveau qu'en épaisseur. La couche $d = 3.15$ atteint sous l'axe de l'arc une épaisseur "estimée" à 22 km. Le manque d'observation gravimétrique entre les kilomètres 0 et 65 ne permet pas une estimation plus exacte ; cela situerait le Moho vers 35 ou 36 km. Ce chiffre est en accord avec l'estimation proposée par TALWANI *et al.*, (1961).

Les couches $d = 2.55$ et $d = 2.7$ doivent, sans doute remonter à l'ouest du sondage C 8, l'édifice volcanique actif étant situé en bordure de la dépression de Tofua (sondage C 8). Au km 0, on a projeté les profondeurs indiquées par le sondage 7 R 17 situé très légèrement à l'ouest de ce point.

DISCUSSION

A l'aplomb des sondages 7 R 14, 7 R 13, 7 R 12, on peut remarquer une remontée du Moho et de matière $d = 3.33$ à 14.5 km de profondeur. Les trois sondages réfraction cités ne mettent pas en évidence cette remontée de matière dense. L'un des deux modèles proposés par TALWANI *et al.*, (1961) permet d'esquisser une remontée du Moho à 19 km. Dans l'état actuel, aucune autre méthode géophysique n'a confirmé la présence de cette masse.

Malgré l'indétermination propre à la gravimétrie, il semble difficile de construire un modèle sans inclure dans celui-ci la remontée d'une masse à forte densité le long de la face externe de la plaque plongeante. A titre d'exemple, après avoir donné à cette masse une densité de 3.15, on obtient la courbe 3 (Fig. V-22). Au niveau du sondage 7 R 13, on obtient une anomalie à l'air libre de — 150 mgal alors que l'anomalie observée est de — 63 mgal. Ce déficit de plus de 80 mgal se prolonge pratiquement jusqu'à l'axe de l'arc.

Afin de se rapprocher le plus possible de la courbe observée 1 (Fig. V-22), on a dû réduire les épaisseurs des couches $d = 2.4$, $d = 2.55$ et $d = 2.7$ à l'approche du contact des plaques. La couche $d = 2.9$ ne peut être amenée jusqu'au contact sans créer un déficit d'environ 30 mgal. Il est de plus,

nécessaire de mettre en contact direct, dans cette partie du modèle, la couche $d = 3.15$ avec la couche $d = 2.7$.

ELSASSER (1971) propose un mécanisme de migration de l'axe d'une zone de subduction. Par gravité, la plaque plongeante, sous l'influence de son propre poids, a tendance à s'enfoncer. Sous l'effet d'une composante perpendiculaire à cette force, il se crée un déplacement de l'axe de la zone de subduction inverse au sens du mouvement propre à la plaque plongeante (Fig. V-23). Ce mouvement pourrait développer un clivage au contact des deux plaques et permettre d'une part, une remontée de matériau du manteau le long de la face externe de la plaque plongeante et, d'autre part, une extension des couches superficielles. L'auteur précise toutefois qu'à sa connaissance, ce phénomène n'a jamais été clairement observé.

MOLNAR et ATWATER (1978) reprennent cette hypothèse pour expliquer la formation des zones d'expansion arrière-arc. Cela impliquerait une solidarité totale entre les deux plaques et un déplacement de tout l'arc insulaire vers l'axe de la subduction tout en excluant totalement l'hypothèse d'une zone superficielle d'extension entre les deux plaques.

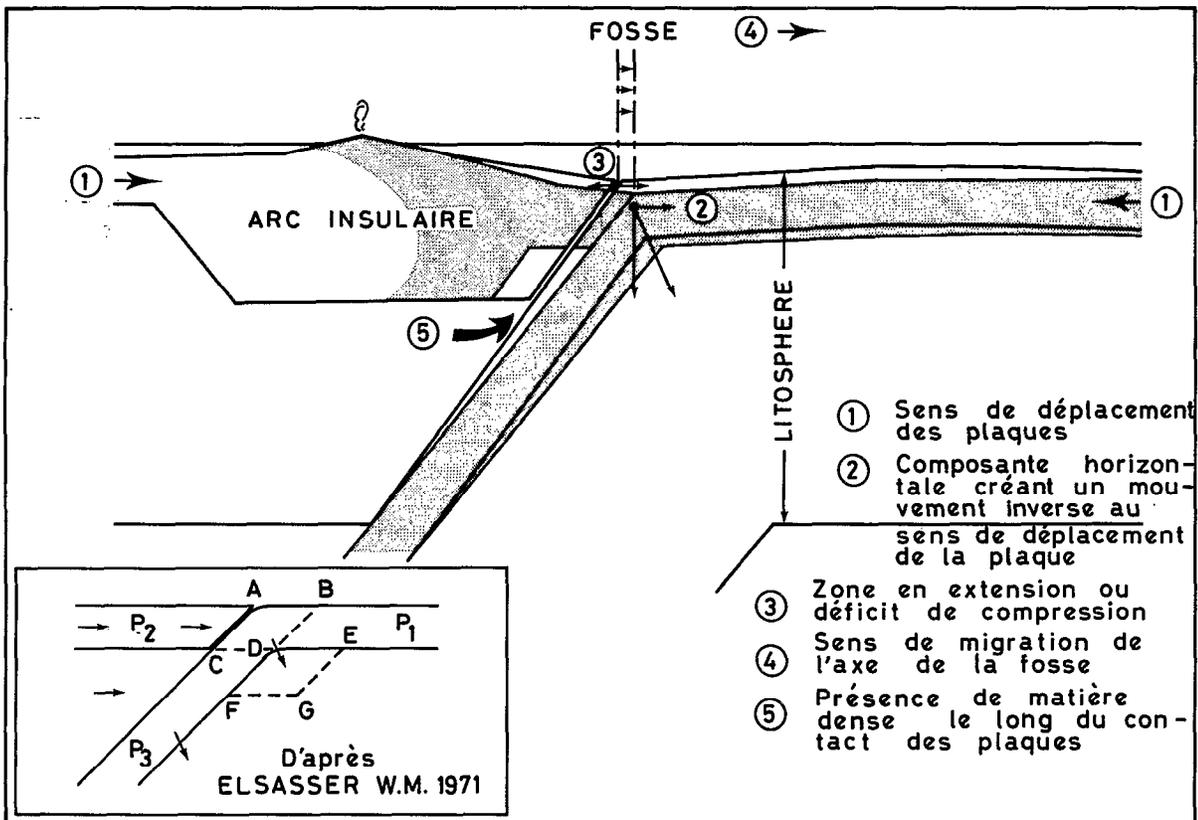


Fig. V-23 . Explication schématisée de la présence de matière dense contre la plaque subductée, de l'allongement des couches superficielles et de la migration de la fosse d'après l'hypothèse d'ELSASSER (1971).

CHEN et FORSYTH (1978) citent un séisme en extension avec un axe de tension maximale est-ouest de pendage nul à 14 km de profondeur ($16^{\circ}47$ S- 172° 16W). Si la précision du positionnement géographique de ce séisme est inférieure à 10 km, celui-ci peut aussi bien mettre en évidence des forces de tension dans la face externe de la plaque plongeante (hypothèse des auteurs), que l'existence d'une force de tension ou si l'on veut, un déficit des forces de compression dans la zone interplaque. Le pendage nul de l'axe de tension semble plutôt étayer cette seconde possibilité puisqu'on admet généralement que l'axe de tension maximum en un point de la surface externe d'une plaque homogène à laquelle on impose une flexure est tangentiel à la flexure or à 14 km de profondeur le pendage de la plaque plongeante est d'environ 20° . En outre ce séisme se trouve plus au nord du profil étudié, dans une zone où le plongement de la plaque semble s'accroître et dépasser 20° de pendage à la profondeur citée.

Si l'on reprend la thèse d'ELSASSER (1971), la réduction d'épaisseur des couches $d = 2.4$, $d = 2.55$ et $d = 2.7$ (Fig. V-22) peut être due à une striction des différentes couches provoquée soit par un mouvement d'extension, soit par un déficit du mouvement de compression interplaque dans cette zone. La remontée de matériau de densité 3.33 entre l'arc insulaire et la plaque plongeante peut être due à ce mouvement

En conclusion, la présence d'une masse de matériau de densité 3.33 remontant à 14 km dans la zone de contact des plaques semble être une réalité dont l'existence est toutefois à contrôler par une méthode géophysique capable de lever l'incertitude liée à la gravimétrie et dont l'hypothèse de mise en place nécessite encore des arguments pour être confirmée.

Manuscrit remis en novembre 1979
Manuscrit révisé en août 1980