

CAMPAGNE MESOPAC :
LEVE DE SITES DE FORAGES ODP EN SISMIQUE MULTITRACES
DANS LE BASSIN DE NAURU

Y. Lancelot*, V. Froger*, J.L. Cheminée, H. Galisson*, R. Larson***, A. Mauffret* ,
S.O. Schlanger**** J.G. Sclater*******

* Laboratoire de Géologie Océanique, UPMC, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05.

** Observatoires Volcanologiques, I.P.G., 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

***Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, Narragansett, RI 022882, USA

****Department of Geological Sciences, Northwestern University, EVANSTON, Ill 60621, USA

*****Institute of Geophysics, University of Texas at Austin, 8701 Mopac Blvd, Austin, TX 78759-8345, USA

I. CADRE GENERAL DE LA CAMPAGNE

La campagne MESOPAC était destinée à l'exploration par sismique réflexion multitrace des Bassins de Nauru et du Pacifique central.

Ces bassins sont situés sur la "Plaque Pacifique" dans une région considérée comme la plus ancienne de l'océan mondial (Jurassique moyen à supérieur). Jusqu'à la campagne MESOPAC ni la sismique réflexion monotrace, ni les forages océaniques du programme DSDP/IPOD n'avaient permis d'observer ou d'échantillonner la croûte océanique et les sédiments jurassiques en raison de la présence d'accumulations massives de couches volcaniques d'âge créacé. Ces couches s'étaient en effet révélées un obstacle infranchissable tant à la pénétration des ondes sismiques qu'à celle du forage.

La campagne MESOPAC mettait en oeuvre pour la première fois dans ces régions la sismique réflexion multitrace. Seule cette technique laissait espérer de pouvoir observer la structure interne du complexe volcanique et peut-être la croûte océanique originelle sous-jacente.

Le Bassin de Nauru (fig.1) est limité au nord par les montagnes sous-marines du Pacifique Central, à l'ouest par le Bassin Est-Mariannes, au sud par le Plateau d'Ontong-Java et à l'est par la chaîne des îles Marshall.

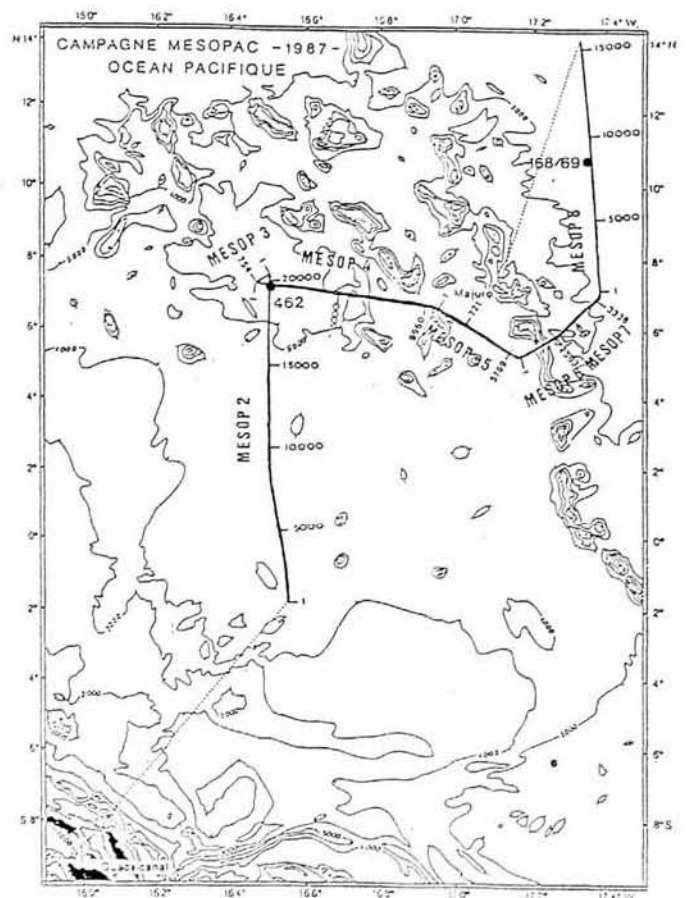


Figure 1 - Plan de position des profils MESOPAC.

Au cours du Leg 61 du DSDP, au site 462 (Larson, Schlanger, *et al.*, 1981), fut foré pour la première fois un complexe volcanique sur près de 500 mètres d'épaisseur, composé de sills, de coulées et de sédiments volcanoclastiques. Le site fut réoccupé

une seconde fois au cours du Leg 89 (Moberly, Schlanger, *et al.*, 1986) afin de tenter de traverser complètement ce complexe. 141 mètres supplémentaires furent forés, portant la pénétration totale à 1209 mètres sans que la base du complexe n'ait été atteinte. Le site 462 était implanté au droit de l'anomalie magnétique M26 (faisant partie du groupe des anomalies "phoenix") correspondant, par simple extrapolation à partir des datations obtenues dans l'Atlantique central, à un âge d'environ 158 Ma (Kent et Gradstein, 1985).

Ces résultats ont montré que seule une étude géophysique plus poussée permettrait d'explorer la structure et l'extension du "complexe volcanique crétacé" et de proposer de nouveaux sites de forage permettant éventuellement d'atteindre les sédiments et la croûte jurassiques qu'il est supposé recouvrir. La campagne MESOPAC a été décidée dans ce but ; elle représentait le premier volet d'un vaste projet franco-américain qui a été consacré pendant deux ans à l'exploration géophysique de l'ensemble des bassins jurassiques de la "Plaque Pacifique" au cours de quatre expéditions successives : MESOPAC du N/O "Jean Charcot" (Avril-Mai 1987), OLD PAC du R/V "Fred Moore" (Nov.-Déc. 1987), OLD PAC 2 du R/V "Thomas Washington" (Déc. 1988-Janv. 1989) et MESOPAC 2 du N/O "Suroît" (Août-Septembre 1989). A la suite de ces expéditions une série de sites de forage ont été proposés (Lancelot *et al.*) et acceptés. La campagne ODP correspondante doit avoir lieu de Novembre 1989 à Janvier 1990 (chefs de mission Y. Lancelot et R. Larson).

II. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE

1. Personnel impliqué.

La campagne MESOPAC était placée sous la responsabilité scientifique de l'équipe SOHO (Sédimentation Océanique et Histoire de l'Océan) de l'Université Pierre et Marie Curie (Y.L., V.F., H.G.). Ont été invités à y participer en raison de leur expertise

scientifique un membre du Groupe d'Etude de la Marge Continentale et Océanique (A.M.) et un volcanologue de l'Institut de Physique du Globe de Paris (J.L.C.). La participation américaine représentait trois universités : Université de Rhode Island (R.L.L.), Université du Texas at Austin (J.G.S.) et Université Northwestern (S.O.S.).

2. Techniques employées.

L'appareillage sismique était mis en oeuvre par l'Ecole et Observatoire de Physique du Globe de Strasbourg (EOPGS) sous la responsabilité de D. Boulanger. La chaîne sismique était constituée d'une flûte de 24 traces et d'un laboratoire d'enregistrement numérique SERCEL SN 238 HR Les sources étaient des canons Flexichoc FP 123. En général un seul canon était mis en oeuvre en continu, sauf en quelques points des profils (notamment au droit du site 462) où deux canons synchronisés ont été employés simultanément.

La campagne MESOPAC a débuté à Honiara, dans l'île de Guadalcanal (îles Salomons) le 1er Mai 1987 et s'est terminée dans l'atoll de Majuro (îles Marshall) le 17 Mai 1987 (voir fig. 1). Un court profil d'essais et de mise au point (MESOP1) a été suivi d'un long profil sud-nord (MESOP2) recoupant l'ensemble de la série d'anomalies magnétiques M17 à M25 et se poursuivant dans la zone magnétique calme du Jurassique jusqu'au-delà du site DSDP 462. Après une boucle (MESOP3) destinée à permettre un deuxième passage, à 90° du premier, sur le site 462 la route suivie le long de deux profils (MESOP4 et 5) grossièrement orientés d'ouest en est (ONO-ESE) a amené le N/O "Jean Charcot" sur la bordure ouest de l'alignement des Marshall. La traversée de cet alignement a été effectuée au niveau du guyot "Harrie" (MESOP6 et 7). Dans le bassin du Pacifique Central un dernier long profil (MESOP8) a été effectué du sud vers le nord jusqu'à 14°N passant au niveau des sites DSDP 168 et 169. Ce profil débute au niveau de l'anomalie magnétique M24 et se poursuit dans la

zone calme. Le navire est ensuite rentré à Majuro.

Au total 3004 km de profils sismiques multitrace ont été réalisés, soit 64.300 tirs. Les travaux n'ont été interrompus (moins de 5 heures) que par une avarie mineure sur le compresseur.

A terre, après la campagne, l'ensemble des profils a été traité à l'EOPG de Strasbourg.

En dehors de la sismique multitrace les observations géophysiques ont aussi comporté la magnétométrie, la gravimétrie, la bathymétrie au sondeur multifaisceaux, et le sondage bathymétrique à 3,5 kHz.

III. PRINCIPAUX RESULTATS.

La stratigraphie sismique des bassins de Nauru et du Pacifique Central n'était jusqu'à cette campagne connue que très superficiellement grâce à quelques profils de sismique monotraces calés sur les forages DSDP aux sites 462 et 169. Winterer, Ewing, *et al.* (1973) et Wiperman *et al.* (1981) ont ainsi proposé des interprétations de l'évolution sédimentaire des

bassins en se fondant sur la confrontation entre profils sismiques et colonne sédimentaire. Ces deux études, limitées par la faible pénétration à la fois des ondes sismiques et du forage, ne s'intéressent qu'à l'histoire post-crétacée des bassins. La faible résolution de la sismique multitrace au canon flexichoc n'apporte guère d'amélioration dans l'analyse des niveaux superficiels. En revanche la pénétration nettement accrue nous a permis d'analyser la structure sismique profonde jusqu'à des niveaux jusqu'alors totalement ignorés. Nous avons pu corrélérer nos profils avec les résultats des forages (figs. 2 et 3) aux sites 462 (Bassin de Nauru) et 169 (Bassin du Pacifique Central) ainsi qu'avec les profils monotraces disponibles. Nous avons repéré ainsi sur nos profils les deux horizons marqueurs principaux correspondant d'une part aux couches de cherts caractérisant la base du Tertiaire et le Crétacé terminal et d'autre part au toit du complexe volcanique. Ensuite nous avons pu analyser la structure interne du complexe volcanique jusqu'à une profondeur de l'ordre de 0.8 secondes (temps double) sous le fond de la mer.

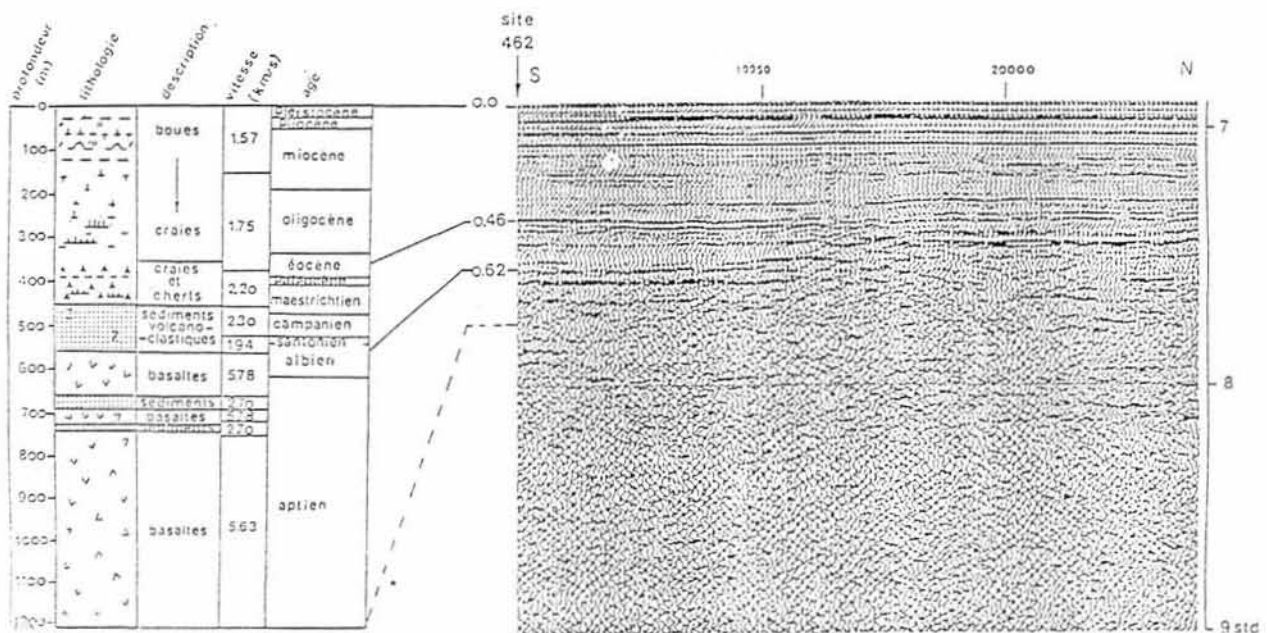


Fig. 2 - Le forage au site 462 corrélé avec le profil MESOP2. L'horizon "chert" apparaît 0.46 std sous le plancher océanique et l'horizon "toit du complexe" à 0.62 std. On observe sur le profil la présence de réflecteurs profonds à l'intérieur du complexe océanique au-delà de 8 std.

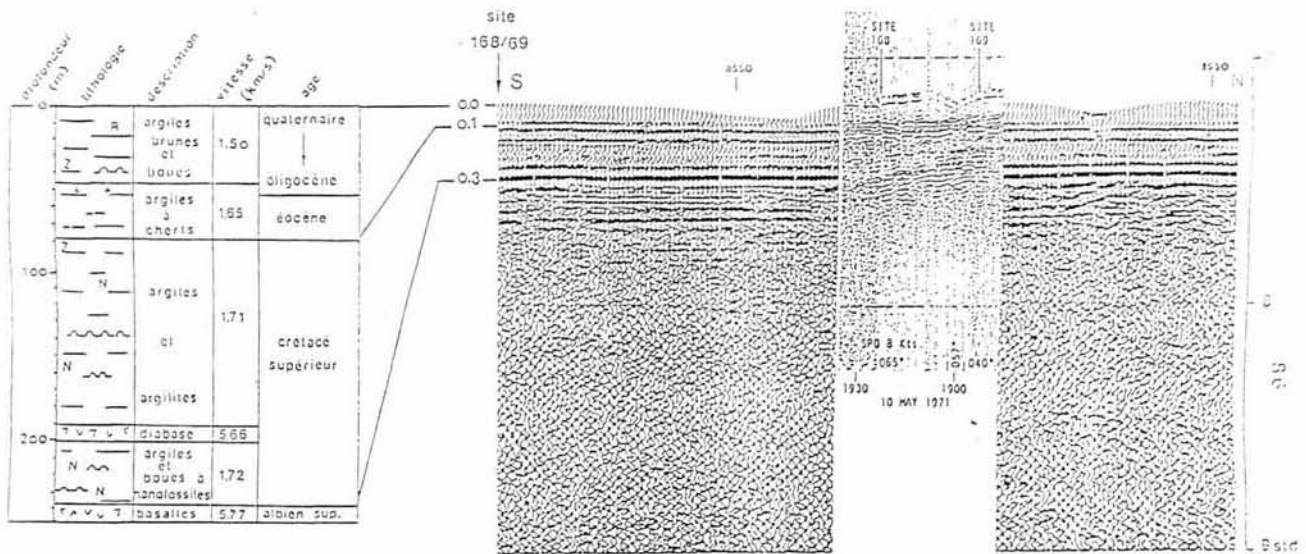


Fig. 3 - Le forage au site 168/169. Corrélation avec le profil MESOP8 et un profil réalisé à bord du D/R "Glomar Challenger". Ce dernier de meilleure résolution fait apparaître le sillon foré au niveau du site 169, alors que le profil MESOP8 ne permet pas de différencier ce sillon de l'horizon "toit du complexe". Par contre sur le profil de sismique multitrace on observe des réflecteurs profonds à l'intérieur du complexe volcanique.

1) Chert et discordance éocène.

L'horizon chert est par nature diachronique. En effet, il correspond aux formations siliceuses témoins du passage de la plaque Pacifique sous la zone de haute productivité équatoriale (Lancelot, 1978 ; Lancelot et Larson, 1975). Dans la région étudiée, cet horizon est d'âge Crétacé supérieur à Tertiaire inférieur (50 à 70 Ma). Au niveau du site 462, cet horizon est

situé à environ 40 mètres au-dessous d'une discordance d'importance régionale, datée de l'Eocène moyen. Au site 462 cette discordance n'est pas visible sur les profils sismiques, en revanche elle est facilement repérable dans les parties sud et est du Bassin de Nauru et en particulier sur le profil MESOP2 (fig. 4). Cette discordance éocène peut être attribuée à une phase tectonique de compression liée au

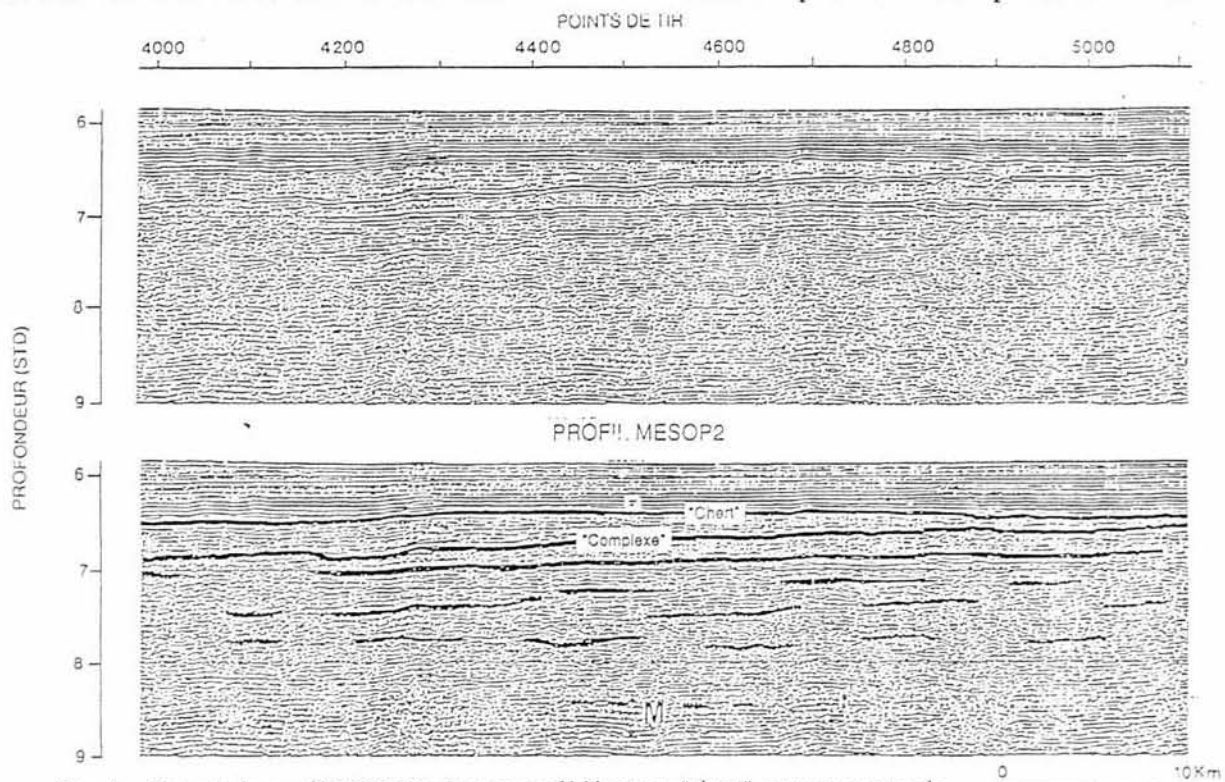


Fig. 4 - Extrait du profil MESOP2. Sur ce profil l'horizon "chert" marque encore la discordance Eocène moyen. L'horizon qui marque le toit du complexe volcanique, libellé "complexe", est caractérisé par un plongement vers le sud déjà visible sur le profil de sismique réflexion monotrace C 12-05. Sous ce très fort réflecteur, le faciès sismique rappelle celui des sédiments volcanoclastiques sus-jacent. Le complexe pourrait donc être constitué par des coulées basaltiques intercalées dans des sédiments volcanoclastiques. (M) indique la présence d'un multiple interne.

blocage de la subduction au niveau de la fosse de Papouasie et à l'obduction de la "Papuan Ultramafic Belt". Il est possible également que l'épisode volcanique éocène qui affecte certaines des îles et guyots de la chaîne des Marshall ait joué un rôle dans la formation de cette discordance.

2) Couche réverbérante et toit du complexe volcanique crétacé.

Au-dessous des réflecteurs correspondant aux cherts ou à la discordance éocène, on rencontre un réflecteur majeur qui en sismique monotrace correspondrait au socle acoustique. Ce réflecteur correspond en fait à une zone de réflecteurs de forte amplitude appelée soit "Horizon B" (Ewing *et al.*, 1968), soit "couche opaque profonde" (Houtz *et al.*, 1970 ; Houtz et Ludwig, 1979). La corrélation avec les résultats des forages aux sites 462 et 169 montre clairement que cette couche correspond au toit du complexe volcanique crétacé. Cet horizon majeur s'observe en sismique multitrace sur une très large portion des bassins du Pacifique occidental.

3) Les réflecteurs profonds.

Grâce aux performances de la sismique multitrace nous avons pu pour la première fois observer des réflecteurs sous la "couche réverbérante". Ces réflecteurs correspondent à des niveaux nettement plus profonds que ceux atteints par le forage au site 462.

Dans la partie sud du Bassin de Nauru on observe en effet sous la "couche réverbérante" des réflecteurs de forte amplitude intercalés dans des niveaux transparents à faiblement stratifiés.

L'ensemble correspond vraisemblablement à des alternances de coulées volcaniques et de sédiments. Plus au Nord, au voisinage du Site 462, les réflecteurs forment un ensemble plus chaotique où cette succession d'événements devient impossible à distinguer. Des réflecteurs discontinus, de basse fréquence, sont encore visibles jusqu'à 8,5 secondes sous la surface sur les profils MESOP2 et 4. Vers l'est, on observe une série de réflecteurs de forte amplitude, plus ou moins continus, visibles jusqu'à environ

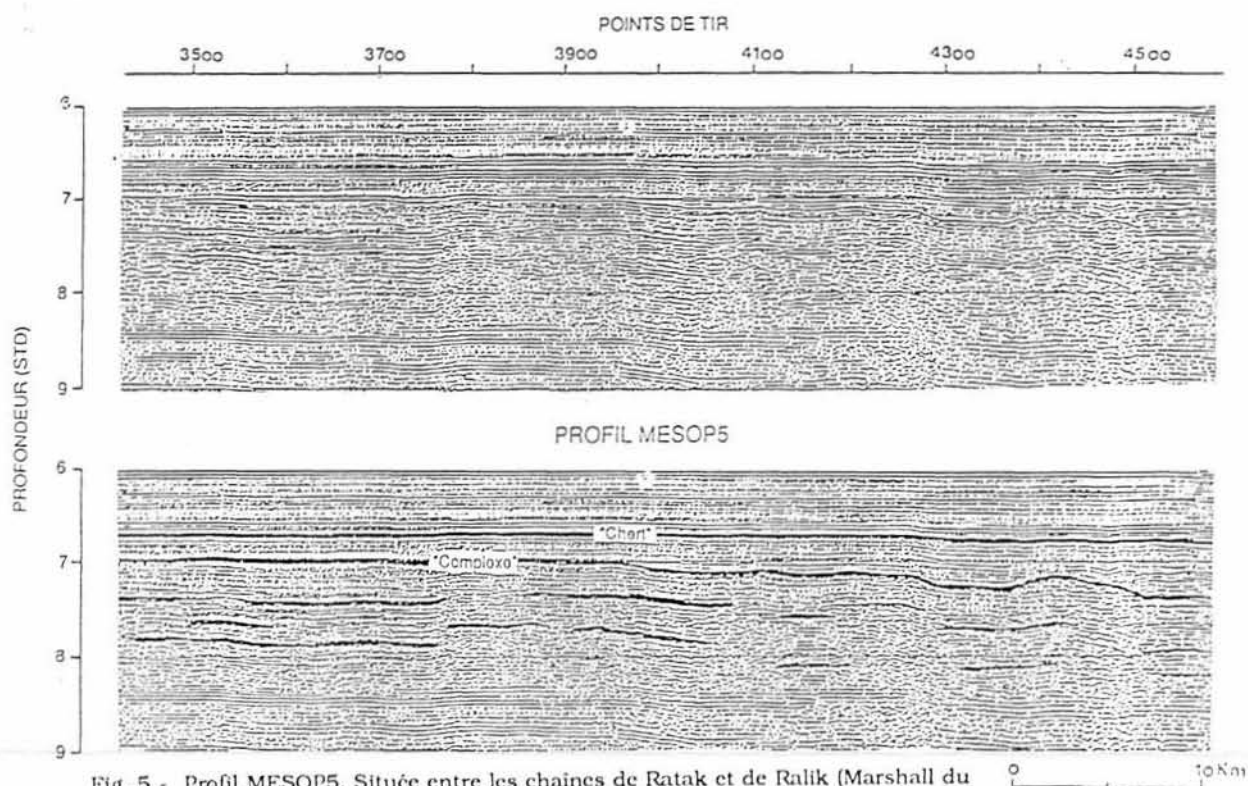


Fig. 5 - Profil MESOP5. Située entre les chaînes de Ratak et de Ralik (Marshall du nord), cette section présente un épaississement de toutes les séries. Il est probable que les nombreux volcans présents dans ce secteur ont fourni des quantités importantes d'éléments détritiques. Les réflecteurs à l'intérieur du complexe volcanique sont très marqués et séparés par des séries stratifiées. Dans ce secteur encore, il semble que le complexe soit constitué par un assemblage de coulées basaltiques et de sédiments volcanoclastiques. (M) indique la présence d'un multiple interne.

8 secondes (MESOP4). Sur le profil MESOP5, on peut voir parfois, au-dessous de la couche réverbérante, une séquence quasi transparente passant latéralement très rapidement à une série de réflecteurs de forte amplitude situés entre 7,3 et 7,9 secondes (fig. 5). En se rapprochant de la chaîne des Marshall, le faciès sismique de l'épaisse séquence située entre les réflecteurs profonds (> 8.1 sec.) et le sommet de la couche réverbérante (7,3 sec.) devient chaotique (MESOP6 et 7). Cet aspect des profils correspond probablement à la présence d'apports massifs de turbidites volcanoclastiques mis en place au moment de la formation des édifices volcaniques, apparus au Crétacé moyen.

Sur la bordure ouest du Bassin du Pacifique Central (MESOP8), la stratigraphie sismique est d'aspect comparable à celle que l'on observe au voisinage du Site 462 dans le Bassin de Nauru. La série paraît toutefois plus condensée et il est souvent difficile de distinguer l'horizon "chert" du "toit du complexe volcanique". La faible résolution de la sismique employée ici en raison des basses fréquences utilisées pour améliorer la pénétration ne permet pas en général d'observer les couches sédimentaires de faible épaisseur intercalées entre ces deux horizons majeurs. Dans ce bassin on observe, comme dans le Bassin de Nauru, des réflecteurs profonds, de forte amplitude, sous la couche réverbérante jusqu'à environ 8,5 secondes.

IV. CONCLUSIONS

Les résultats de la campagne MESOPAC nous permettent d'étudier pour la première fois dans les bassins jurassiques du Pacifique Ouest la structure acoustique des couches situées sous la "couche réverbérante". Cette couche marquait jusqu'à présent le socle acoustique et on savait déjà qu'elle ne correspondait pas à la croûte océanique. L'évènement (ou les évènements) volcanique intraplaque du Crétacé s'est manifesté dans le Pacifique Ouest par la mise en place,

sous de grandes profondeurs d'eau, de vastes épanchements basaltiques entre le Valanginien et l'Aptien. Ces épanchements couvrent une surface de plusieurs millions de km². Jusqu'à maintenant ni les forages ni les profils sismiques monotraces n'avaient permis de connaître ou même d'estimer l'épaisseur du complexe volcanique. Bien qu'ayant traversé plus de 500 mètres de basaltes le forage au site 462 s'est terminé avant d'avoir atteint la croûte océanique dont l'âge reste supposé jurassique en se fondant sur la cartographie des anomalies magnétiques. L'utilisation d'une source sismique puissante et l'enregistrement multitrace nous ont permis d'observer pour la première fois des réflecteurs profonds à l'intérieur du complexe volcanique et de mettre ainsi en évidence des faciès acoustiques nouveaux. Nos résultats permettent d'une part de cartographier en détail l'épaisseur des sédiments reposant sur le complexe volcanique, et d'autre part d'estimer une épaisseur minimale pour ce complexe. La croûte océanique n'a pas pu être repérée sur les profils de cette campagne. Il semble toutefois qu'elle ne puisse être située beaucoup plus bas que les derniers réflecteurs observés. En effet, après calcul de la surcharge "sédimentaire" imposée par les couches volcaniques, on peut estimer que la croûte océanique se trouve à peu près replacée en situation normale sur une couche de subsidence thermique classique.

V. ABRIDGED ENGLISH VERSION.

The MESOPAC cruise was the first multichannel seismic study of the western basins of the Pacific Plate. It was concentrated in the Nauru Basin and in the western area of the Central Pacific Basin. Profiles were calibrated with drilling results from DSDP Sites 462 and 169.

For the first time we could observe reflectors within the cretaceous volcanic complex down to about 8.5 seconds. Until now the acoustic basement in all of this region was the so-called "reverberant layer" that

proved a definite obstacle to the penetration of seismic waves. Its aspect on single channel seismic profiles had led previous investigators to believe that it might not correspond to the top of the oceanic crust. Furthermore drilling at Site 462 had demonstrated that it did correspond to the top of a "volcanic complex" consisting of basaltic flows and sills with some sediment intercalations.

The Cretaceous intraplate volcanic event is characterized by widespread volcanic activity in the form of basaltic flows and sills in the deep basins, and large edifices such as major guyots, seamounts, and oceanic islands. Flows extending over millions of km² started at least in the Valanginian and extended up to the Aptian. Then sills were implaced, that range in age from Aptian to Upper Cretaceous. Major volcanic activity on seamounts guyots and islands is observed until the mid to upper Cretaceous everywhere. Renewed activity occurred during the Eocene in some places. The beginning of the edifice building phase remains unknown.

Until we could explore the basins with a powerful seismic system, there was no way to know, or even estimate, the thickness of the volcanic complex. Although more than 500 meters of basalts were drilled at Site 462, the oceanic crust was not reached. The age of the crust of the Nauru Basin is still believed to be at least Upper Jurassic (possibly close to Mid Jurassic) in age based on the magnetic anomalies. Our profiles did not allow direct observation of the top of the oceanic crust. They did, however, provide some insight about its actual depth. The deepest reflectors observed within the volcanic complex lie at times as deep as 8.5 seconds below the sea surface. After correcting for the load on top of the oceanic crust, our results suggest that it cannot lie much deeper than those reflectors. Indeed if the oceanic crust lies only a few hundred meters beneath the 2.4 km thick complex, it would be right on the normal thermal subsidence curve corresponding to a Jurassic age.

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ewing J., Ewing M., Aitken T. et Ludwig W. J., 1968, North Pacific sediment layers measured by seismic profiling. In: L. Knopoff, C. Drake, and P. Hart, Eds., The crust and upper mantle of the Pacific area. *Geophys. Monogr. Ser.*, **12**, A.G.U., Washington D.C., p. 147-173.

Houtz R., Ewing J. et Buhl P., 1970, Seismic data from sonobuoy stations in the Northern and Equatorial Pacific. *J. Geophys. Res.*, Washington, **75** : 5093-5111.

Houtz R. E. et Ludwig W. J., 1979, Distribution of reverberant subbottom layers in the Southwest Pacific Basin. *J. Geophys. Res.*, Washington, **84** : 3497-3504.

Lancelot Y., 1978, Evolution sédimentaire et tectonique de la plaque Pacifique. *Mém. Soc. Géol. de France*, Paris, n° **134**.

Lancelot Y., Larson R. L., 1975, Sedimentary and tectonic evolution of the Northwestern Pacific. In Larson R. L., Moberly R., et al., *Init. Repts. DSDP*, **32** : Washington (U.S. Govt Printing Office), 925-939.

Lancelot Y., Larson R. L., Shipley T. H., Abrams L., 1988, Old Pacific History. *Proposal JOIDES* n° 360 E.

Larson R. L., Schlanger S. O., et al., 1981, *Init. Repts. DSDP*, **61** : Washington (U.S. Govt. Printing Office), 885 pp.

Moberly R., Schlanger S. O., et al., 1986, *Init. repts. DSDP*, **89**: Washington (U.S. Govt. Printing Office), 678 pp.

Winterer E. L., Ewing J. I., et al., 1973, *Init. Repts. DSDP*, **17**: Washington (US. Govt. Printing Office), 930 pp.

Wiperman L. K., Larson R. L. et Hussong D. M., 1981, The geological and geophysical setting near Site 462. In: Larson R. L., Schlanger S. O., et al., *Init. Repts. DSDP*, **61**: Washington (U.S. Govt. Printing Office), 763-770.