

N8

**APPORT DE L'ALTIMETRIE SATELLITAIRE A LA CARTOGRAPHE
DES FONDS OCEANIQUES**

**CONTRIBUTION OF SATELLITE ALTIMETRY TO SEA FLOOR MAPPING
METHODS, RESULTS AND ENFORCEMENTS**

S. CALMANT et N. BAUDRY

Centre ORSTOM de Nouméa, B.P. A5 Nouméa - NOUVELLE-CALEDONIE.

RESUME

Les données satellitaires de hauteur du niveau de la mer (mesures altimétriques), traduites en terme de gravité, sont traitées par filtrage et modélisation afin de réaliser des cartes de la topographie des fonds océaniques. Nous présentons les étapes du traitement permettant notamment la détection et la modélisation de monts sous-marins inconnus et l'amélioration de la cartographie de structures déjà mentionnées sur les cartes bathymétriques existantes.

Nous montrons que cette technique de cartographie sous-marine par traitement de données satellitaires permet d'obtenir des informations fiables, et de coût relativement faible comparé à celui des techniques classiques. Cette méthode de cartographie est parfaitement adaptée à l'exploration bathymétrique de zones maritimes vastes telles que les Zones Economiques Exclusives. Elle permet également d'optimiser l'emploi des navires océanographiques disposant de moyens lourds.

ABSTRACT

The satellite data about the height of the sea level (altimetric measurements), expressed in terms of gravity, are



processed by screening and modelling so as to obtain maps of the sea bed topography. We present the stages of the processing allowing notably to detect and model unknown submarine mounts, and to improve the cartography of structures already located on the existing bathymetric maps.

We prove that submarine cartography technique through satellite data processing enables to obtain reliable information that is not too expensive, by comparison with conventional techniques.... This cartographic method is perfectly adapted to the bathymetric exploration of extensive marine areas such as the Exclusive Economic Zones. It also allows to optimize the use of oceanographic ships equipped with heavy material.

INTRODUCTION

Tous les états ayant une surface maritime importante sont intéressés par l'exploration bathymétrique de leur Zone Economique Exclusive. En effet, la connaissance de la forme des reliefs sous-marins est une donnée de base dans de nombreux domaines tels que l'économie (recherche de ressources minérales et halieutiques), la juridiction, la navigation et les sciences de la Terre. Malheureusement, notre connaissance de la bathymétrie des océans n'est que très partielle : moins de 10 % de la surface totale du fond des océans est cartographiée avec précision. En plus de leur faible densité à l'échelle des bassins océaniques, les données bathymétriques collectées jusqu'à aujourd'hui par les navires océanographiques souffrent de deux insuffisances : elle sont pratiquement inexistantes au centre des grands bassins de l'hémisphère sud, comme le Pacifique central et sud, et la qualité des mesures et de leur positionnement géographique est très variable, en particulier pour les mesures anciennes réalisées avant l'utilisation des écho-sondeurs et des satellites de positionnement. La cartographie de ces vastes étendues marines par les moyens classiques nécessiterait des campagnes en mer de longue durée, donc de coût très élevé.

L'altimétrie satellitaire offre une alternative intéressante pour l'exploration bathymétrique de vastes régions océaniques, car les mesures altimétriques peuvent être converties par modélisation en valeurs de bathymétrie. L'utilisation de l'altimétrie satellitaire pour la réalisation de cartes de la topographie sous-marine est complémentaire de la mission bateau : les cartes produites sont moins détaillées, mais possèdent en revanche l'énorme avantage d'être globales et homogènes. De plus les coûts sont réduits au développement et à l'exploitation de logiciels scientifiques, les données satellites étant du domaine public.

Nous présentons dans cet article les travaux que nous avons menés pour réaliser des cartes de la topographie sous-marine par grande profondeur à partir des données satellites

de hauteur de la surface de la mer. Les algorithmes sont publiés dans Baudry et Calmant (1991). La restitution cartographique se fait en trois étapes :

- Prétraitement des données par filtrage, permettant l'identification des zones d'application (nouvelles structures à cartographier, vérification de données bathymétriques existantes).
- Extrapolation, sur ces zones, des données altimétriques en valeurs de hauteur du géoïde (équipotentielle de gravité) sur une grille à pas régulier et conversion de ce géoïde en bathymétrie.
- Estimation des incertitudes.

Notre connaissance des structures à modéliser sera générique et non individuelle : il s'agira de volcans, de rides, de plateaux, etc. Leur modélisation se fera à partir de deux types d'information : les données altimétriques d'une part et un modèle géophysique d'autre part. Le modèle apportera l'information commune à toutes les structures du même type et les données l'information spécifique à chaque structure particulière. Le bilan d'incertitude sera établi à partir des incertitudes associées à l'une et l'autre de ces informations.

Cette démarche permet de produire des cartes bathymétriques dont le niveau d'information contenue est connu et contrôlé, ce qui n'est pas toujours le cas des cartes bathymétriques existantes qui comportent généralement peu d'indications sur la fiabilité des données et sur les interpolateurs utilisés.

En domaine océanique grands fonds, les cartes que nous produisons ont une précision de quelques centaines de mètres sur la profondeur et de quelques kilomètres sur la localisation des structures. Lorsque cette précision est suffisante, par exemple pour la détermination de nouvelles zones de pêche ou l'évaluation globale des ressources marines d'une Zone Economique, ces cartes peuvent être utilisées directement. Dans le cas où une cartographie plus fine est recherchée, ces cartes servent alors de données de base pour mieux cibler les objectifs des missions océanographiques. L'emploi des moyens lourds de cartographie à haute résolution est ainsi optimisé.

PRESENTATION DU PROBLEME GEOPHYSIQUE

La terre n'est pas une sphère homogène. La distribution irrégulière des masses, tant en surface qu'en profondeur, a pour conséquence de déformer les surfaces équipotentielles du champ de gravité de la terre. Ces surfaces équipotentielles sont des surfaces en tout point perpendiculaires à la

verticale et sont donc des surfaces d'équilibre pour les fluides. On appelle géoïde la surface équipotentielle qui correspondrait à la surface permanente des océans et qui est matérialisée en première approximation par la surface moyenne de la mer. On utilise cette propriété de coïncidence entre équipotentielle de gravité et surface océanique pour accéder au champ de gravité par simple cartographie de la topographie de la surface de la mer. Aux hautes fréquences (soit à des échelles spatiales inférieures à quelques centaines de kilomètres), cette topographie de surface est fortement corrélée à la bathymétrie puisque cette dernière constitue le plus important contraste de densité sous la surface (contraste eau-roche). Cette corrélation n'est pas parfaite. Elle est essentiellement géographique : tout édifice rocheux s'élevant du fond de la mer vers la surface crée au dessus de lui une anomalie du géoïde, et donc une perturbation de la forme de la surface moyenne de la mer. Typiquement, l'anomalie positive due à un volcan sous-marin est une bosse de la surface de la mer dont l'amplitude va de 0.5m pour une petite structure à un peu plus d'une dizaine de mètres pour un volcan majeur comme Hawaï, et dont la largeur est de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres. La Figure 1 présente les anomalies du géoïde dues à quelques unes des îles et monts sous-marins des archipels des Cook et des Australes (Pacifique central sud).

PRETRAITEMENT DES DONNEES ET IDENTIFICATION DES ZONES D'APPLICATION

Geos-3 en 1975, Seasat en 1978 puis Geosat en 1987-1988 sont les trois satellites altimétriques qui ont collecté des données de hauteur instantanée de la mer utilisées en géophysique. Le principe de la mesure altimétrique est simple : un altimètre radar embarqué envoie continuellement des impulsions en direction du nadir qui se réfléchissent à la surface de l'eau. Du temps de propagation aller-retour d'une impulsion est déduite la hauteur du satellite au dessus de la surface de l'océan. La position du satellite dans l'espace étant connue avec précision par orbitographie, on en déduit la hauteur instantanée de la surface de la mer au dessus d'un modèle de Terre de référence. Après correction des effets externes (marées liquides et solides, conditions atmosphériques, état de surface de l'eau), on obtient une estimation de la hauteur permanente de la mer. Cette hauteur permanente peut être associée à la hauteur du géoïde (fig. 1), à l'effet des courants marins près. Les mesures radar sont moyennées sur une seconde, ce qui correspond à une empreinte au sol par mesure de quelques kilomètres carrés. Ces satellites, en orbite à quelques centaines de kilomètres d'altitude, défilent au dessus de la terre. Les traces au sol de leurs orbites déterminent les profils d'échantillonnage spatio-temporel de la surface de la mer par l'altimètre radar.

Le premier niveau de traitement que nous réalisons sur les données altimétriques va permettre de comparer sur des images globales (à l'échelle de la région à explorer) l'information

sur la topographie sous-marine contenue dans les mesures altimétriques et les informations bathymétriques déjà existantes. Le fichier de référence en ce qui concerne la bathymétrie existante est le fichier Dbdb5 réalisé par le Défence Mapping Agency. Il contient une compilation de données bathymétriques sur tous les océans du globe, avec un pas de 9km environ. Cette précision du fichier (124 mesures par degré carré) n'est qu'apparente : il a été construit à partir de données d'origines diverses, ayant des précisions très variables et dont la répartition sur le globe est très inégale. Ainsi dans les mers australes où les passages de navires et donc les mesures bathymétriques sont espacés de plusieurs dizaines voire centaines de kilomètres, la bathymétrie Dbdb5 est interpolée à partir de mesures suffisamment éloignées les unes des autres pour que des édifices comme des volcans sous-marins n'y apparaissent pas, faute d'avoir été relevés. Nous intégrons également, dans notre bathymétrie de référence, les données de campagnes océanographiques récentes, complémentaires par rapport aux données Dbdb5. Par exemple, pour le Sud-ouest Pacifique, l'interrogation de la base de données Geomer de l'Orstom permet d'intégrer les mesures bathymétriques des dernières campagnes océanographiques réalisées dans cette zone.

Ce premier traitement des données doit répondre aux exigences suivantes :

- Les données traitées doivent fournir une image la plus proche possible de la forme générale du relief sous-marin.

- Le traitement doit être rapide, car le nombre de données à traiter peut-être énorme dans le cas d'exploration de grandes surfaces océaniques.

Pour satisfaire à ces deux critères, nous réalisons un simple filtrage passe-bande des profils altimétriques dans la gamme de longueurs d'onde 30-400km. C'est en effet dans cette gamme de longueurs d'onde que l'énergie du signal due à la topographie est la plus élevée. Les cartes d'anomalies du géoïde que nous produisons à partir de ce filtrage (cartes qui ne sont pas encore des cartes de bathymétrie) donnent une idée générale de la topographie sous-marine, qui peut être confrontée à la bathymétrie de référence. Cette confrontation permet d'identifier :

- Les zones où les données satellites révèlent la présence de structures non cartographiées sur la bathymétrie de référence.

- Les zones où la bathymétrie connue présente des structures dont le positionnement ou la forme sont manifestement erronés.

C'est sur ces deux types de zones que nous focaliserons notre intérêt. La proportion de surface que représentent ces zones sélectionnées, par rapport à la surface totale de la zone explorée, dépend de la qualité et de la densité des données bathymétriques existantes. Pour le Pacifique sud et central, l'exploration de la Zone Economique Exclusive d'un état insulaire nous permet de détecter et cartographier jusqu'à plusieurs dizaines de nouveaux monts sous-marins majeurs, de tester et éventuellement repositionner les structures déjà cartographiées, et enfin d'apporter des informations bathymétriques sur les structures telles que les plateaux sous-marins et les zones de fractures.

Le calcul de la topographie sous-marine à partir des données altimétriques sera réalisé sur ces zones élémentaires. Ceci permet d'alléger les calculs et de diminuer en conséquence le temps d'ordinateur. Cela permet également l'ajustement du modèle géophysique à chaque structure. Ce modèle est déterminé pour chaque structure en fonction de notre connaissance du passé géologique et géophysique de la zone. Les calculs doivent donc être faits sur des zones géographiques limitées à la zone de validité de chaque modèle géophysique particulier.

Les paragraphes suivants décrivent les traitements nécessaires pour modéliser la topographie du fond à partir des données altimétriques dans ces zones élémentaires. Ces zones ont des tailles ajustables aux structures à cartographier et sont en général de l'ordre du degré carré.

EXTRAPOLATION DES MESURES SUR UNE GRILLE REGULIERE

Les calculs d'orbitographie et les corrections externes appliquées aux mesures altimétriques pour restituer le géoïde ne sont pas parfaits et sont donc entachés d'erreurs. En pratique, les valeurs de hauteur permanente de la surface de la mer obtenues par altimétrie ont une incertitude qui peut être du même ordre de grandeur que l'amplitude du signal que nous cherchons à extraire et modéliser. Etant donné la distribution particulière de l'échantillonnage dans l'espace et dans le temps pour des zones géographiques réduites (profils rectilignes de quelques secondes séparés entre eux de plusieurs jours), ces erreurs sont regroupées en deux catégories : celles qui sont complètement corrélées le long d'une trace mais sont décorrélées d'une trace à une autre, et celles qui sont décorrélées d'une mesure à l'autre le long d'une trace. Le premier type d'erreur concerne essentiellement les modèles d'orbitographie et de corrections de géophysique externe et se traduit par des biais qui affectent l'ensemble des mesures trace par trace. Ces erreurs sont traitées par une réduction globale des écarts au points de croisement entre traces. Le second type concerne essentiellement les erreurs instrumentales, traitées comme un bruit blanc dans le calcul d'interpolation par collocation. Les erreurs dues à la variabilité océanique peuvent intervenir dans les deux

groupes. La méthode de collocation permet de déterminer la fonction d'interpolation à partir de la connaissance statistique que l'on a de la grandeur à extrapoler et de la qualité de son échantillonnage. L'interpolateur est ainsi reconstruit pour chaque zone et chaque distribution géographique des données satellites, sur la base de la corrélation spatiale entre les points de mesure et les points de grille, les points de grille entre eux et enfin du rapport signal sur bruit des mesures. Contrairement à l'utilisation d'un interpolateur généraliste (polynômes, spline), cette méthode présente l'avantage de ne pas introduire de fausse information lors de l'interpolation. Enfin elle permet une évaluation de l'incertitude sur le résultat, qui est indispensable si l'on veut évaluer l'incertitude sur la bathymétrie calculée.

CONVERSION DU GEOÏDE EN BATHYMETRIE

Pour une anomalie du géoïde donnée, il existe une infinité de solutions en termes de distributions de masses. Pour arriver à sélectionner une solution parmi d'autres, il faut utiliser une information complémentaire : c'est le modèle géophysique.

L'anomalie du géoïde associée à un mont sous-marin est contrôlée par la géométrie des interfaces entre milieux de différentes densités. La restitution bathymétrique n'est rien d'autre que la restitution de la géométrie d'un contraste de densité particulier : l'interface eau-roche. Le modèle géophysique va nous permettre d'exprimer la géométrie des autres interfaces, situés à plus grande profondeur sous l'interface "topographie", en fonction de la topographie elle-même et de différents paramètres géophysiques.

Parmi ces paramètres, un élément important est la différence d'âge entre le plancher océanique (créé au niveau d'une dorsale océanique) et la structure bathymétrique. De cet âge relatif dépendent les caractéristiques thermomécaniques de la lithosphère océanique (couche externe rigide de la Terre), qui se sera alors plus ou moins déformée sous le poids de la structure. Cette déformation, illustrée figure 2, est modélisée par un comportement de plaque élastique (la déformation disparaîtrait si la charge disparaissait). Si la structure bathymétrique est aussi ancienne que le plancher océanique (volcan mis en place à la dorsale), la plaque élastique équivalente a une rigidité nulle et il y a simplement équilibre isostasique : la déformation des interfaces profonds est proportionnelle à la hauteur de la structure bathymétrique. Si la structure est un volcan mis en place sur une lithosphère déjà âgée, l'épaisseur élastique équivalente augmentera avec la différence d'âge. La déformation des interfaces profonds sera de plus faible amplitude, mais elle sera étalée latéralement autour de la structure. Dans le cas d'une structure jusqu'alors inconnue,

cette différence d'âge ne peut pas être déterminée avec précision. Elle est simplement évaluée grâce à une connaissance préalable de l'histoire géologique de la région.

De même pour les densités : à chaque interface sera associé un contraste de densité lui aussi évalué en fonction de modèles globaux de distribution des densités dans la terre et de notre connaissance de la géologie régionale.

L'épaisseur élastique et la densité de l'édifice sont les paramètres les plus importants du modèle géophysique. C'est à partir des incertitudes sur ces deux données que nous estimons l'incertitude sur la bathymétrie due au modèle géophysique. Cette estimation est faite par différence entre solutions bathymétriques pour des valeurs extrêmes de ces paramètres.

EXEMPLE D'APPLICATION

Les différentes étapes du traitement des données qui ont été décrites dans les paragraphes précédents sont illustrées Planche N8A, N8B et figures 3 et 4. Le résultat du prétraitement des données altimétriques Seasat sur la partie ouest des Iles Australes (Polynésie française) et le sud des Iles Cook est présenté sur la planche N8A. La fonction représentée par des variations de couleurs est le géoïde après filtrage. Le bleu uniforme indique un plancher océanique sans relief majeur (la profondeur moyenne du plancher océanique est dans cette région de 4 500m). Les structures colorées sont les signatures dans les données altimétriques (dans le géoïde) des divers reliefs (îles et monts sous-marins de plus de 1 000m de hauteur au dessus du plancher océanique), signatures ayant une très forte corrélation avec la topographie des structures elles-mêmes. La bathymétrie de référence (ici le fichier Dbdb5) est montrée en courbes de niveaux blanches (isobathes 1 000m à 4000m). La confrontation des deux jeux de données permet l'identification des structures bathymétriques non cartographiées ainsi que des structures dont la bathymétrie est incomplète et des erreurs de cartographie :

Détection de monts sous-marins non cartographiés

La forme sub-circulaire typique de l'anomalie du géoïde associée à un mont sous-marin permet l'identification rapide des structures non cartographiées dans la bathymétrie de référence. Sur cette image, une douzaine de nouveaux monts sont mis en évidence. De fait, toute la chaîne au sud de 24°S est complètement absente du fichier bathymétrique.

Rectification de la position et de la géométrie d'édifices déjà cartographiés

Les positions des monts au sud-ouest de Raivavae sont décallés d'une quinzaine de kilomètres par rapport à leur signature dans le géoïde. Ce décallage provient d'imprécisions sur la position de ces monts dans les données Dbdb5. De la même façon, l'étendue sous-marine de l'île de Rurutu est vraisemblablement sous-estimée et une extension vers le sud-est de l'édifice est très probable.

Détection et correction des erreurs de cartographie

Le haut fond Fabert, reporté sur les données Dbdb5 ainsi que sur la plupart des cartes bathymétriques et de navigation, n'existe pas à l'endroit reporté sur les cartes. En effet, le géoïde au dessus de l'endroit supposé de ce banc ne montre aucune anomalie positive significative. La détection et le positionnement au sextant du mont Fabert datent du début du siècle. L'erreur de cartographie peut donc venir d'une erreur de l'estimation de la longitude du navire au moment de la mesure de la sonde, ou d'une erreur de report de cette position. Au cours de la campagne Seapso 5, le N/O J. Charcot a procédé à un levé bathymétrique de la zone, présenté sur la figure 3. Ce levé a confirmé l'absence totale d'édifice à cet endroit. Le mont Fabert pourrait être le haut-fond bien visible dans le géoïde deux degrés plus à l'est.

Sur la figure 4 et planche N8B, une modélisation de la bathymétrie du mont sous-marin détecté en 24.13°S 203.6°E est présentée. La figure 4 donne le géoïde calculé par collocation sur une grille au pas de 5 km. La Planche N8B présente la bathymétrie restituée par modélisation de ce géoïde. Cette bathymétrie indique que l'édifice serait composé de deux cônes. Les profondeurs calculées des deux sommets sont de 1 700m et 2 300m. Les incertitudes associées à ces valeurs sont de l'ordre de 400m. Un levé Seabeam réalisé sur ce mont lors de la campagne Seapso 5 (planche N8C) indique que le volcan possède effectivement deux sommets, le premier ayant une profondeur de 1 450m et le second de 1 950m. Les erreurs sur l'estimation des profondeurs sont donc de 250m et 350m. L'erreur de positionnement des sommets est de 6km (soit environ un pas de grille). La planche N8D représente la bathymétrie calculée de la planche N8B, avec le même angle de vue que la bathymétrie Seabeam de la planche N8C. Elle permet de se rendre compte de la très bonne qualité de la restitution bathymétrique : restitution des tailles relatives des sommets, des pentes maximales, de l'étendue de la base de l'édifice. Pour ce mont, les données de terrain montrent que la bathymétrie calculée est restituée avec une précision meilleure que les incertitudes annoncées. Cet exemple est extrait des nombreux tests de vérification sur le terrain qui ont été réalisés (Baudry, 1987). Ces tests constituent une validation a-posteriori des résultats.

REMARQUES CONCLUSIVES

Les tests de terrain qui ont été réalisés confirment la fiabilité et la précision de nos algorithmes, qui peuvent être appliqués à l'exploration bathymétrique satellitaire de n'importe quelle zone océanique off-shore.

Cependant, même si la couverture satellite existante à ce jour est complète à l'échelle de la planète, elle n'est pas encore totalement dense et homogène à l'échelle d'une région particulière. Pour illustrer cette répartition pour l'instant hétérogène des données, la localisation des traces satellite Seasat utilisées pour réaliser la carte de géoïde filtré de la planche N8A est reportée sur la planche N8E, en superposition de ce géoïde filtré. Des zones résiduelles d'environ 50 à 100km encore non-échantillonnées y apparaissent clairement. Pour ces zones particulières, la prédiction bathymétrique n'est toujours pas réalisable.

Dès 1991, de nouveaux jeux de données viendront compléter les données existantes, grâce au lancement des satellites ERS-1 en juin 1991 et Topex/Poséidon au début de l'année 1992. La distance latérale entre deux traces satellites n'excédera pas une dizaine de kilomètres, et n'importe quelle région océanique pourra faire l'objet d'une étude bathymétrique satellitaire détaillée et complète.

Le pouvoir prédictif des algorithmes en font un outil parfaitement adapté à un travail prospectif. L'ensemble de ces algorithmes a été regroupé en un logiciel implanté sur station de travail et actuellement exploité par Seafloor Imaging Inc. et l'Equipe de Recherche en Géophysique Spatiale de Orstom, Nouméa.

REFERENCES

BAUDRY N., 1987. Géoïde altimétrique et lithosphère océanique : Application à l'identification de nouvelles structures intraplaques, *Thèse de Docteur en Sciences de l'Université de Paris Sud*.

BAUDRY N., S. CALMANT, 3-D modelling of seamount topography from satellite altimetry, *Geophysical Research Letters*, 1991.

CALMANT S., A. CAZENAVE, The effective elastic thickness under the Cook-Austral and Society Islands, *Earth and Planet. Sc. Letters* 77, 187-202, 1986.

CALMANT S., 1991. Equipe de Recherche en Géophysique Spatiale, *Laboratoire de Géologie et Géophysique, Centre Orstom de Nouméa, BP A5, Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie*.

**BAUDRY N., Seaflor Imaging Inc., BP 8039, Nouméa-Sud,
Nouvelle-Calédonie.**

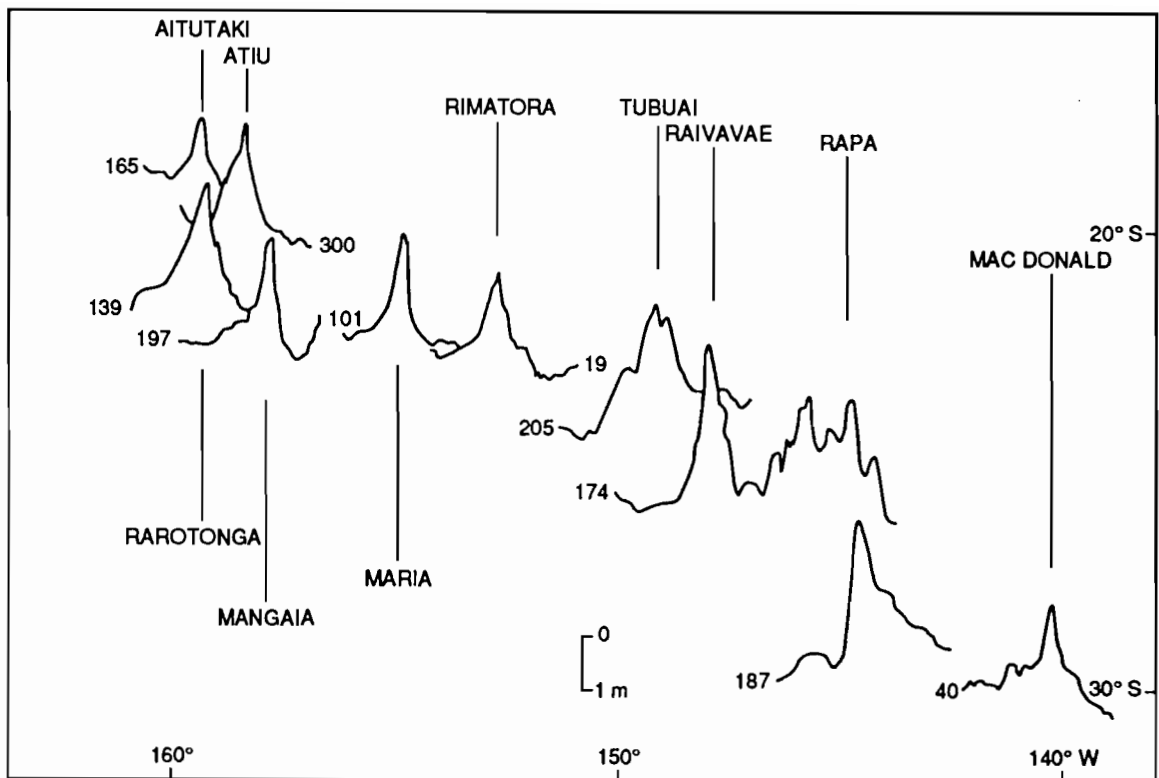


Figure 1 : Mesures altimétriques Seasat de hauteur du géoïde au dessus d'îles et de monts sous-marins dans les archipels des Cook et des Australes. Chaque île ou volcan sous-marin signe sa présence dans le géoïde selon sa masse et les conditions géophysiques au moment de sa formation (d'après Calmant et Cazenave, 1986).

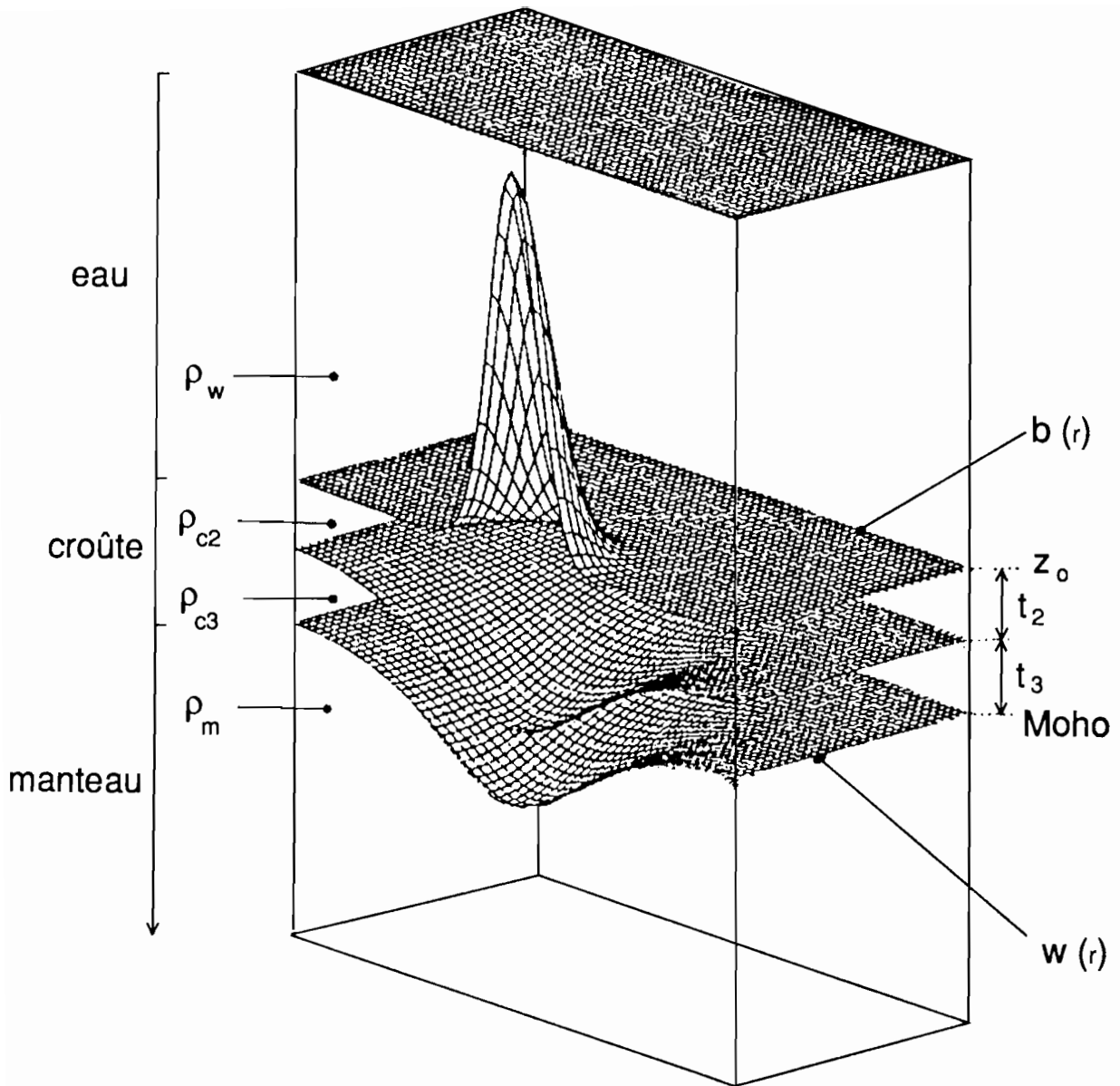


Figure 2 : Modèle géophysique reproduisant la structure de la lithosphère océanique déformée sous l'effet d'une charge volcanique. La densité des roches augmentant avec la profondeur, les approfondissements d'inter-faces génèrent des défauts de masse dont l'effet sur le géoïde se soustrait à celui du volcan lui-même, plus dense que l'eau environnante. L'épaisseur élastique de la lithosphère est un paramètre important du modèle géophysique, car il régit la géométrie de ces déformations des interfaces profonds (d'après Baudry, 1987).

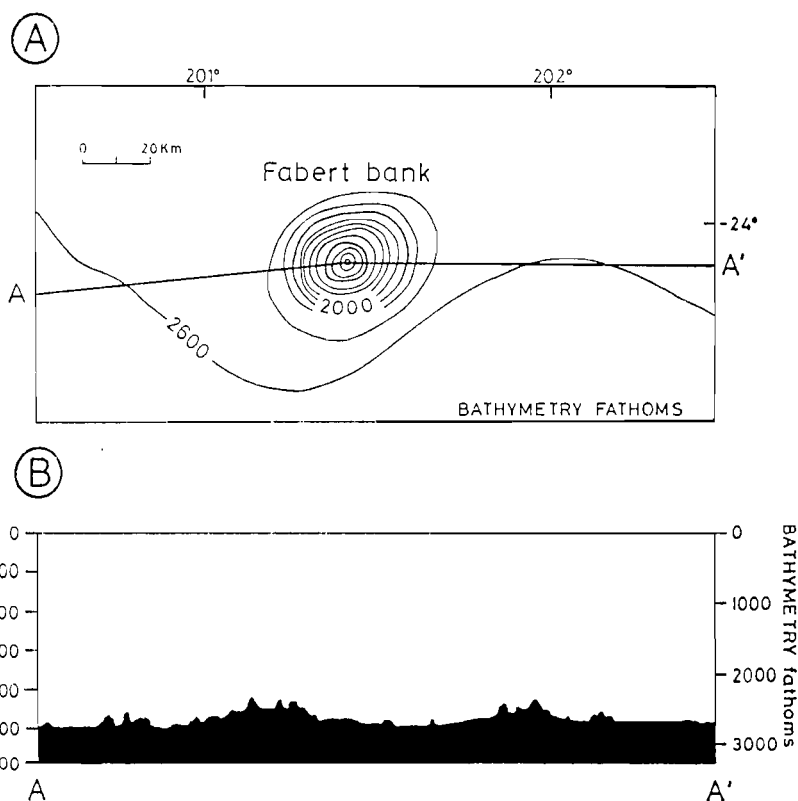


Figure 3 : A : bathymétrie de référence (fichier DBdb5) faisant mention du haut-fond Fabert. B : Levé bathymétrique sur la même zone, réalisé lors de la campagne Seapso 5 du N/O Charcot. L'absence totale de relief à l'endroit supposé du mont Fabert confirme que la position cartographiée de ce mont est erronée. Cet exemple illustre l'utilisation des cartes régionales du géoïde filtré pour la vérification des données bathymétriques existantes et la correction d'éventuelles erreurs cartographiques.

Géoïde interpolé

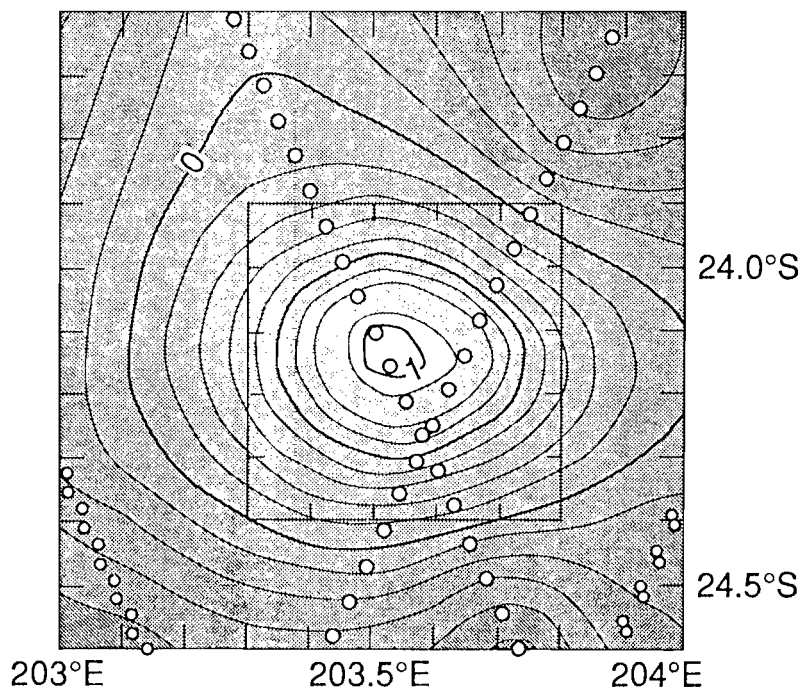
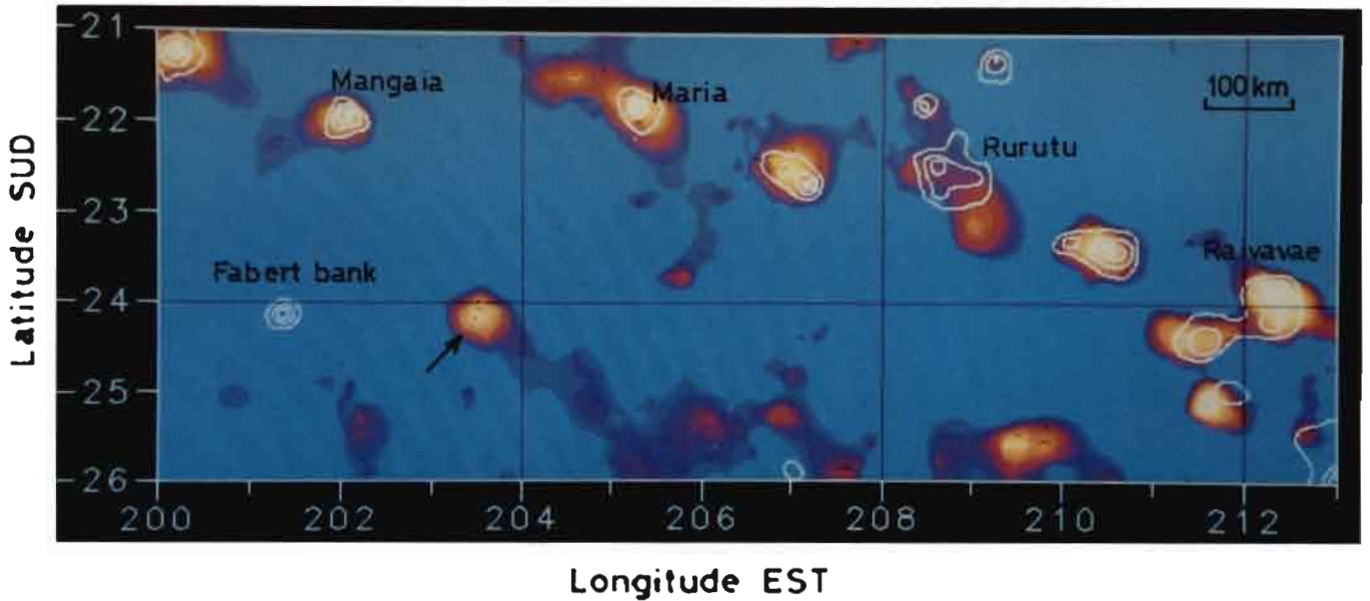
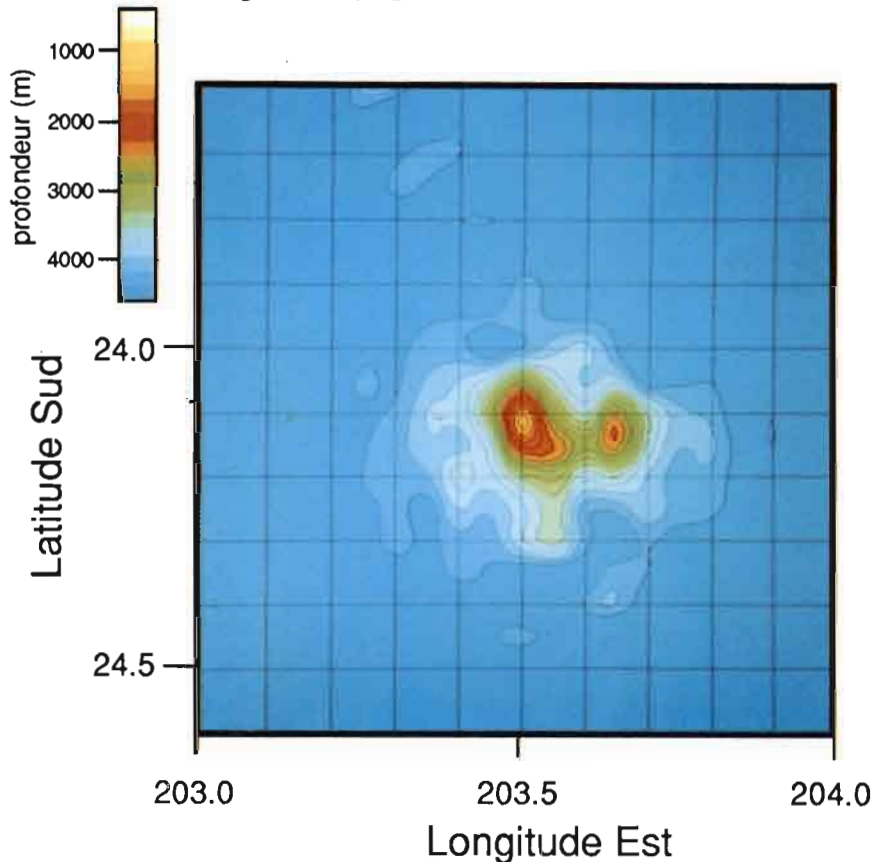


Figure 4 : carte du géoïde représentant la signature de la nouvelle structure détectée en 24.13°S, 203.6°E (structure indiquée par une flèche sur la planche N8A). Ce géoïde est obtenu par collocation à partir des mesures altimétriques symbolisées par les cercles.

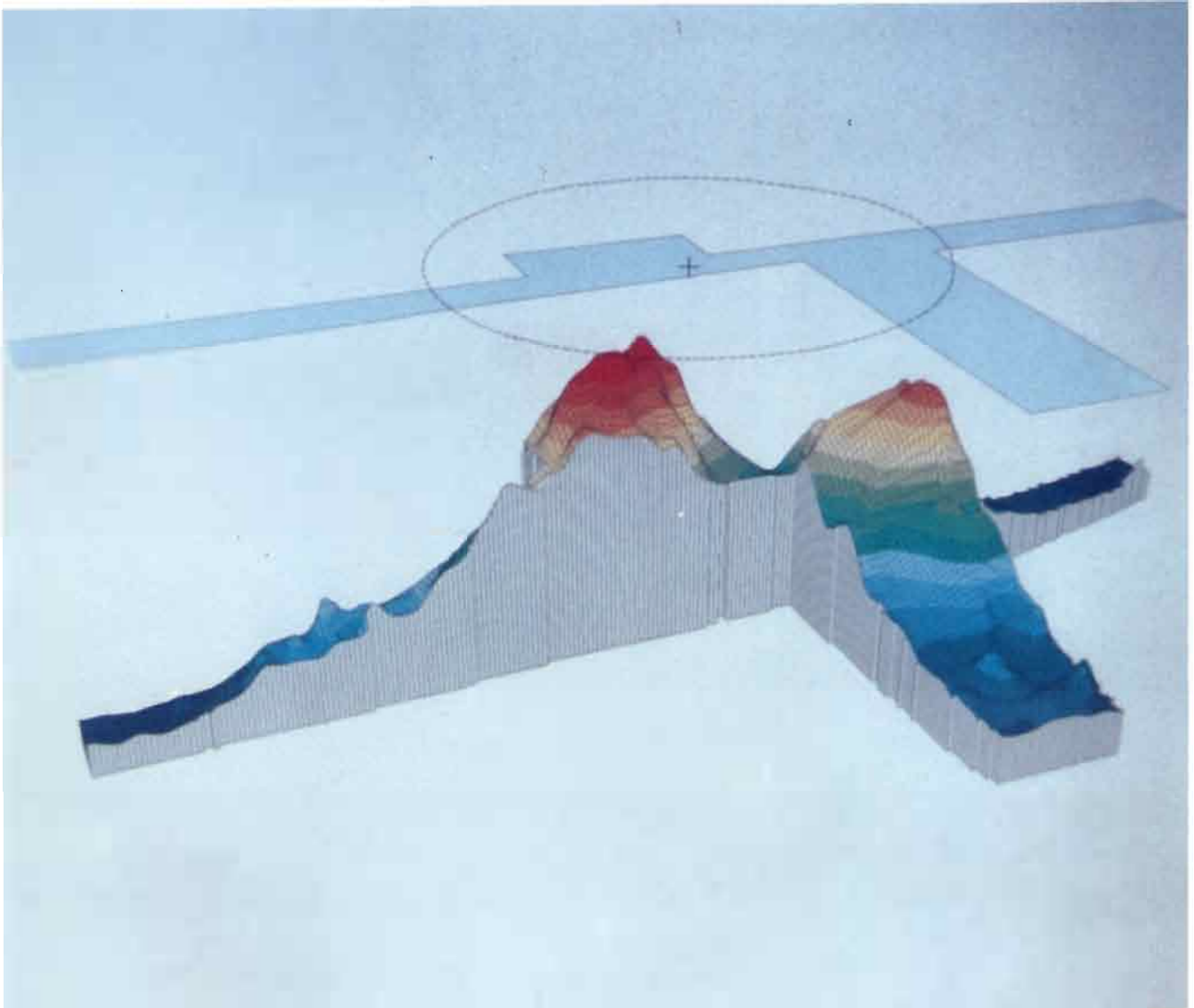


N8A : Géoïde filtré sur une partie du Pacifique Sud couvrant l'Ouest de l'archipel des Australes et le Sud de l'archipel des Cook ; chaque tache de couleur correspond à la signature dans le géoïde d'une île ou d'un mont sous-marin majeur. Les isolignes blanches montrent la totalité de la bathymétrie. Il s'agit ici des isobathes 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 mètres du fichier bathymétrique mondial DBdb5. Cette image correspond à la phase de prétraitement des données, qui permet l'identification des structures non cartographiées et la détection d'erreurs de cartographie. La flèche indique la structure mosélisée figure 4, planche N8B et N8D.



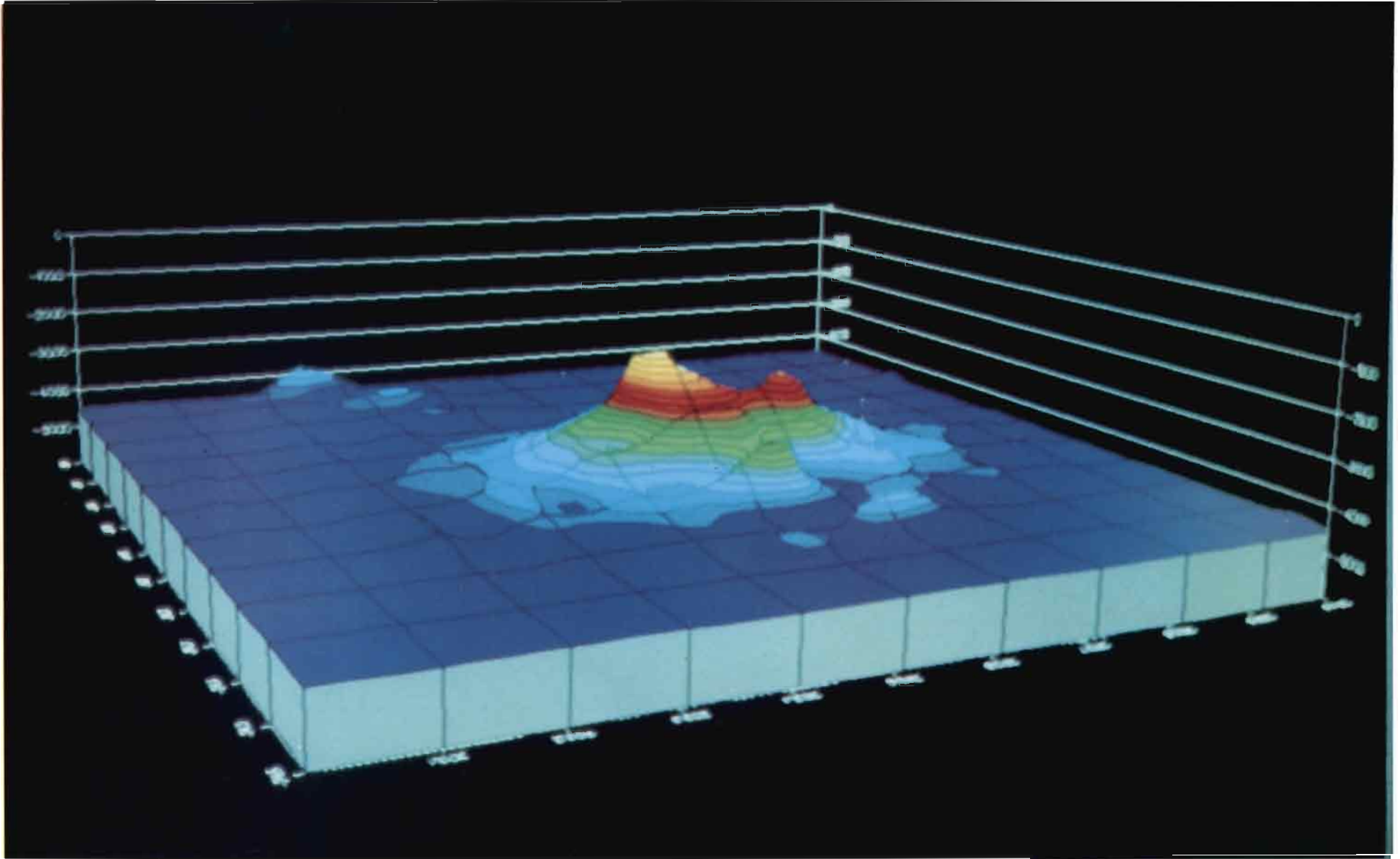
N8B : Carte bathymétrique du nouveau mont sous-marin, obtenu par modélisation du géoïde de la figure 4.

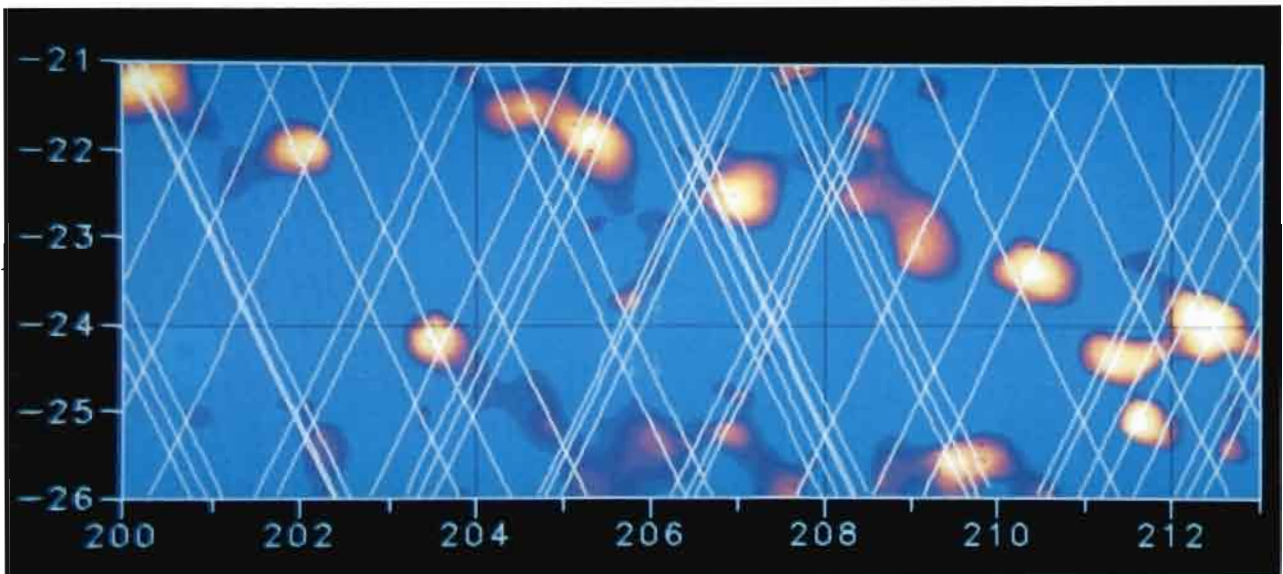
N8



N8C : Bathymétrie du mont obtenue à partir d'un levé cartographique Seabeam lors d'une campagne océanographique.

N8D : Bathymétrie calculée du mont (idem à planche N8B)
montrée avec le même angle de vue que pour la cartographie
Seabeam.





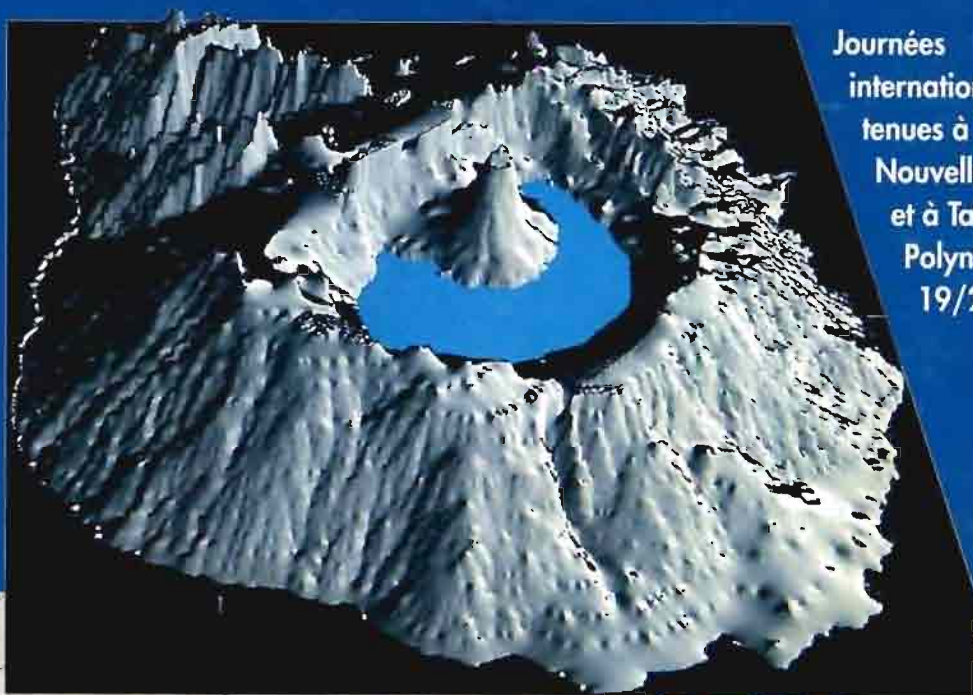
N8E : Traces sub-satellites (lignes blanches) utilisées pour la réalisation de la carte du géoïde filtré de la planche N8A. La distribution non homogène des traces laisse encore des zones non échantillonnées dans lesquelles le fond océanique ne peut-être cartographié par altimétrie. La couverture en données satellites sera homogène et dense dès 1991, grâce à l'acquisition de nouvelles mesures altimétriques par les satellites ERS-1 et Topex/Poséidon.

"PIX'ILES 90"

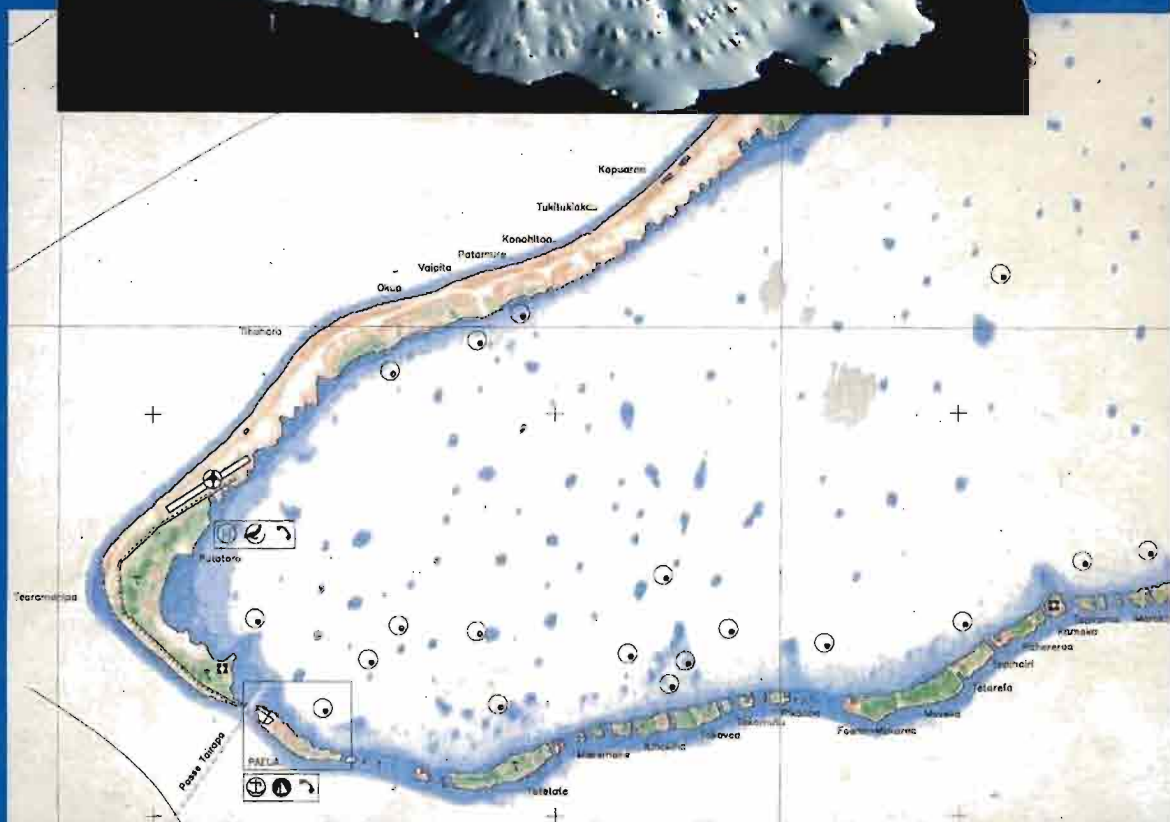
TELEDETECTION ET MILIEUX INSULAIRES DU PACIFIQUE : APPROCHES INTEGRES

REMOTE SENSING AND INSULAR ENVIRONMENTS IN THE PACIFIC :
INTEGRATED APPROACHES

International
workshop
held at Noumea
New Caledonia
and Tahiti
French Polynesia
Nov. 19/24 1990



Journées
internationales
tenues à Nouméa
Nouvelle-Calédonie
et à Tahiti
Polynésie Française
19/24 nov. 1990



ORSTOM



TERRITOIRE DE
POLYNESIE FRANÇAISE

"PIX'ILES 90"

**Journées internationales tenues à Nouméa - Nouvelle-Calédonie
et à Tahiti - Polynésie Française
19 / 24 novembre 1990**

**International workshop held at Noumea - New Caledonia
and Tahiti French - Polynesia
November 19 / 24 1990**



© ORSTOM, Nouméa, 1992

Imprimé par le Centre ORSTOM
de Nouméa
Septembre 1992

