

N7

DETECTION D'ANOMALIES BATHYMETRIQUES A PARTIR DE PROFILS ALTIMETRIQUES

DETECTION OF BATHYMETRIC ANOMALIES FROM ALTIMETRIC PROFILES

M. F. LE QUENTREC

*Etablissement Principal du Service Hydrographique et
Océanographique de la Marine (EPSHOM) Brest - France*

RESUME

De nombreux travaux ont montré l'intérêt des données des satellites altimétriques pour la détection des anomalies bathymétriques océaniques. La bonne corrélation entre les altitudes du géoïde déduites des mesures altimétriques et les structures bathymétriques de courtes longueurs d'onde (de 35 à 245 km pour le satellite SEASAT) a permis, soit de découvrir de nouveaux reliefs sous-marins (plus d'une centaine de monts sous-marins ont été détectés dans le Pacifique Sud par cette méthode) soit de re-localiser des monts incorrectement positionnés.

Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) est responsable dans le cadre de la GEBCO (Carte générale Bathymétrique des Océans) du recueil des données bathymétriques dans une vaste zone du Pacifique Sud. Les campagnes bathymétriques dans cette région du globe sont rares et la densité des informations souvent faible. Une étude a donc été menée par le SHOM dans la zone 27°S - 40°S ; 140°W - 160°W à partir des profils altimétriques du satellite GEOSAT. Les premiers résultats obtenus ainsi que les objectifs escomptés pour l'amélioration du fichier GEBCO sont présentés.

19 FEV. 1996

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 43045

Cote : A

103

ORSTOM Documentation



010003850

ABSTRACT

Several experiences have proved the interest of altimetric satellite data for the detection of oceanic bathymetric faults. The proper correlation between the altitudes of the geoid deduced from altimetric measures and the short waves bathymetric structures (from 35 to 245 km for the SEASAT satellite) has allowed, either to see new underwater reliefs (more than a hundred underwater peak mountains have been detected in the South Pacific thanks to this method) or to relocate peak mountains that were not accurately positioned.

The Marine Hydrographic and Oceanographic Service (SHOM) is responsible in the framework of the GEBCO (General Bathymetric Cartography Oceans), of the register of bathymetric data in a large area of South Pacific. The bathymetric landscapes in that part of the globe are scarce and the density of information often poor. A study has been carried out by the SHOM in their area $27^{\circ}\text{S} - 40^{\circ}\text{S}$; $140^{\circ}\text{W} - 160^{\circ}\text{W}$ from the altimetric profiles of the GEOSAT satellite. The first results obtained as well as the expected objectives for the improvement of the GEBCO are presented.

INTRODUCTION

La Carte Générale Bathymétrique des Océans (GEBCO), décrivant la morphologie générale des fonds et publiée sous l'égide de l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) est établie à l'aide de la totalité des sondages effectués dans les océans et les mers du globe. Elle comporte au total 18 feuilles. Des minutes rassemblant toutes les données bathymétriques sont réalisées par chaque service hydrographique volontaire, pour la zone dont il a accepté la responsabilité. Ces minutes sont établies pour la plupart, en projection de Mercator à l'échelle de 1/1 000 000 (échelle moyenne à l'équateur selon le cas). Les informations relatives à la zone de responsabilité française sont gérées sous forme numérique (archivage et tenue à jour constante) par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) et représentent plus d'un million de sondes océaniques, de qualité diverse, réparties pour 10% en Méditerranée Occidentale, 63% en Océan Atlantique Nord-Est et 27% seulement dans le Pacifique Sud-Est, zone pourtant presque deux fois plus grande que la précédente (cf. fig. 1). 80 % des données se situe au nord de 30°S (cf. fig. 2) ; au Sud elles sont éparses et par endroit inexistantes. La topographie du Pacifique Sud-Est est donc très peu connue. Cette région située à l'ouest de la dorsale est constituée de bassins océaniques anciens traversé à l'Est par de nombreuses zones de fracture (Faille transformante des Galapagos au Nord, Agassiv au sud). La topographie connue présente de nombreux alignements volcaniques (iles de la Société, Tuamotus etc..) et monts sous marins (Mont Macdonald par exemple). L'étude des données disponibles montre que c'est la région possédant

la plus forte densité de volcans sous-marins (Craig et Sandwell, 1988).

Pour pallier le manque d'information, l'idéal serait d'exécuter des levés bathymétriques de reconnaissance. Cela demanderait des moyens énormes et le temps de réalisation serait de toutes façons trop long. L'avènement des techniques satellitaires et en particulier de l'altimétrie a permis d'envisager d'autres solutions à ce problème de détection d'anomalies bathymétriques dans les océans peu cartographiés, comme l'ont montré différentes études réalisées depuis la fin des années 70 (Lambeck et Coleman, 1982 ; Sandwell, 1984 Cazenave et Okal, 1986 ; Baudry et Diament, 1987). Cette communication a pour but de faire le point sur le sujet et présenter les objectifs du SHOM dans ce domaine.

METHODE ALTIMETRIQUE

Principe

Les satellites altimétriques permettent de déterminer la hauteur de la surface moyenne des océans. L'altimètre embarqué mesure la distance h (cf. fig. 3) séparant le capteur de la surface terrestre, par émission d'une onde électromagnétique. La connaissance de la position précise du satellite grâce à des stations d'orbitographie permet de déterminer la hauteur h_e par rapport à un ellipsoïde de référence. La surface des océans mesurée ne correspond pas tout à fait au géoïde car elle est bruitée par des effets océanographiques imparfaitement connus (courants généraux par exemple) mais de faible intensité (dénivelé rarement supérieur à 1 mètre). La hauteur du géoïde N est d'un ordre de grandeur plus important (de l'ordre de quelques dizaines de mètres). Les variations de cette composante peuvent être reliées aux variations de densité des matériaux terrestres. Un mont sous-marin correspondant à une surcharge (excès de masse) créera donc une anomalie de la hauteur du géoïde.

Echelle des phénomènes recherchés

Les informations contenues dans un profil altimétrique s'étalent sur une grande gamme de longueurs d'onde suivant le type de phénomènes observés :

- Les grandes longueurs d'onde (supérieures à 3000 km) reflètent des effets gravimétriques de grande profondeur.

- Les longueurs d'onde intermédiaires comprises entre 300 et 3000 km sont corrélées avec les grandes structures géologiques.

- Les petites longueurs d'onde comprises entre 300 et la limite de résolution des données permettent la détection des monts sous-marins. L'anomalie créée par une telle structure

dépend de sa masse, son degré de compensation isostatique (réponse lithosphérique à la surcharge) et de la distance latérale entre le mont et les profils altimétriques considérés. L'espacement entre les profils des satellites disponibles jusqu'à présent (Seasat, Geos-3, Geosat) étant supérieur au diamètre typique d'un mont sous-marin, les données altimétriques ne peuvent être interpolées et les études ne sont faites que sur les profils.

Exploitation des données Seasat et Geos-3

Les études menées sur la détermination des structures bathymétriques à partir des anomalies du géoïde ont été effectuées d'après les données altimétriques des satellites Geos-3 et Seasat, de précision respectivement égale à 30 et 10cm. L'analyse des traces superposées a montré une résolution des variations du champ de pesanteur de longueur d'onde 75 et 50km (Sandwell et McAdoo, 1990). La précision de la localisation des monts sous-marins varie de la dizaine de kilomètres le long des profils à parfois 50km latéralement suivant la distance entre le profil et le mont (Sandwell, 1984; Lambeck et Coleman, 1982). Si la signature altimétrique est présente sur plus d'un profil, il est possible de diminuer l'incertitude sur le positionnement latéral (Baudry et Diament, 1987). De nombreuses structures inconnues ont ainsi été découvertes tandis que d'autres figurant sur les cartes ont été classées comme douteuses (Baudry, 1987). Des levés de surface ont permis dans de nombreux cas de vérifier la fiabilité des modèles de détection (Pontoise et al., 1986).

Les données Geosat

Le satellite altimétrique de la marine américaine Geosat (Geodetic Satellite) a été lancé en mars 1985. Les observations des 18 premiers mois, réservés à des applications géodésiques (détermination du géoïde avec une résolution de 15km) étaient classifiées. En 1986, le satellite était placé sur une orbite répétitive (Exact Repeat Mission, ERM) telle que ses traces au sol soient proches de celles de Seasat et se superposent à 1km près (répétitivité de 17.05 jours). Les informations obtenues étaient alors accessibles à la communauté scientifique jusqu'en octobre 89 (fin de la durée de vie de Géosat). La précision annoncée de l'altimètre embarqué est de 3.5 cm. La couverture des observations s'étend de 72°S à 72°N. Les 44 premières traces répétitives ont été analysées par (Sandwell et McAdoo, 1990) dans le but d'estimer la résolution et la précision des données. Ces auteurs ont moyenné les valeurs de la déviation de la verticale calculées par différenciation du géoïde le long des traces. Ils montrent que dans la région de l'extrême Pacifique Sud où le rapport du signal gravimétrique sur le bruit (effets océanographiques entre autres) est faible, la résolution peut atteindre 26.3 km, les données étant moyennées sur un an. En Atlantique Equatorial par contre où le bruit est moins important la résolution obtenue sur un profil seul est de 31.4km et atteint

19.4km pour une moyenne d'un an. Ces résultats illustrent le gain en résolution des observations du satellite Geosat par rapport aux précédents Seasat et Geos-3.

ACTIVITES DU SHOM DANS CE DOMAINE

Une étude de faisabilité a été entamée à l'Etablissement Principal du SHOM sur les données du cycle 2 du satellite Géosat (Tonchia, 1988). Dans un premier temps, l'objectif était de déterminer à partir d'anomalies bathymétriques connues, un filtre passe bande optimal permettant une détection rapide le long de la trace du satellite. Les données utilisées ont été fournies par le BRESM (Bureau de Recherche et d'Etude Shom Météo) de Toulouse. Elles consistent en une valeur de la hauteur du géoïde corrigée du bruit (effets océanographiques, correction troposphérique...) toutes les secondes (un point tous les 7 kilomètres ; cf. fig.4). Le filtre employé est une convolution effectuant un filtrage passe bande. La bande de fréquence retenue pour cet essai correspond à des longueurs d'onde comprises entre 35 et 150km. Une zone située entre 5°S et 35°S et 120°W et 150°W a été choisie pour le test. La superposition des traces filtrées et de la carte GEBCO a permis de reconnaître la plupart des reliefs connus, la figure 5 montre par exemple la signature altimétrique du récif du Président Thiers (situé approximativement à 146°W et 25°S). D'après Baudry (1988), cette structure n'était pas détectable sur les profils Seasat, mais se marquait bien sur les profils Géos-3. Cet exemple illustre l'amélioration des performances de détection des données Geosat dans cette zone.

CONCLUSIONS

Les développements en cours au SHOM en matière de détection des hauts fonds par altimétrie satellitaire sont articulés en deux phases :

- Une première étude, privilégiant parmi toutes les données disponibles, celles acquises par Geosat au-dessus du Pacifique Sud-Est permettra de développer les outils informatiques nécessaires aux divers traitements, et de mettre au point une réelle méthodologie. Plusieurs points seront ainsi examinés :

a) Détermination des longueurs d'onde caractéristiques des structures sous-marines recherchées dans la zone correspondante.

b) Développement d'un module de détection et de localisation précise (étude de proximité des signatures sur plusieurs traces et modélisation bathymétrique ; Baudry, 1988, 1990),

- c) Confrontation des résultats avec le fichier GEBCO,
- d) Contrôle éventuel des résultats par levés classiques,
- e) Mise à jour des fichiers GEBCO.

- Dans un deuxième temps, la démarche pourra être généralisée aux autres zones océaniques qui ne bénéficient pas d'une description suffisante faute de données. Le développement d'une chaîne de traitement complète s'avère de plus nécessaire dans la perspective proche du lancement des futurs satellites (ERS1, Topex Poseidon).

REFERENCES

BAUDRY N., 1987. Géoïde altimétrique et lithosphère océanique : application à l'identification de nouvelles structures intraplaques. *Thèse de l'Université de Paris-Sud* 280 p.

BAUDRY N., 1988. Recherche de monts sous-marins non cartographiés en Polynésie française par l'analyse de données altimétriques satellitaires ; 1ère partie : cartographie du géoïde. *ORSTOM Nouméa, conventions Sciences de la Terre, Géophysique, 2*, 40 p.

BAUDRY N., 1990. Recherche de monts sous-marins non cartographiés en Polynésie française par l'analyse de données altimétriques satellitaires ; 2ème partie : modélisation de la bathymétrie, *ORSTOM - Nouméa, conventions Sciences de la Terre, géophysique, 3*, 181 p.

BAUDRY N., M. DIAMENT, 1987. Shipboard confirmation of SEASAT bathymetric predictions in the South Central Pacific, dans : *"Seamounts, Islands and Atolls, American Geophysical Union Monograph, 43*, 115-122.

CANADIAN HYDROGRAPHIC SERVICE, General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO), 5ème edt. *Ottawa, Ont. 1984*.

CAZENAVE A. E.A. OKAL, 1986. Use of Satellite Altimetry in studies of Oceanic Lithosphere, dans : *Space Geodesy and Geodynamics, Academic Press, Inc Ltd*, 347-375.

CRAIG C.H., D.T. SANDWELL, 1988. Global distribution of Seamounts from Seasat profiles. *J. Geophys. Res. 93, B9*, 10 408 - 10 420.

LAMBECK K., R. COLEMAN, 1982. A search for Seamount in the Southern Cook and Austral Region. *Geophys. Res. Lett., 9, 4*, 389 - 392.

McADOO D.C., D.T. SANDWELL, 1988. Marine gravity : Geosat's Exact Repeat Mission, *EOS Trans. AGU, 69, 1* 568 - 1569.

PONTOISE B., N. BAUDRY, et al., 1986. Levés Seabeam dans l'archipel des îles Australes : confirmation d'une nouvelle méthode de localisation de monts sous-marins basée sur l'analyse des données Seasat, *CRAS, 1303, Série II, 7, 563-568.*

SANDWELL D.T., 1984. A detailed view of the South Pacific geoid from satellite altimetry, *J. Geophys. Res. 89, B2, 1089 - 1104.*

SANDWELL D.T., D.C. McADOO, 1990. High accuracy, high resolution, gravity profiles from 2 years of the Geosat Exact Repeat Mission, *J. Geophys. Res. 95, C3 3049 - 3060.*

TONCHIA H., 1988. Rapport préliminaire EPSHOM non publié.

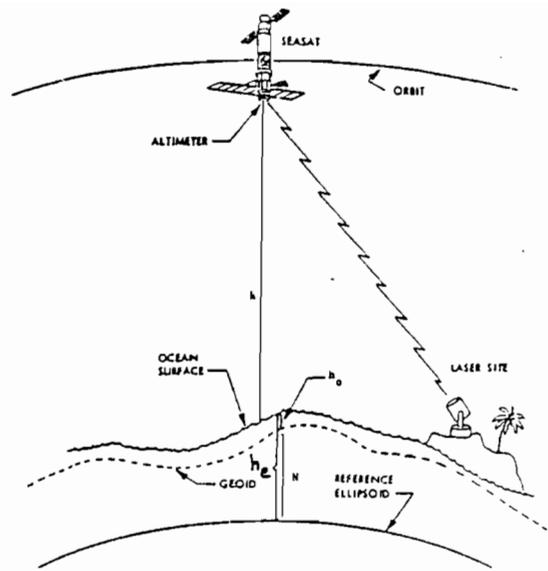


Figure 3. Principe de l'altimétrie satellitaire.

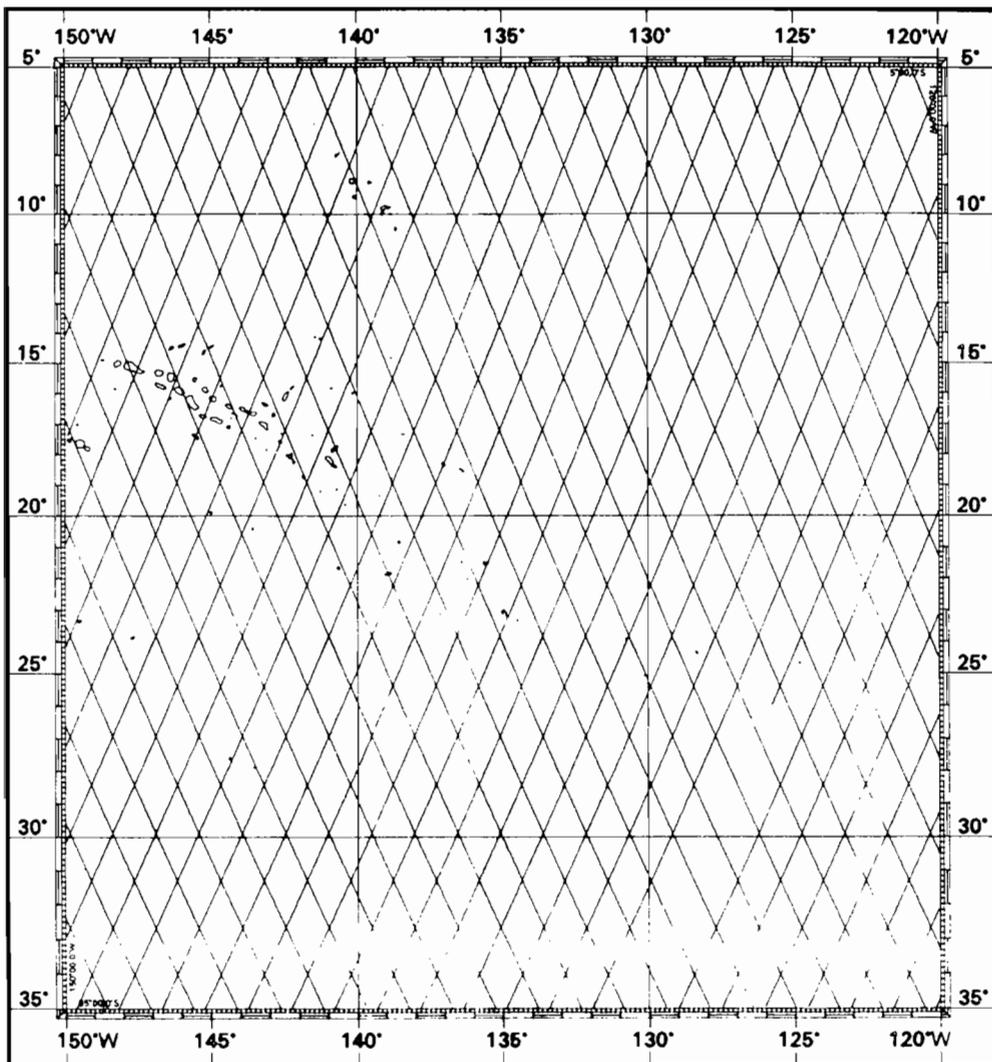


Figure 4. Trace des profils Geosat.

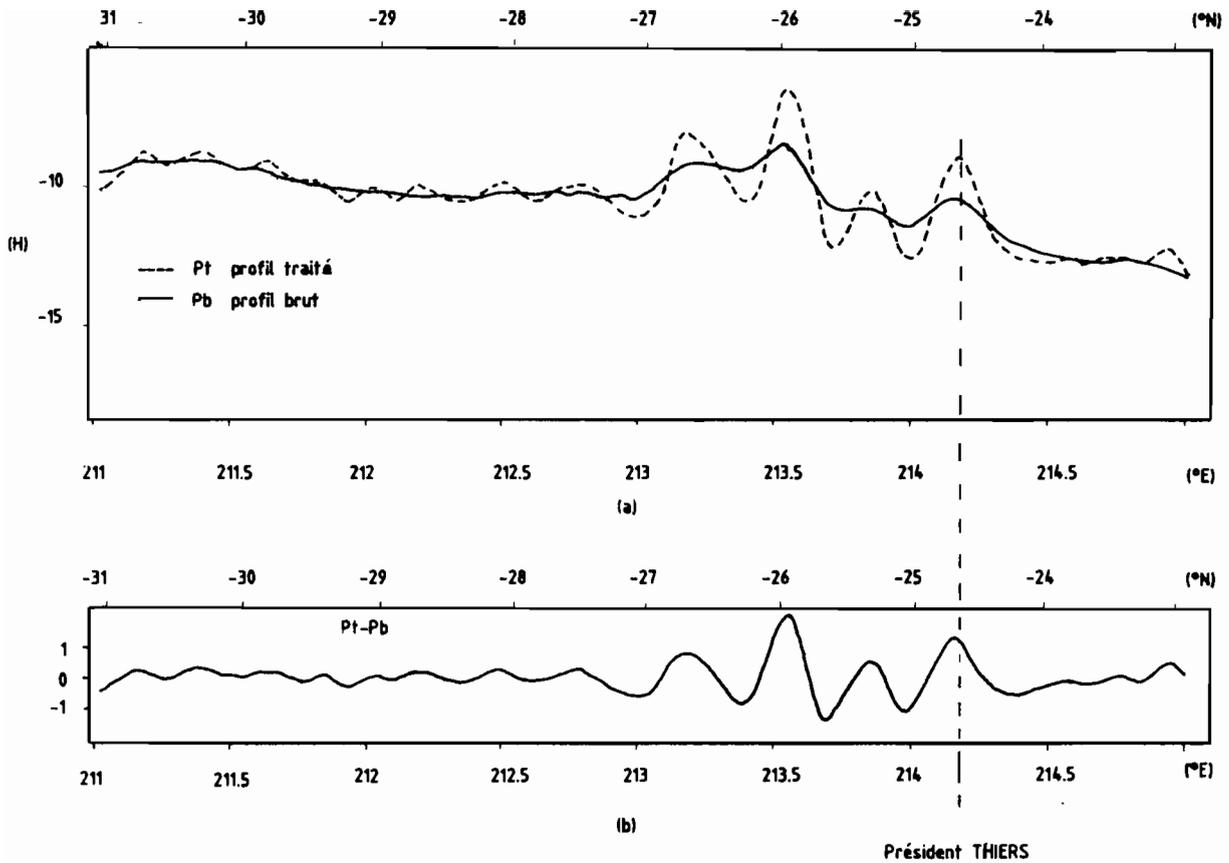


Figure 5. Filtrage passe-bande d'un profil Geosat. Hauteur du geoides en mètres (a) et différence entre le profil traité et le profil brut (b) en fonction de la distance.

Caractéristiques du filtre :

$$T_i = \sum_{k=-M}^{+M} F_k H_{i-k}$$

$$M = 9$$

$$F_k = \frac{\sin \frac{\pi k}{M}}{\frac{\pi k}{M}} * \frac{\sin 2\pi k a_2 - \sin 2\pi k a_1}{\pi k}$$

$$F_0 = \frac{a_2 - a_1}{\pi}$$

$$a_1 = 2\pi (\lambda_e - \lambda_{\max})$$

$$a_2 = 2\pi (\lambda_e - \lambda_{\min})$$

λ_e : longueur d'onde d'échantillonnage (7 km)

λ_{\max} : 150 km

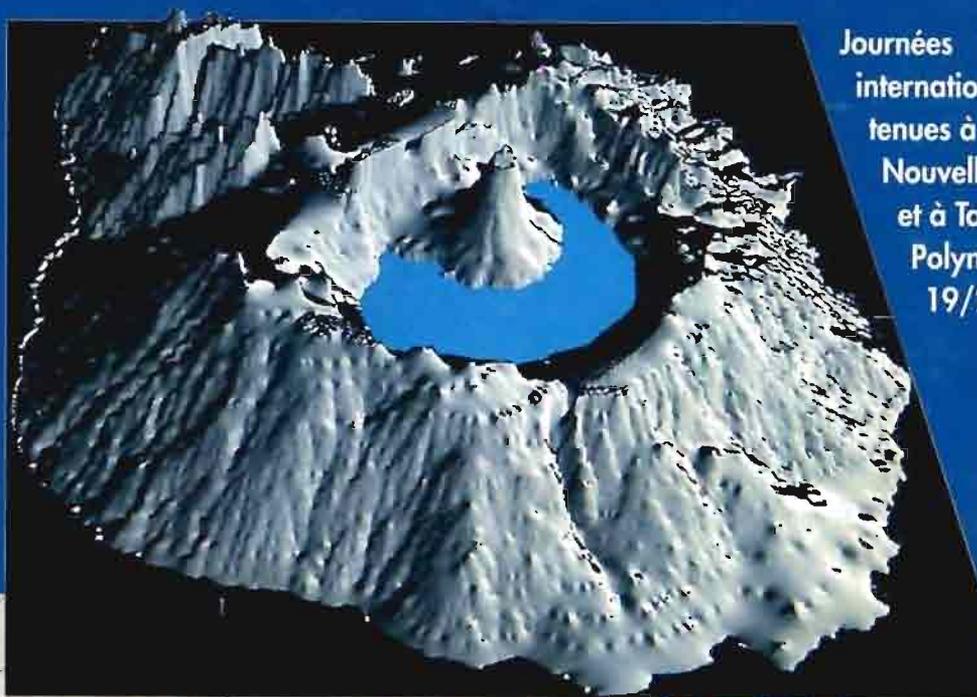
λ_{\min} : 35 km

"PIX'ILES 90"

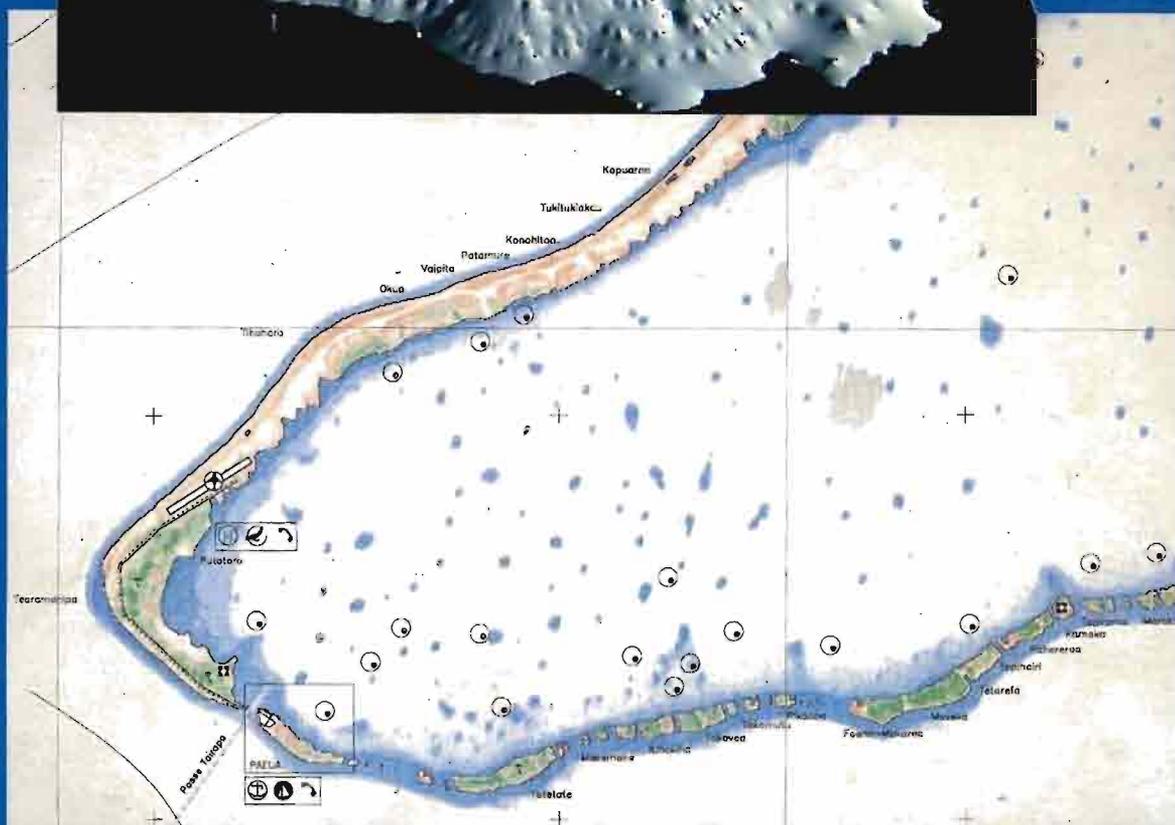
TELEDETECTION ET MILIEUX INSULAIRES DU PACIFIQUE : APPROCHES INTEGRES

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

