

Océan

# TRAVAUX DU CENTRE DE RECHERCHES ET D'ÉTUDES OCÉANOGRAPHIQUES

1, QUAI BRANLY, PARIS-VII<sup>me</sup>

Tél. : Suffren 55-70

OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE
---------------------------

## ASPECTS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES DE L'EXPÉDITION « CAPRICORN »

PAR

H. ROTSCHI

CHARGÉ DE RECHERCHES A L'O.R.S.T.O.M.  
OCÉANOGRAPHE A L'INSTITUT FRANÇAIS D'OCÉANIE.

### INTRODUCTION

Les études poursuivies pendant l'« Expédition suédoise en mers profondes » dirigée par H. PETERSSON puis sur les matériaux collectés par elle entre juillet 1947 et octobre 1948 ont complètement révolutionné l'idée que nous nous faisons des bassins profonds des Océans et en particulier de la topographie de leur lit, de la nature et de l'épaisseur de leur couverture sédimentaire.

Ceci ne fut rendu possible que par l'invention de nouveaux appareils tels que le carottier à piston « Kullenberg » permettant de prélever des carottes de 10 à 20 mètres de longueur couvrant des périodes de plusieurs millions d'années ou l'introduction de nouvelles techniques et l'amélioration d'anciennes comme la construction d'échosondeurs donnant une bonne définition du fond jusqu'à des profondeurs de 10.000 mètres et la mise au point des méthodes de réfractions sismiques pour l'étude de l'épaisseur de la couche sédimentaire.

Les résultats acquis par une large équipe de géologues, paléontologues, physiciens et chimistes, s'étant attachés en Suède et dans d'autres pays à l'étude des quelques 2 kilomètres de sédiments obtenus, n'ont fait que confirmer le grand intérêt qu'il y

a pour gagner une bonne compréhension de l'histoire géologique des océans et par conséquent de notre terre à poursuivre au maximum l'exploration de ces régions parmi les plus mal connues du globe.

C'est dans cet esprit et profitant de sa situation privilégiée de seul Institut Océanographique permanent disposant de moyens considérables pour l'étude du Pacifique que la Scripps Institution of Oceanography de l'Université de Californie, animée sous la direction du Dr. R. R. REVELLE par une équipe de spécialistes aux vues très larges et aux intérêts allant de l'étude des couches supérieures de l'atmosphère à celle de la nature et de la structure des roches constituant le sous-bassement de l'Océan Pacifique, a organisé toute une série d'expéditions océanographiques dont le but était d'abord de formuler clairement les problèmes relatifs à cet Océan aux points de vues géologique, géochimique, géophysique, météorologique, dynamique, biologique, et ensuite de collecter les données permettant de construire de cette partie de la terre une image correspondant à la réalité.

C'est ainsi qu'en 1950 l'expédition « MID-PACIFIC » étudia le fond de l'Océan Pacifique entre le Cap Mendocino, les Îles Marshall et l'Equateur, qu'en 1951 l'expédition « NORTHERN HOLIDAY » étudia

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

11963

principalement l'hydrographie et la sédimentation entre San Diégo et les Aléoutiennes dans la partie orientale du Pacifique Nord et qu'en 1952 l'expédition « SHELLBACK » étudia l'hydrographie de la partie orientale du Pacifique Central.

L'Expédition « CAPRICORN » ouvrit une ère nouvelle dans les recherches de la Scripps Institution puisqu'elle fut la première des expéditions organisées par celle-ci à travers le Tropique du Capricorne et la plus grande partie du travail se fit entre ce Tropique et l'Equateur.

Toutes ces expéditions ont grandement bénéficié, dans l'organisation de leur travail et les techniques utilisées, de l'expérience acquise par les Suédois et du développement dans les laboratoires et les bureaux d'études de l'Institution d'appareils spécialement conçus pour répondre à un but précis.

« CAPRICORN » cependant, avait ceci de particulier que deux navires y participaient, le R/V « Horizon » (fig. 1) et le R/V « Spencer F. Baird », tous deux, remorqueurs lourds de haute mer de 44 mètres de long, 10 mètres de large, 4,10 mètres de tirant d'eau, propulsés à 10 nœuds par deux moteurs diesels totalisant une puissance de 1.500 CV et ayant un rayon d'action de 10.000 miles; l'« Horizon » est aménagé de manière à recevoir 27 personnes, équipage et scientifiques, et possède trois treuils électriques équipés de câbles de 12,7, 6,3 et 4 mm. de diamètres respectifs (fig. 2 et 9); le « Spencer F. Baird »

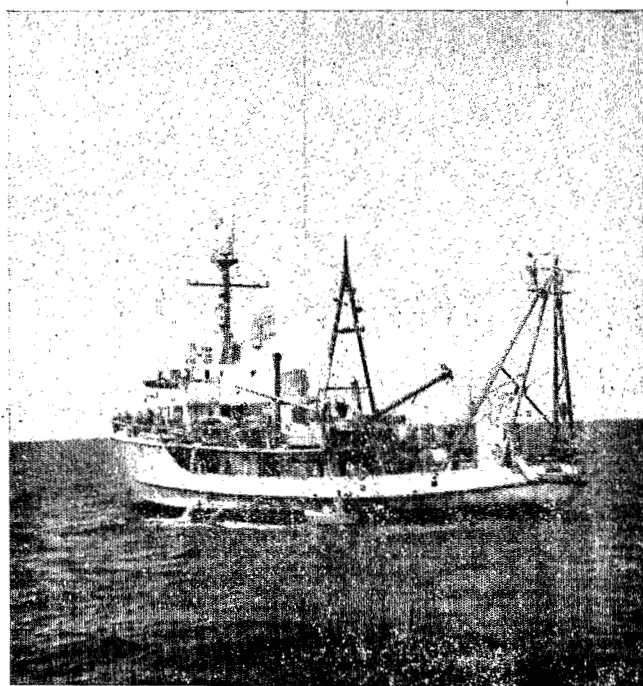


Fig. 1.  
Le R/V « Horizon ». La flèche que l'on voit à l'arrière est utilisée pour la mise à l'eau des appareils lourds et encombrants.

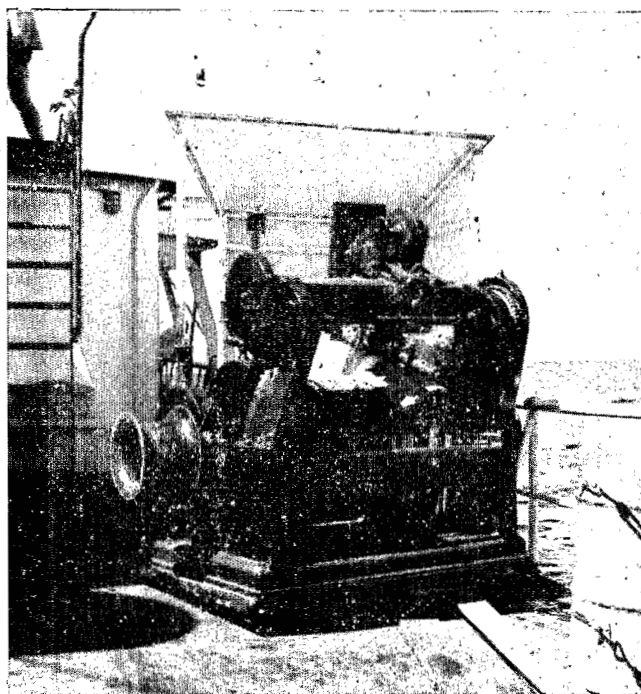


Fig. 2.  
Le treuil hydrographique à moteur électrique de 15 CV. équipé d'un câble de 6,3 mm. de diamètre.

peut loger 37 personnes et est équipé en plus des treuils ordinaires d'un treuil hydraulique spécialement construit pour servir pendant l'expédition au travail par très grandes profondeurs avec des appareils particulièrement pesants : le carottier à piston, la grosse caméra sous-marine, le « géothermomètre » et composé essentiellement de deux tambours synchronisés, l'un assurant la descente et la remontée des appareils et ne comprenant que six tours de câble, l'autre stockant sous tension constante la totalité de celui-ci (fig. 3). Chaque navire possédait en outre un vaste laboratoire particulièrement bien équipé et permettant de se livrer en mer à toutes les opérations courantes sur les échantillons tant d'eau que de sédiment collectés. 45 scientifiques, appartenant aux disciplines les plus variées, prirent part à l'expédition en tout ou en partie, parmi lesquels un géologue suédois, un physicien anglais, deux géologues australiens et un géochimiste français.

#### BUTS DE L'EXPÉDITION

Nous savions qu'au point de vue structural l'Océan Pacifique n'est pas homogène sur toute son étendue; la ligne andésite des géologues séparant des régions dont le sous-bassement est fait de roches du type basique ou ultrabasique d'avec celles dont les roches

sous-jacentes sont d'un type plus acide, du genre granitique ou andésitique, et coïncidant en gros avec la ceinture de grande activité volcanique entourant le Pacifique est d'après certains géophysiciens tels que GUTENBERG et RICHETER la frontière entre deux types différents de structures de la croûte terrestre; l'étude des tremblements de terre à foyers profonds a permis à GUTENBERG de distinguer un bassin pacifique vrai et une région à structure continentale que certains auteurs ont appelés « sub-continent »; un de ces « sub-continents » est la région à l'ouest d'une ligne passant au nord de la Nouvelle-Guinée, des Nouvelles-Hébrides, laissant l'archipel des Sa-

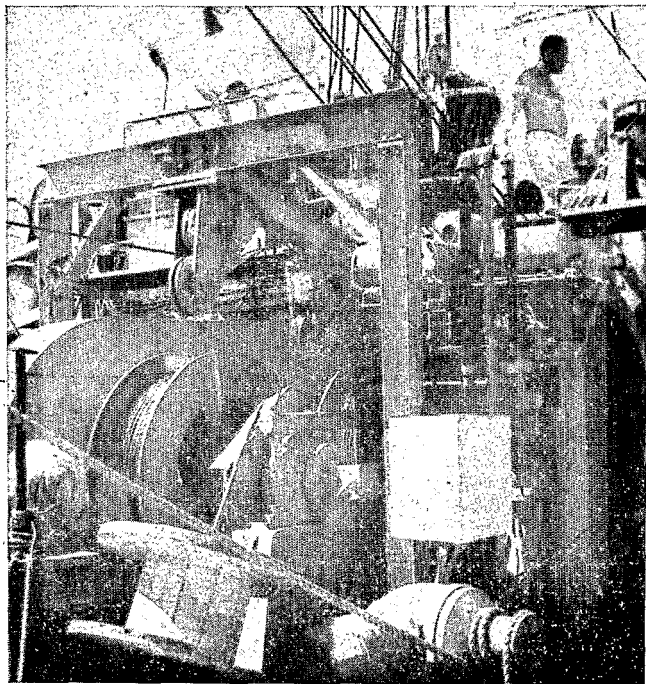


Fig. 3.  
Une partie du treuil hydraulique : les tambours d'enroulement.

moa sur le côté océanique, et descendant ensuite vers le sud en suivant en gros l'axe des fosses de Tonga et de Kermadec; une autre de ces régions est le plateau de l'Albatross ou bouclier de l'île de Pâques.

Nous ne connaissons cependant que les caractéristiques grossières de chacune de ces régions et de la zone qui les sépare et les seuls documents d'ensemble que nous pouvions consulter, outre les cartes marines des différents pays et qui sont bien incomplètes, étaient la carte bathymétrique des Océans sur laquelle nous pouvons constater combien rares sont les lignes de sondage dans le bassin pacifique et l'ouvrage de Jacques BOURCART faisant en 1949

le point de nos connaissances en cette matière. Les sondages bathymétriques des expédition suédoise et danoise sont partiellement ou pas publiés et dans le domaine de la géophysique peu d'études avaient été faites jusqu'à présent.

Il appartenait donc aux expéditions de la Scripps Institution et plus particulièrement à « CAPRICORN » de s'attacher à l'étude de ces régions et d'en définir les caractères différentiels.

Un tel programme comporte évidemment l'étude morphologique des « sub-continents » et du bassin pacifique afin de déterminer les différences de formes et de reliefs pouvant exister ainsi que les caractéristiques de la zone frontière définie généralement comme une région à structure instable où se rencontrent de nombreux volcans sous-marins, des fosses et des rides.

Les Suédois ont d'autre part largement démontré l'influence de la topographie sous-marine sur la nature des sédiments et le rôle excessivement important que jouent dans la sédimentation les courants sous-marins et les courants de turbidité; l'étude de la morphologie du sol océanique n'est donc qu'un des aspects des différents problèmes relatifs à la sédimentation; un autre est la nature des sédiments en fonction de la profondeur sous le fond, de la localisation géographique, de la proximité de volcans sous marins dont les éruptions ont une influence certaine sur la nature des sédiments et des chaînes de montagnes où de fortes pentes pouvant provoquer la formation de courants de turbidité apportant en quelques instants des changements considérables dans la nature et la structure des sédiments par lesquels ils s'écoulent ou viennent mourir. « CAPRICORN » s'est donc attaché à la suite de l'« Expédition suédoise en mers profondes » à définir les facteurs influençant le plus la sédimentation à la fois sur le « subcontinent » et sur le fond du bassin de l'Océan Pacifique. Si la topographie est importante dans la compréhension de ces problèmes, la circulation océanique et la productivité de l'eau de mer ne sont pas à négliger; les zones de convergence et de divergence où la vie planctonique atteint un développement particulièrement grand seront caractérisées par un sédiment très différent de celles où l'eau est pauvre en formes microscopiques de vie; courants profonds froids assurant la dissolution d'un grand nombre de particules se sédimentant et nature des courants superficiels déterminent donc le type de sédiment que l'on rencontre en un endroit donné. L'étude des sédiments aux points de vue paléontologique, minéralogique, géochimique... est donc naturellement complétée par des études hydrographiques.

Mais les faits topographiques ne prennent leur vraie lumière que si l'on connaît la structure des

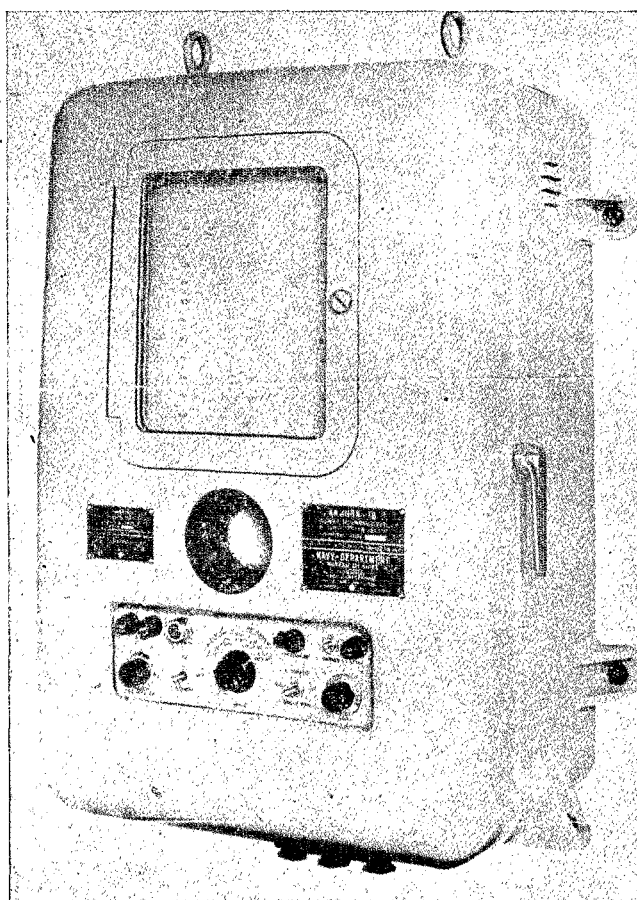


Fig. 4.  
L'écho sondeur Edo modèle 185.

couches sous-jacentes; celle-ci ne peut être atteinte que par les méthodes géophysiques classiques, étude du magnétisme, gravimétrie, sismologie, ... Ces méthodes cependant réclament une adaptation au travail en mer et l'on est limité dans certains cas par le fait de l'instabilité du laboratoire dans lequel l'on travaille. Néanmoins, les progrès réalisés pendant et après la deuxième guerre mondiale ont permis le développement de nombreuses techniques et « CAPRICORN » pouvait inclure dans son programme l'application des méthodes par réfraction sismique, de la mesure du champ magnétique terrestre total à la surface de la mer et du gradient de température dans les couches superficielles du sédiment à l'étude de la structure de la croûte supportant le revêtement sédimentaire. La réfraction sismique permettait en outre la mesure directe de l'épaisseur du sédiment.

En résumé, « CAPRICORN » fut une expédition principalement géologique, se proposant l'étude morphologique, géologique, géophysique du bassin pacifique, de deux « sub-continentaux typiques » et de la zone frontière qui les sépare.

## TECHNIQUES ET INSTRUMENTS

### Echosondeur.

C'est le nouveau type d'échosondeur Edo modèle 185 développé pendant la guerre d'après les spécifications de l'U.S. Navy et ayant fait depuis peu son apparition dans le commerce qui fut utilisé (fig. 4). Pour les faibles profondeurs, 0-30 mètres et 0-180 mètres, la lecture est faite sur un tube cathodique; pour les profondeurs plus grandes l'enregistrement se fait sur papier métallisé et avec trois échelles possibles, 0-180 mètres, 0-1.080 mètres et 0-10.800 mètres; par une simple modification des circuits permettant de décaler l'enregistrement des signaux de départ, il fut possible de travailler continuellement sur l'échelle 0-1.080 mètres conservant ainsi même pour les grandes profondeurs, une précision remarquable. L'appareil opère sur une fréquence de 12 kc. Sa grande sensibilité aux variations de fréquence du courant d'alimentation a rendu nécessaire l'adjonction d'un régulateur de fréquence.

### Carottiers et dragues.

Les principaux appareils de prélèvement d'échantillons du fond étaient des carottiers à piston du modèle Kullenberg modifiés par Silverman et Whaley pour permettre leur utilisation par profondeurs plus faibles et dans des fonds sableux et graveleux.

Les modifications essentielles sont le raccourcissement du tube du carottier, la longueur totale passant de 15 à 20 mètres à moins de 10 mètres, l'allègement de l'ensemble de l'appareil, l'introduction d'un mécanisme de suspension permettant une plus grande chute libre et le remplacement des contrepoids maintenant le levier de déclenchement en place pendant la descente par un carottier court ordinaire permettant de prélever en même temps que la grande carotte une carotte plus courte contenant les couches supérieures du sédiment qui échappent toujours, du fait de la chute libre et du peu de cohérence des couches superficielles aux carottiers trop lourds. Il faut sans doute attribuer à ce dernier dispositif l'échec des tentatives de carottage faites entre Suva et Samoa. En effet, le centre de gravité de l'ensemble des deux carottiers peut se trouver légèrement déplacé par rapport à l'axe du câble de suspension, le grand carottier n'est donc plus vertical et les secousses infligées au câble par une mer houleuse peuvent être suffisantes pour provoquer le déclenchement de l'appareil pendant la descente. Après quelques tâtonnements, l'ajustement de la hauteur de chute libre, et la sélection du carottier léger adéquat les opérations furent toutes couronnées de succès.

La figure 5 donne le schéma de montage des deux carottiers et la figure 6 le détail du système de fixation du carottier à piston. Celui-ci était monté avec des tubes de 8,70 m. de long, 5 cm. de diamètre intérieur, 325 kg. de surcharge en fonte, 2 m. de chute libre et un carottier ordinaire de 75 kg. et 2 m. de long comme contre-poids. Il est à remarquer que pour faciliter l'extraction de la carotte du tube carottier, les Suédois avaient garni celui-ci d'un revê-

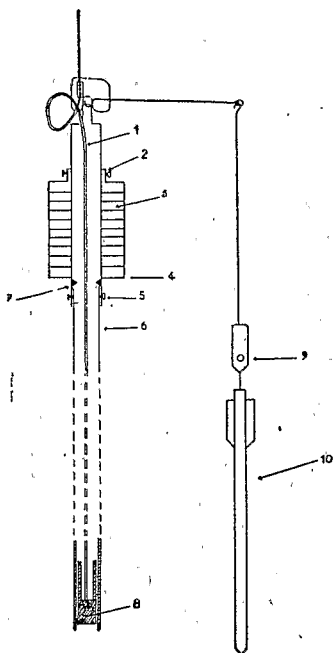


Fig. 5.

Schéma de montage du carottier à piston.

- 1 : câble de suspension; 2 : bague de serrage des poids de fonte;  
 3 : poids de fonte; 4 : plateau de soutien des poids; 5 : vis de fixation du tube carottier à la partie supérieure; 6 : tube carottier;  
 7 : butée de blocage du piston; 8 : piston; 9 : ball-breaker;  
 10 : carottier ordinaire.

ment intérieur de tubes en laiton de 70 cm. de longueur qu'il suffisait d'extraire par simple poussée pour obtenir la carotte découpée en sections de même longueur; chaque section était ensuite extraite du tube intérieur et emballée. Les carottiers américains ne présentant pas cet avantage l'extraction de la carotte était un problème assez délicat; celle-ci était forcée du sommet par un piston dont le corps était fait de cylindres pleins de 70 cm de longueur; la longue durée de l'opération offrait donc de nombreuses possibilités de déformation de la carotte par torsion et compression.

Un seul navire, le « Spencer F. Baird », était équipé d'un treuil assez puissant pour utiliser le carottier à piston; l'« Horizon » utilisa donc des carottiers courts ordinaires revêtus intérieurement d'un tube en matière plastique transparente permettant aisément une extraction et un examen rapide de la carotte ainsi

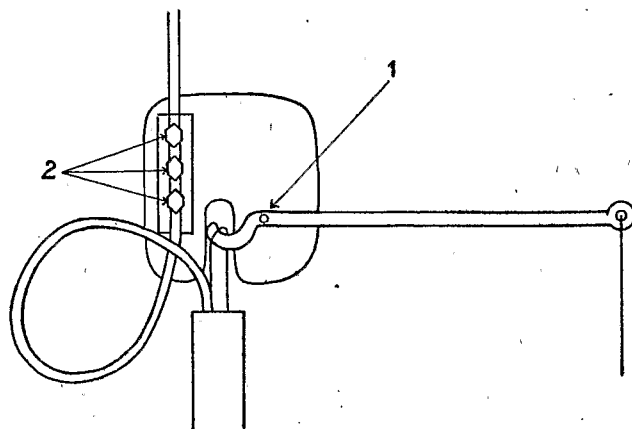


Fig. 6.

Détail de fixation du carottier à piston au câble.  
 1 : axe de rotation du levier de renversement;  
 2 : écrous de serrage du câble.

que sa conservation dans les meilleures conditions. Il y avait des carottiers de 75 kg. et dont certains avaient 5 cm de diamètre et d'autres 3,7 cm de diamètre intérieur, des carottiers de 20 kg. et 3,7 cm de diamètre, et un de 6,9 cm pour la collection de carottes calcaires destinées aux déterminations d'âge

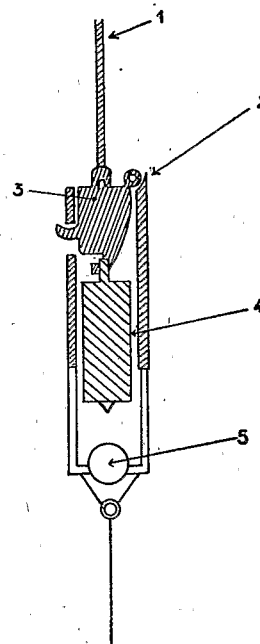


Fig. 7.

Ball - breaker.

- 1 : câble de suspension; 2 : axe de rotation du crochet; 3 : crochet de suspension du cylindre; 4 : cylindre briseur; 5 : sphère de verre.

du sédiment par la méthode au carbone 14. Tous ces petits carottiers furent utilisés avec un câble de 6,3 mm.

Pour l'échantillonnage de fonds rocheux il y avait 7 dragues à rochers de types divers qui furent utilisées avec un câble de 12,7 mm.

Tous les appareils envoyés au fond étaient couplés avec un « Ball-breaker » utilisé comme indicateur de fond; la fig. 7 donne le schéma de cet appareil; le relâchement de la tension du câble provoque la chute d'un lourd cylindre de fonte venant écraser une sphère de verre creux; l'implosion de cette sphère libère une quantité considérable d'énergie dont une fraction sous forme d'ondes de haute fréquence est recueillie dans l'hydrophone de l'échosondeur. Pour des raisons qui échappent encore à l'analyse, cet appareil ne fonctionna pas dans de nombreux cas; dans des conditions favorables, il semble qu'il peut très bien remplir son rôle, mais il est actuellement recommandable de ne pas supprimer l'emploi d'un bon dynamomètre.

### Echantillonnage d'eau près du fond.

Une attention toute spéciale fut accordée à la nature des couches d'eau voisine du fond; c'est leur turbidité et la nature des particules en suspension qui peuvent indiquer la présence d'un courant d'eau affouillant le sédiment et provoquant des changements considérables dans sa stratification.

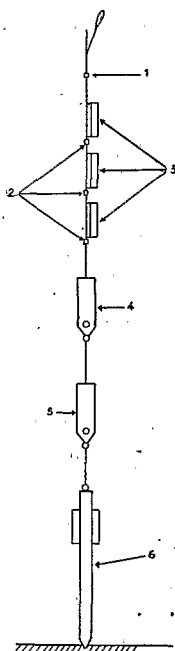


Fig. 8.

Schéma de montage pour prélèvement d'échantillons d'eau voisin du fond.

1 et 2 : messageurs; 3 : bouteilles à renversement en plastique; 4 : ball-breaker modifié; 5 : ball-breaker normal; 6 : carottier ordinaire.

La fig. 8 donne le schéma d'un des modes opératoires. Au câble, sont attachés de bas en haut un carottier léger, un « ball-breaker » normal, puis un autre déclenché par l'arrivée d'un messageur, les bouteilles à renversement en plastique pour éviter

la floculation des particules, spécialement construites pour cet usage et placées dans des cadres à renversement identiques à ceux des bouteilles d'Ekman et enfin un bras de renversement à disque supportant le premier messageur. Lorsque le carottier touche le fond, le « ball-breaker » normal implose et l'on arrête le déroulement du câble; à ce moment, le bras de renversement maintenu en place pendant la descente par l'effet de la résistance de l'eau sur le disque tombe, libère le premier messageur provoquant ainsi le renversement des bouteilles; lorsque celui-ci est terminé le messageur accouplé à la dernière bouteille tombe sur le deuxième « ball-breaker » et indique la fin de l'opération.

Un deuxième montage fut utilisé dans lequel il n'y avait qu'un « ball-breaker » normal; son cylindre était relié par des fils tendus au mécanisme de renversement des cadres des bouteilles; lorsque le « ball-breaker » se déclanchait il provoquait par l'intermédiaire des fils le renversement des bouteilles.

Des expériences furent entreprises au moyen de colorants fixés sur la sphère de verre pour s'assurer qu'aucune contamination n'était possible par le nuage de particules soulevées du fond au moment de la pénétration du carottier dans le sédiment et de l'implosion du verre. Les résultats ayant été concluants, on peut en déduire que ces méthodes de prélèvement sont bonnes.

### Mesure du gradient de température.

L'appareil construit à cet effet fut réalisé à Scripps par C. BULLARD et A. E. MAXWELL; il subit par la suite de nombreuses améliorations et fut utilisé avec succès pour la première fois pendant l'expédition « MID-PACIFIC ».

Il mesure la différence de température entre deux points du sédiment, l'un à 60 cm., l'autre à 240 cm. sous la surface. Il se compose d'un cylindre creux d'acier de 3 m. de long, 41 mm. de diamètre extérieur, contenant au voisinage de chaque extrémité un thermistor. Ce cylindre est solidaire d'une enceinte cylindrique étanche aux hautes pressions contenant un enregistreur potentiométrique du type zéro à contrôle automatique et les batteries qui l'alimentent. Au moment de la mesure l'élément contenant les thermistors est enfoncé verticalement dans le sédiment; après mise en équilibre de ceux-ci avec la température ambiante ils donnent l'enregistrement de la différence de température entre les deux couches au niveau desquelles ils sont situés. Le flux calorifique étant le produit du gradient de température par la conductivité thermique du sédiment, cette dernière étant fonction à la fois de la nature du sédiment et de sa teneur en eau, il est nécessaire de prélever au même endroit une carotte sédimentaire.



### Etudes par réfraction sismique.

Les conditions à réaliser pour l'obtention de bons enregistrements des ondes réfractées sous la surface du sédiment sont les suivantes : suppression dans les hydrophones des bruits parasites dûs aux vagues et à l'instabilité de leur suspension dans l'eau; utilisation de charges explosives assez puissantes pour libérer une grande quantité d'énergie, possibilité d'enregistrement des ondes réfractées dans plusieurs bandes de fréquences.

Les hydrophones étaient suspendus grâce à un système de flotteurs à 60 m. sous la surface et à 240 m. du navire. Les charges explosives étaient de 40 kg. lorsque l'explosion était provoquée à la plus grande distance du navire, à l'écoute, 50 miles, leur poids étant ensuite diminué au fur et à mesure que les deux navires étaient plus proches l'un de l'autre.

L'enregistrement se faisait sur un oscillographe photographique travaillant dans 3 bandes de fréquences, 10 cps, 100 cps, 1 000 cps et avec 2 niveaux différents de sensibilité dans les basses et hautes fréquences. Les très basses fréquences pouvaient être enregistrées avec un enregistreur sur bande magnétique modifié. Il y avait également un oscillographe fournissant un enregistrement sur papier dans

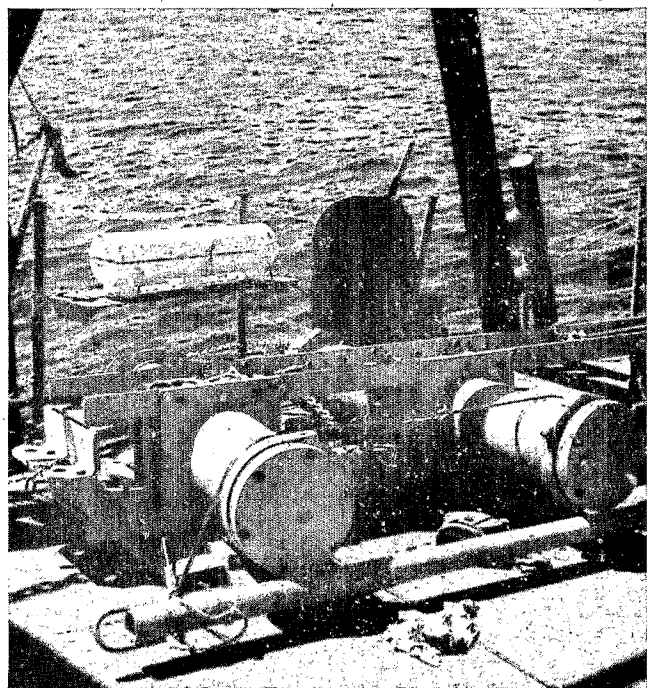


Fig. 9.  
Au premier plan l'ensemble pour photographies sous-marines par grandes profondeurs; à l'arrière le logement pour le bathythermographe et le treuil qui sert à son utilisation.

deux bandes de fréquences et permettant une interprétation grossière et rapide des résultats.

### Photographie sous-marine.

Deux appareils utilisés à cet effet furent construits au « Navy Electronic Laboratory ».

Le premier permettant de prendre des photographies à une profondeur maximum de 3.000 m. environ comprenait, fixés sur un cadre vertical suspendu au câble du treuil, une unité étanche contenant un appareil Robot incliné à 35° sur l'horizontale, immédiatement sous celle-ci, une autre unité identique renfermant un flash électronique et les batteries d'alimentation et inclinée à 20° sur l'horizontale; un commutateur à mercure fixé sous le cadre déclenchait flash et appareil de photographie synchronisés chaque fois que l'ensemble touchait le fond.

Le deuxième (fig. 9), construit pour résister aux pressions les plus fortes, se composait également d'un bâti vertical et de deux cylindres en acier durci contenant l'un un appareil photographique pouvant prendre 375 images consécutives et un mécanisme d'horlogerie pour le déclenchement automatique pendant la descente, l'autre un flash électronique très puissant et les batteries d'alimentation; un commutateur à mercure permettait de prendre également des photographies au contact du fond.

### Plongées en scaphandre autonome.

C'est la première fois, à part les travaux très spécialisés du Commandant COUSTEAU, qu'une expédition océanographique utilisait les scaphandres autonomes comme instruments de travail.

Ils furent utilisés pour le prélèvement à la main d'échantillons de fond dans toutes les zones inaccessibles aux navires, telles que les zones littorales très voisines de la ligne côtière, ainsi que dans les lagons, sur les hauts fonds et les socles d'îles jusqu'à des profondeurs de 50 mètres et plus, généralement partout où l'exploration visuelle et photographique est plus efficace que le travail que l'on peut faire du pont d'un navire.

Ils servirent également au calibrage d'appareils sous-marins et à une étude sur l'effet des explosions sous-marines sur un nageur en plongée libre.

La presque totalité de l'équipement était importée de France ou faite en Amérique sous licence française.

### Magnétomètre marin.

C'était un magnétomètre aérien du type de ceux utilisés pendant la guerre pour l'établissement des

cartes magnétiques, modifié par la suite pour servir aux prospections géophysiques et finalement pour le rendre susceptible d'être remorqué par un navire marchant à 10 nœuds.

L'appareil est basé sur la variation de la perméabilité d'un barreau ferromagnétique avec l'intensité de la magnétisation. L'avantage d'une telle méthode est qu'elle permet la détection et la mesure d'un champ magnétique uniquement par des circuits électriques; l'on peut ainsi combiner une grande sensibilité à la stabilité du magnétomètre en mouvement et à un enregistrement continu.

L'élément sensible était enfermé dans une enceinte en ébonite étanche, profilée de manière à conserver sa stabilité à la vitesse maximum du navire, et remorquée à quelques 300 mètres de celui-ci. La force électromotrice induite était amplifiée, filtrée, et enregistrée par un potentiomètre à balance automatique.

La précision relative de l'instrument, limitée par les bruits du fond d'origine mécanique, électrique et magnétique, était de plus ou moins 2 gammas; sa précision absolue était plus ou moins 20 gammas. L'appareil était donc parfaitement adapté à l'enregistrement d'anomalies régionales de l'ordre de 100 gammas comme celles qui furent rencontrées très souvent.

#### Electrokinétographe géomagnétique G.E.K.

Les deux parties essentielles de cet appareil sont les électrodes et un potentiomètre qui enregistre les signaux des électrodes préalablement amplifiés.

Chaque électrode faite d'une petite hélice en argent recouverte d'une couche de chlorure d'argent était enfermée avec de la laine de verre dans un petit cylindre de résine vinylique percé de trous permettant le contact entre les électrodes et l'eau de mer. Les deux électrodes distants de 100 m. et montées sur un même câble étaient connectées au potentiomètre de manière à ce que les deux effets galvaniques dus à leur immersion dans l'eau de mer s'annulent.

#### Équipement divers.

Il comprenait des bouteilles Nansen et des thermomètres à renversement ainsi que des bombes à pression spécialement construites pour permettre l'utilisation de ces derniers par grandes profondeurs, des dragues à courant pour la mesure des courants superficiels lorsque le navire était en station, les bathythermographes de 900 pieds et le petit treuil pour leur utilisation, et finalement des thermographes enregistreurs de surface.

## ORGANISATION DU TRAVAIL UNE STATION EN MER

En marche normale, les scientifiques, par équipes de deux, assuraient le quart auprès des appareils enregistreurs, échosondeur, magnétomètre, et G.E.K. dans les mesures de courant superficiel. Ils assuraient également la liaison entre le laboratoire et la timonerie, prenaient des bathythermogrammes toutes les deux heures, et notaient la profondeur et l'intensité du champ magnétique toutes les dix minutes.

En station, ils étaient divisés en équipes ayant chacune la responsabilité d'un appareil: montage, mise à l'eau, embarquement, entretien. Chaque scientifique travaillait ensuite sur des résultats, selon sa spécialité.

Une coupe sismique durant de 10 à 12 heures il est naturel que le travail exécuté ait été organisé autour d'une station sismique. Pendant celle-ci, le « Baird » était immobilisé à l'endroit d'écoute et l'« Horizon » effectuait un parcours de 100 miles dont le centre était le « Baird » en station. Au début de celle-ci, le magnétomètre habituellement remorqué était embarqué à bord, les hydrophones mis à l'eau et aussitôt après l'« Horizon » commençait les explosions avec des charges de 40 kg. d'explosifs tous les 4 miles, diminuant celles-ci de 1/2 livre à chaque réduction de 1 mile de la distance séparant les deux navires. Dès le début de la station, une carotte courte était prélevée au carottier ordinaire et sur le treuil hydrographique avec le câble de 6,3 mm.; en même temps étaient prélevés des échantillons d'eau voisine du fond dans des bouteilles en matière plastique. Puis le carottier à piston couplé à un carottier ordinaire était mis à l'eau avec le treuil hydraulique (fig. 10); l'opération complète de carottage durait 4 à 5 heures. Pendant ce temps des échantillons d'eau étaient prélevés pour étudier la distribution des pigments dans les 100 premiers mètres, et celle des particules en suspension dans les premiers 2 000 mètres. Après que le grand carottier eut été ramené à bord il était remplacé par le « géothermomètre » et pendant les 4 heures que durait l'opération de mesure du gradient de température au fond, la carotte était extraite du grand carottier par sections de 70 cm, chaque section subissait un examen et une description rapide, des échantillons étaient prélevés immédiatement pour la mesure à bord de la teneur en eau, du potentiel d'oxydo-réduction, de la teneur en silicate et enfin on procédait à leur emballage dans des feuilles de cellophane, puis du papier d'emballage, des cylindres de carton et finalement dans de la cire tropicale. Lorsque le « géothermomètre » était ramené à bord la coupe sismique était généra-



lement terminée; les hydrophones étaient embarqués, le magnétomètre mis à l'eau et le navire reprenait sa course.

Les coupes sismiques étaient espacées d'environ deux à trois jours. Entre celles-ci, l'« Horizon » procédait au prélèvement de carottes au carottier léger, au draguage des fonds rocheux et à la collection

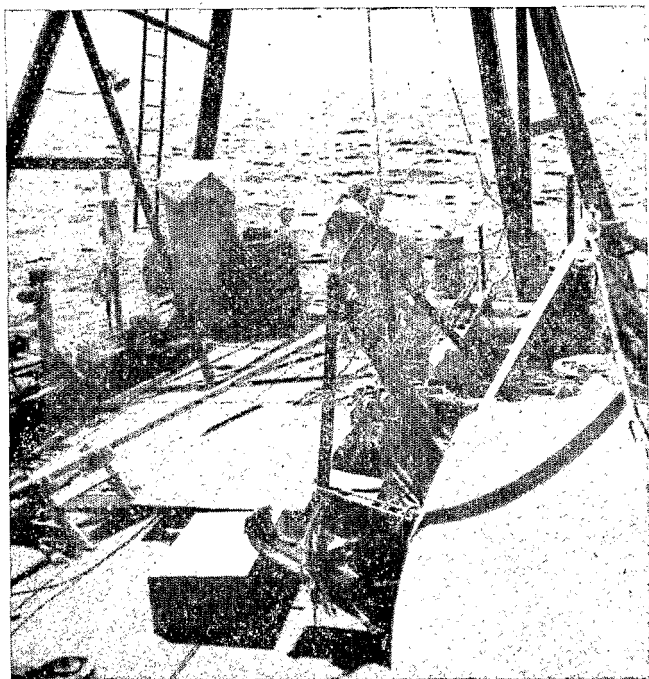


Fig. 10.

Le grand carottier de plus de 9m. de long prêt à être mis à l'eau.

d'échantillons d'eau. Quelques recherches d'ordre biologique et météorologique furent également poursuivies en particulier des traits au filet à plancton, du chalutage profond, la mesure de la température et de la pression des couches inférieure de l'atmosphère.

#### Itinéraire.

L'« Horizon » quitta Kwajalein dans les Îles Marshall le 26 novembre, le « Baird » le 29, faisant tous deux route vers le sud, en direction des Fidji. L'« Horizon » fit escale aux Îles Océan et Rotuma et les deux navires arrivèrent à Suva le 12 décembre. Ils firent un profil sismique le 2 décembre, un autre le 6 à l'ouest des Îles Ellice, un le 8 au dessus du Banc Alexa au cours duquel les plongeurs explorèrent le plateau qui couronne ce haut fond, et un autre le 10 à peu près à la hauteur de la ligne andésite, avant de commencer l'étude du « sub-continent » mélanésien s'étendant au sud et à l'ouest de la ligne andésite.

Du 15 au 24 décembre les navires firent route de Suva à Nukualofa dans l'Île de Tongatabu en explorant le sillon de Kandavu, le bassin de Fidji, la dorsale constituée par les Îles du groupe Lau entre les Îles Fulanga, Ongea et Thakau, et une partie de la fosse de Tonga. Pendant cette période consacrée principalement à l'étude du « sub-continent » mélanésien l'on fit deux coupes sismiques et deux mesures du gradient de température dans le sédiment.

La période du 26 décembre au 7 janvier fut consacrée à l'étude de la fosse de Tonga et de la région voisine. L'on commença par le sillon de Tofua, entre la dorsale du groupe Tonga et celle constituée par la chaîne des Îles volcaniques à l'ouest comprenant entre autres les Îles Falcon, Tofua, Kao ..., où l'on fit un profil sismique et plusieurs carottages courts. Puis les recherches s'orientèrent vers la fosse elle-même. Il y eut un profil sismique à l'est de la fosse, deux dans son axe et de nombreuses tentatives de dragage et de carottage de ses flancs. Une excursion géologique fut ensuite organisée dans l'Île de Vavau puis les navires mirent le cap vers Pago-Pago dans l'Île de Tutuila où ils arrivèrent le 7 janvier. En chemin ils explorèrent l'extrémité septentrionale de la dorsale de Tonga, vers l'Île Keppel et l'anticlinal couronné par le volcan de Tafahi.

Entre Pago-Pago et Tahiti où l'expédition arriva le 16 janvier il y eut trois coupes sismiques aux résultats particulièrement intéressants, 13 carottes furent prélevées et il y eut de nombreuses stations hydrographiques. Une étude rapide de la structure du sous-bassement de l'Île Palmerston et de la topographie de son socle permit de reconnaître qu'elle était plus large de plusieurs milles que ne l'indiquait la seule carte actuellement existante établie d'après les levés de Cook.

En quittant Tahiti le 19 janvier les navires firent route vers l'Archipel des Tuamotu dans l'intention d'étudier l'auge séparant les deux groupes de la Société et des Tuamotu. Le temps très mauvais ne le permit malheureusement pas. Takaroa fut visitée. Entre cette Île et les Marquises l'on fit deux profils sismiques, de nombreux carottages et stations hydrographiques. Arrivée à Taiohae le 24 janvier, l'expédition étudia le 25 la structure du socle continental au sud de Nuku-Hiva et quitta le 26 pour commencer la dernière et plus longue partie de l'expédition.

Une journée fut consacrée à l'étude magnétique et bathymétrique de l'Île Ua-Uka et du prolongement méridional de la dorsale des Marquises; les recherches indiquèrent l'existence de trois montagnes sous-marines en ligne avec le groupe des Marquises et fournirent de nombreux arguments en faveur d'une origine strictement volcanique de la dorsale. Puis l'expédition fit route vers le Plateau de l'Albatross; la structure du talus de ce plateau fut étudiée au

cours de deux coupes sismiques; vers 15° S. et 115° W. les navires mirent le cap au nord; quatre autres stations sismiques furent occupées jusque vers 16° N.; de nombreuses carottes prélevées sur le talus nord du plateau et dans le bassin qui lui fait suite surtout dans la région des courants et contrecourants équatoriaux et trois mesures du gradient de température dans le sédiment donnèrent des résultats positifs. La traversée de l'équateur fut également marquée par de nombreuses stations hydrographiques et l'étude de la teneur en pigment des eaux superficielles.

Les navires atteignirent San Diego le 21 février.

### Sommaire des résultats.

L'itinéraire total des deux navires couvre plus de 39.000 milles au cours desquels les deux échosondeurs enregistrèrent continuellement le profil du fond. Il y eut 25 stations sismiques qui nécessitèrent 2.133 explosions et près de 19 tonnes d'explosifs. L'enregistrement donné par le magnétomètre marin couvre 7.800 miles. 20 longues carottes totalisant 90 mètres et 93 carottes courtes totalisant 87 mètres de long furent prélevées. 9 mesures du gradient de température dans le sédiment furent réussies. Il y eut 12 dragages de fond, 26 stations hydrographiques standards, 6 stations avec prélèvement d'eau en bouteilles en matière plastique et 13 avec prélèvement d'eau voisine du fond; il fut pris 1.170 bathythermogrammes et il fut procédé à 58 traits verticaux au filet à plancton, 35 obliques, 2 au « mid-water trawl » et les plongeurs totalisèrent 75 heures de plongée.

Les études bathymétriques ont confirmé l'apparente stabilité structurale du bassin océanique opposée à l'instabilité des « sub-continent » et des régions frontières. Il n'y a, à part la dorsale des Tuamotu, aucun pli importants; les îles Cook, de la Société et des Marquises apparaissent comme des chaînes soulevées à partir du fond de la cuvette océanique. Il existe cependant de nombreuses fractures dans le fond de celle-ci; les premières avaient été découvertes au cours des expéditions antérieures et plus spécialement « MID-PACIFIC » et « SHELLBACK », ce sont par exemple les montagnes « MID-PACIFIC » signalées par Dietz et Menard et la dorsale Murray qui semblent former un immense ensemble structural suivant un grand cercle et allant de la côte californienne aux îles Marshall. « CAPRICORN » étudia plus particulièrement la fosse de Clarion et le plateau de Christmas-Clipperton qui tous deux semblent également s'aligner sur un grand cercle. Le « sub-continent » mélanésien a révélé une succession assez caractéristique de bassins et d'auges; la zone frontière définie par la fosse de Tonga-Kermadec et les vers l'est avec un point d'inflexion au sud-ouest de structures adjacentes est un sillon arqué convexe Samoa; l'orientation de la partie sud qui est en gros

nord-sud devient nord-ouest-sud-est dans la partie nord qui se termine dans une auge où elle perd toute particularité. Le flanc continental de la fosse est beaucoup plus abrupt que le flanc océanique qui n'est que le talus occidental d'une ride assez large dominant de quelques centaines de mètres le fond de la cuvette océanique à l'est. Sur presque toute la longueur de l'axe de la fosse la profondeur trouvée varie entre 5.000 et 10.000 mètres, la profondeur maximum rencontrée étant de 10.000 mètres.

Les études sismiques indiquèrent que la couche de discontinuité de Mohorovicic se rencontre dans toute la cuvette océanique entre 5 et 9 km. sous la surface du sédiment. Les « sub-continent » donnèrent des résultats beaucoup plus confus pouvant s'interpréter soit par une croûte d'une épaisseur intermédiaire entre celle d'un continent vrai, 40 km. environ et celle d'une cuvette océanique, moins de 10 km., soit par la nature différente des roches la composant; en particulier, le boucrier de l'île de Paques ne donna jamais de vitesses de transmission du son supérieures à 8 km/sec. Au contraire, la zone frontière de la fosse de Tonga indique très nettement un épaissement de la croûte puisque son épaisseur est de l'ordre de 15 à 20 km. Le flux calorifique mesuré fut beaucoup plus élevé dans les zones « sub-continetales » que dans la cuvette océanique.

Presque dans toutes les stations sismiques les couches donnant une vitesse de transmission du son inférieure à 4 km/sec. et correspondant à du sédiment non consolidé avaient moins de 300 mètres d'épaisseur; ce fait déjà souligné par PETERSON soulève de très importants problèmes en ce qui concerne la sédimentation.

D'autre part, les études par réfraction sismique et les études magnétiques ont fourni de nombreux témoignages en faveur du rôle important qu'a joué la subsidence dans la formation de certains atolls tels que Bikini, Eniwetok, Palmerston et Takaraoa; la pente des talus de ces quatre atolls est identique de même que la substructure et l'épaisseur du dépôt calcaire sur la base de roches ignées. Dans la région du « sub-continent » mélanésien nous trouvons au contraire des preuves à la fois d'une subsidence et d'un soulèvement. Les îles du groupe Lau et les îles calcaires du groupe de Tonga telles que Lifuka et Vavau sont constituées de craies formées évidemment en eaux peu profondes. Cependant, entre les socles de ces îles on trouve des canaux très profonds qui peuvent indiquer une subsidence.

En ce qui concerne les sédiments, l'importance de la topographie sous-marine sur leur nature fut encore une fois mise en évidence; les couches superficielles de plusieurs carottes sont faites de mélanges de matériaux récents et de fossiles tertiaires alors que dans d'autres carottes les matériaux tertiaires affleurent à la surface ou ne sont recouverts que par une

mince couche de sédiment récent. Il doit donc obligatoirement exister un agent dispersant qui ne peut être qu'un courant de fond balayant les hauteurs topographiques et entraînant les particules ainsi arrachées au sédiment vers les creux où elles se déposent en se mélangeant avec du matériau récent où, en certains endroits, rendant impossible la déposition de ce dernier. Un phénomène également important fut mis en évidence; celui de la mise en solution des particules fondamentales du sédiment par l'eau interstitielle; la nature physico-chimique de celle-ci change avec la profondeur sous la surface et est différente de celle de l'eau sus-jacente; la teneur en certains sels dissous tels que les silicates augmente avec la profondeur indiquant en particulier la dissolution de certains composants siliceux; l'eau interstitielle a donc une influence à la fois sur la composition chimique du sédiment mais aussi sur sa nature minéralogique.

Finalement, une étude poussée des îles Marquises et plus spécialement de Ua-Huka et Nuku-Hiva a permis d'émettre une hypothèse en ce qui concerne l'absence de coraux dans cette région. Le plateau autour de ces îles est partout plus large que 1 mille; à environ 80 mètres de profondeur il y a une rupture de pente et nulle part ne peut-on trouver de traces de terrasse indiquant une subsidence; toute la surface de la terrasse n'est recouverte que par une mince couche de sédiment. Le caractère de ce plateau indique qu'il a été découpé par les vagues au Pleistocène et la hauteur des falaises que l'énergie des vagues ne fut pas amortie à cette époque par l'existence d'un récif barrière. Tout cela peut amener à penser que l'érosion ayant toujours été importante la turbidité des eaux côtières a toujours empêché le corail de s'implanter sur le rebord du plateau recouvert d'une couche de débris détritiques instables et

que le brutal relèvement du niveau des eaux à la fin de la dernière période glaciaire n'a pas laissé le temps au corail de croître suffisamment pour survivre.

\*\*

Nous n'avons pu donner ici qu'un aperçu succinct de l'expérience gagnée au cours de l'expédition; cette dernière comme toutes celles qui l'ont précédé ne peut prendre sa véritable perspective que lorsque tous les échantillons qui ont été collectés auront été examinés. On peut cependant, à la lumière de ce qui a été fait et des résultats immédiats qui ont été acquis, tirer un certain nombre de conclusions. L'inter-relation des faits physiques, chimiques et biologiques étant reconnue, chacun de ceux-ci n'étant qu'un aspect différent de la même Science Océanographique, il semble impossible de dissocier à l'avenir un domaine d'un autre. Chaque problème posé dans un ordre d'idées en amène un autre dans un champ différent. On ne peut en particulier faire une étude dynamique sans connaître les caractéristiques du fond de la région considérée. La nature des sédiments ne se comprend que dans le cadre de l'histoire géologique de cette même région... Le temps n'est plus où l'on faisait de l'Océanographie avec une petite barque à rames; comme dans tous les autres domaines, l'on entre dans une période de haute technicité réclamant un matériel de plus en plus compliqué et un personnel scientifique très spécialisé. La dépendance des questions qui se posent empêche cependant une spécialisation trop poussée et si l'Océanographe d'aujourd'hui voit se poser à lui de nombreux problèmes, celui de demain devra être tout autant chimiste, physicien, que géologue et naturaliste.