

# I. " EASTROPIC "

## Compte rendu d'une campagne océanographique dans le Pacifique oriental

par M. DOUTRE

Du 22 septembre au 19 décembre 1955, cinq organismes d'étude ont travaillé conjointement afin d'améliorer la connaissance des eaux pacifiques, centrales et orientales. Le navire « Hugh M. Smith », du « Pacific Oceanic Fishery Investigation », a obtenu des renseignements d'ordre physique, chimique et biologique sur la zone parcourue par le courant équatorial entre les longitudes 158° O et 105° O. Une unité de la flotte péruvienne a recueilli des informations sur la limite Nord, voisine de l'Equateur, du courant de Humbolt. Deux vaisseaux de la « Scripps Institution of Oceanography » (Université de Californie), le « Spencer F. Baird » et l' « Horizon », ont concentré leurs efforts dans la région comprise entre le méridien 125° O et le continent américain. A ces bâtiments s'est adjoint le « Scofield » du Fish and Game of California.

Cette expédition, nommée « EASTROPIC », se proposait d'atteindre des buts à la fois généraux et spéciaux attachés à certaines zones particulières (fig. 1).

**1. Objectifs généraux.** — Etude de la circulation générale des eaux, de leurs propriétés et de celles des organismes y vivant, de la partie Est du système des courants équatoriaux, au cours de l'automne boréal. Une expédition préalable, « SHELLBACK », avait fait des observations du 17 mai au 27 août 1952.

**2. Objectifs spéciaux.** — *Zone A.* — Etude des courants de surface et voisins de la surface dans la région du contre-courant équatorial, par l'emploi conjugué du bathythermographe, du géomagnétocélectrokinétographe et de « drogues ».

*Zone B.* — Des observations précédentes avaient révélé la présence de la surface d'une thermocline, au centre d'une étendue alors appelée « Scharfer's dome ». C'est un passage brutal, en l'espace de quelques mètres de profondeur, d'eaux chaudes à des eaux de température relativement basse. Ces lieux sont particulièrement riches en bancs de thons. « EASTROPIC » s'est proposé d'apporter des précisions sur la forme et l'étendue de ce phénomène océanographique d'ordre physique et d'étudier son influence sur les productions biologiques.

*Zone C.* — Le long de la zone C existe un changement brutal entre les eaux froides et denses apportées par le courant de Humbolt et les eaux chaudes et relativement stagnantes situées au Nord. Les navires de la Scripps Institution et une unité péruvienne ont étudié ce front en détail.

*Zones D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>.* — Un courant profond se déplaçant vers l'Est, situé le long de l'Equateur sous le courant Sud équatorial, lui dirigé vers l'Ouest, avait été remarqué lors d'expéditions précédentes. La recherche de ce courant par l'emploi de « drogues » a été faite dans les zones D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>.

Au cours de cette croisière, pendant deux mois et demi, nous avons eu la possibilité de participer aux activités accomplies à bord de l' « Horizon ». Dans ce rapport, nous avons essayé, non pas de dégager les conclusions d'ordre scientifique que l'on peut tirer des observations effectuées, travail qui réclame un dépouillement de plusieurs mois, mais de décrire

le matériel utilisé, dans la mesure où celui-ci présente un caractère de nouveauté, et les méthodes de travail employées, celles-ci pouvant servir d'exemple et offrir un intérêt dans des régions océaniques différentes.

Nous avons ainsi été amené à observer le plan suivant :

- I. — Caractéristiques des navires de la « Scripps Institution » utilisés et description détaillée du laboratoire de l' « Horizon ».
- II. — Organisation générale du travail scientifique à bord de l' « Horizon ».
- III. — Océanographie physique :
  - A. Bathythermographe (BT).
  - B. Stations hydrologiques.
  - C. Courantomètre à électrodes (GEK).
  - D. « Drogues ».
- IV. — Océanographie chimique : Salinité, Oxygène, Phosphates.
- V. — Représentation graphique des résultats obtenus.
- VI. — Océanographie biologique : Prise de plancton, Chalut à évolution variable, Pêche de nuit à l'épuisette, Empoisonnement des eaux, Observations zoologiques diverses.
- VII. — Conclusion.

### **I. — CARACTERISTIQUES DES NAVIRES DE RECHERCHES OcéANOGRAPHIQUES DE LA « SCRIPPS INSTITUTION OF OcéANOGRAPHY » (S.I.O.)**

**L'Horizon.** — C'est un ancien remorqueur de la marine des Etats-Unis. Construit en 1944 il a été acquis par la « Scripps Institution » en 1947. Sa longueur hors-tout est de 43 m et sa plus grande largeur 10 m ; chargé, son tirant d'eau est égal à 4,90 m. Il déplace entre 677 tonnes et 983 tonnes suivant sa charge. Ses réservoirs à mazout ont une contenance de 200 m<sup>3</sup>, ses réservoirs d'eau douce 109,6 m<sup>3</sup>. Son rayon d'action est d'environ 6.800 milles. Deux moteurs, à 12 cylindres, développant chacun 950 CV., lui assurent une vitesse de croisière de 10,5 nœuds. A pleine vitesse de 14,5 nœuds, la puissance développée sur l'arbre est approximativement de 1.500 CV. Sa consommation en mazout est de 29,10 l par mille, soit 215 l par heure. Avec un équipage de 17 hommes et un personnel scientifique de 19 membres, la quantité d'eau et de vivres est suffisante pour 60 jours de navigation. L'équipement de navigation comporte : pilote automatique, radar, loran et goniomètre. Sur la passerelle est adjoit un laboratoire météorologique : anémomètre, radio-sonde, etc...

#### DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU LABORATOIRE ET DU PONT ARRIÈRE

**A) Laboratoire.** — Le laboratoire situé au niveau du pont principal s'étend depuis le milieu du navire jusqu'à environ 12 m de l'arrière. La superficie ainsi réservée est approximativement de 55 m<sup>2</sup>. Il comporte deux pièces (fig. 2) :

1. L'une, de 4 m sur 5 m, renferme :
  - les bouteilles de Nansen (19), maintenues verticalement le long de la paroi ;
  - sous celles-ci, le ratelier destiné à recevoir les bouteilles à échantillons pour les

analyses chimiques. A chaque bouteille à renversement correspond : un flacon à bouchon de verre émeri pour le dosage de l'oxygène, une bouteille genre canette pour le titrage de la salinité et deux autres flacons à bouchon de verre émeri pour les phosphates ;

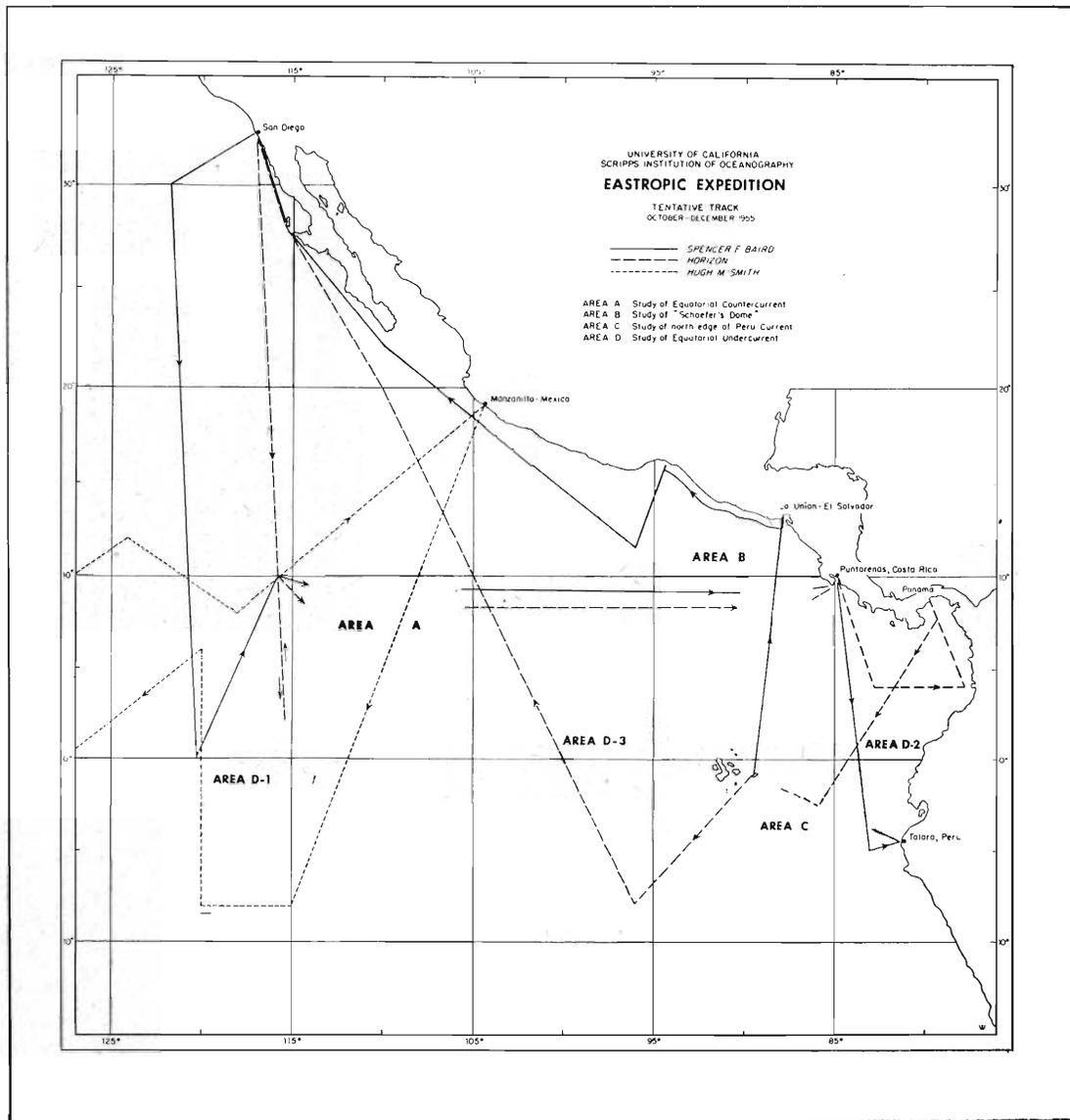


FIG. 1.

— un thermomètre enregistreur à gaz, donnant la température de surface de l'eau de mer ;

— un frigidaire destiné à la conservation par le froid de spécimens zoologiques.

2. La seconde pièce, d'environ 4 m sur 8 m, présente :

a) Sur une première paillasse :

— l'emplacement réservé au chimiste pour le dosage de l'oxygène, offrant un montage robuste pour la distribution des réactifs (chlorure de manganèse, iodure de potassium en solution potassique, acide chlorhydrique) et un dispositif également résistant protecteur de la burette ;

— un évier alimenté en eau douce et en eau de mer ;

— un appareil désionisant permettant l'obtention d'eau « distillée » à partir de l'eau douce. Cet appareil « Crystalab deeminizer Model CL 5 » fonctionne sur courant alternatif de fréquence 60, sous un voltage de 115 V. Il utilise des résines désionisantes vendues

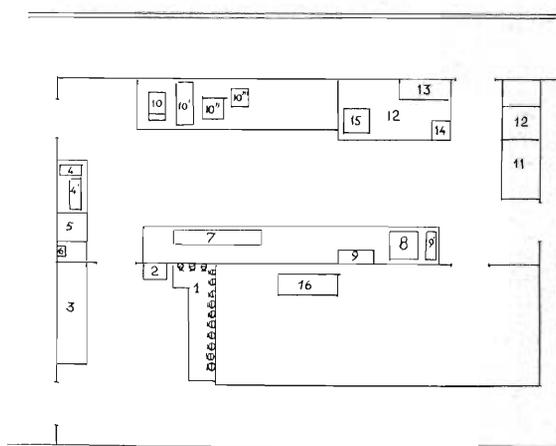


FIG. 2.

1. Bouteilles de Nansen; râtelier des bouteilles à échantillons. — 2. Thermographe. — 3. Frigidaire. — 4. Distributeur des réactifs pour dosage de l'oxygène. — 4'. Burette pour dosage de l'oxygène. — 5. Evier. — 6. Appareil désionisant. — 7. Dosage de la salinité, méth. de Knudsen. — 8. Potentiomètre du GEK. — 9. Sondeur à écho EDQ. — 9'. Machine à calculer. — 10. Distributeur de réactifs pour dosage des phosphates. — 10'. Bouteilles d'échantillons pour dosage des phosphates. — 10'', 10'''. Photomètre et amplificateur. — 11. Paillasse pour les travaux de biologie. — 12. Evier. — 13. Bibliothèque. — 14. Interphone. — 15. Appareil de lecture des plaques de BT. — 16. Pompe à vide.

sous le nom de « Derminite L 10 » (Crystal Research Laboratories : Inc. 29 Allyn Street. Hardford 3. Connect. U.S.A.).

b) Sur une seconde paillasse :

— le dispositif du titrage de la salinité par la méthode de Knudsen ;

— un emplacement libre pour le travail imprévu de chercheurs spécialisés ;

— le potentiomètre enregistreur du courantomètre à électrodes (GEK) ;

— contre la paroi est disposé le sondeur (EDQ). Celui-ci a une portée de 6.000 brasses et présente 7 échelles de lecture : 0-600 ; 600-1.200 ; 1.200-1.800 ; 1.800-2.400 ; 2.400-3.000 ; 3.000-3.600 ; 0-6.000 brasses (fig. 3).

— une machine à calculer.

c) L'emplacement occupé par le matériel utilisé pour le dosage des phosphates sur une troisième paillasse : distributeur automatique de l'acide molybdique et du chlorure stanneux, caissette d'échantillons d'eau de mer à titrer, photomètre et son amplificateur.

— un emplacement libre pour travail imprévu.

d) Une dernière paillasse est réservée au biologiste pour la manipulation du plancton et des animaux pêchés.

e) Un bureau, permettant la compilation des résultats, porte l'appareil de lecture des plaques du bathythermographe ; ce bureau offre de nombreux tiroirs pour le logement des cartes, graphiques... Il est dominé par une petite bibliothèque et un interphone permettant d'assurer la communication rapide avec le pont arrière, le réfectoire, la chambre des cartes, la cabine du capitaine, la cabine radio et la passerelle.

A cette description du laboratoire il convient d'ajouter la présence de nombreuses étagères fixées sur les cloisons, de tiroirs sous les paillasses, etc., facilitant le stockage du matériel de remplacement.

Dans une troisième pièce adjacente est fixée une pompe à vide (et son moteur électrique) destinée à pourvoir en vide les emplacements réservés au dosage de l'oxygène et des phosphates.

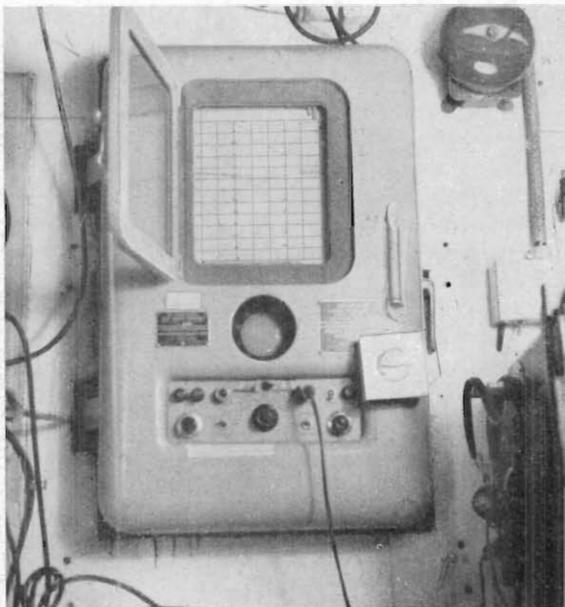


FIG. 3. — Sondeur à écho EDQ.

**B) Le pont arrière (fantail).** — Tout le travail de plein air se fait pratiquement à partir du pont arrière. Celui-ci comprend (fig. 4) :

— *En poupe* : une sorte de balcon surplombant la surface de l'eau d'un mètre environ (analogue par son aspect au balcon des thoniers), dominé par l'armature de la potence en forme de A, haute d'environ 8,40 m (fig. 5).

A ce dispositif correspond un treuil situé juste derrière le laboratoire, sur le pont arrière d'une puissance de 30 CV., permettant l'enroulement sur son tambour de 6.000 m. de câble d'acier de 1,25 cm de diamètre. Ce treuil est commandé du pont supérieur et possède un dynamomètre.

— *A babord* : un vivier métallique alimenté en eau de mer ;

le bathythermographe, avec son treuil et son bossoir. Le moteur du treuil est alimenté par un courant de 440 volts, triphasé, de fréquence 60.

— *A tribord* : une plateforme mobile, d'où l'on manipule les bouteilles de Nansen lors des stations hydrologiques, avec le bossoir correspondant utilisé également lors des prises de plancton. Le filet destiné à cette opération est conservé juste derrière, avec le rapporteur d'angle, sur une étagère fixée contre la cloison du laboratoire. Au-dessus est placé un interphone.

Du pont supérieur, on manœuvre le treuil du GEK et le treuil hydrologique dont le tambour permet d'enrouler 6.000 m de câble d'acier de 0,468 cm de diamètre.

## II. — ORGANISATION DU TRAVAIL SCIENTIFIQUE A BORD DE L' « HORIZON »

Le personnel scientifique embarqué sur l' « Horizon » comptait dix personnes. Durant toute la croisière, deux chimistes assurèrent l'exécution des dosages de salinité, de l'oxygène et des phosphates, au fur et à mesure de l'obtention des échantillons d'eau de mer. Si l'on excepte les opérations effectuées en des points spéciaux : « drogues », chalut à évolution variable, etc. L'organisation générale du travail était la suivante :

1° Des stations hydrologiques effectuées tous les 60 milles, c'est-à-dire qu'approximativement six heures s'écoulaient entre la fin d'une station et le début de la suivante. Une

équipe de trois techniciens prenait part aux différentes activités accomplies durant chaque arrêt, d'une durée voisine de deux heures. Le processus, invariable, était le suivant :

- a) enroulement sur son tambour de treuil du câble du GEK ;
- b) opération du bathythermographe;

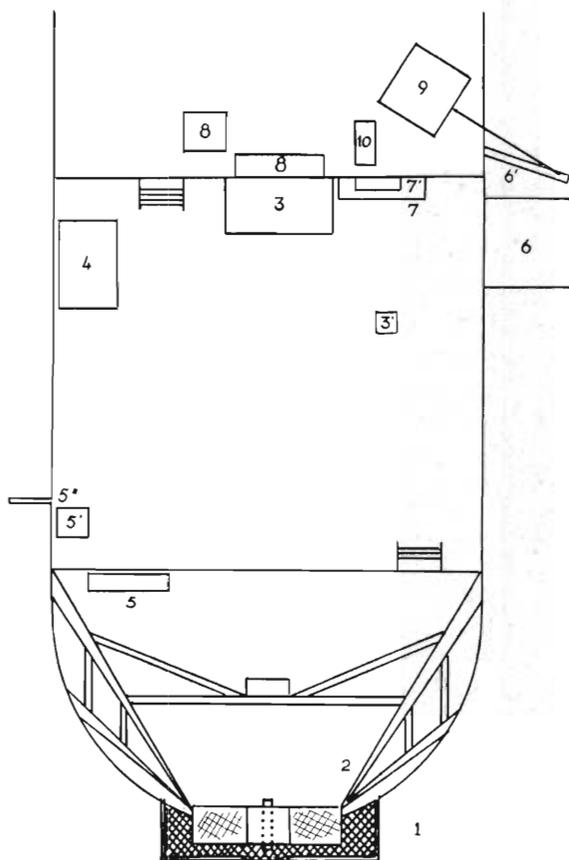


FIG. 4. — Plage arrière de l'Horizon.

1. Balcon.
2. Armature pour carottage.
3. Dynamomètre du treuil.
4. Vivier.
- 5, 5', 5''. Bathythermographe, son treuil, son bossoir.
6. Plateforme mobile.
- 6'. Bossoir des stations hydrologiques et prises de plancton.
7. Lieu de stockage du filet à plancton.
- 7', 7''. Interphone.
8. Treuil du GEK.
9. Treuil hydrologique.
10. Bobine d'enroulement de la corde à piano des drogues.

- c) prise de plancton et traitement de celui-ci ;
- d) calcul des positions des bouteilles à renversement sur le câble (fig. 6), d'après les renseignements fournis par la plaque ;
- e) exécution des prises d'échantillons ;
- f) reprise de la route.

Le remplissage des bouteilles à échantillons (dans l'ordre : oxygène, salinité, phosphates), la lecture des thermomètres, l'entrée des renseignements sur les feuilles réservées à cet usage (plancton, données hydrologiques) avaient lieu pendant la marche du navire. Au cours des stations de nuit, lorsque l'état de la mer le permettait, à l'équipe de trois océanographes cités plus haut il convient d'ajouter la présence d'un biologiste occupé à capturer à l'épuisette (dip-netting) des exemplaires de poissons, de larves, de céphalopodes attirés près du bord par la lumière d'une lampe de forte puissance fixée sur la lisse.

2° Opération en route (underway watch), d'une durée de trois heures (deux underway

watches séparaient donc deux stations consécutives). Une seule personne y participait ; ses fonctions consistaient :

a) à noter la sonde toutes les dix minutes sur un livre d'entrées spécial, et marquer au même moment le temps GMT correspondant sur la bande de papier enregistreuse de l'échosondeur ;

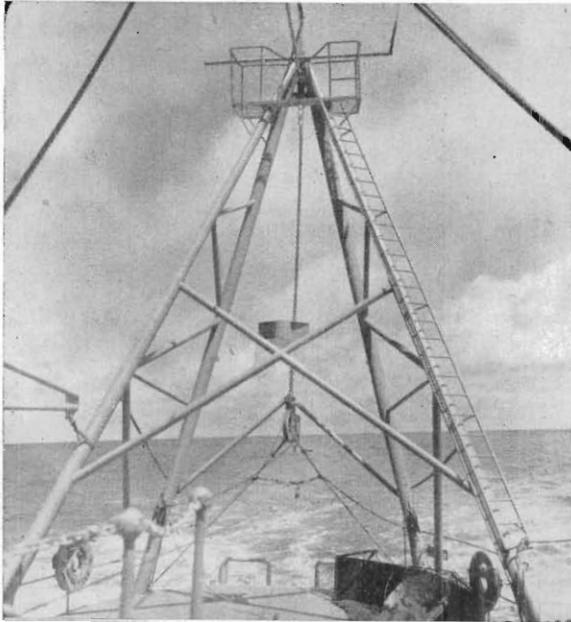


FIG. 5. — Potence (A Frame) utilisée lors du carottage et de l'opération du filet à évolution variable

b) toutes les heures et demi, à assurer une opération de GEK ;

c) suivie, dès la fin de son exécution, d'une prise de température au BT.

Les opérations nécessitées par la rédaction de la feuille d'entrée des observations effectuées à l'occasion de chaque prise de BT (voir bathythermographe), la lecture de la plaque (report sur un cahier spécial des températures en fonction des profondeurs), l'exécution des calculs auxquels donne lieu chaque opération de GEK se faisaient navire en marche. La reprise de la route a lieu à la remontée du BT.

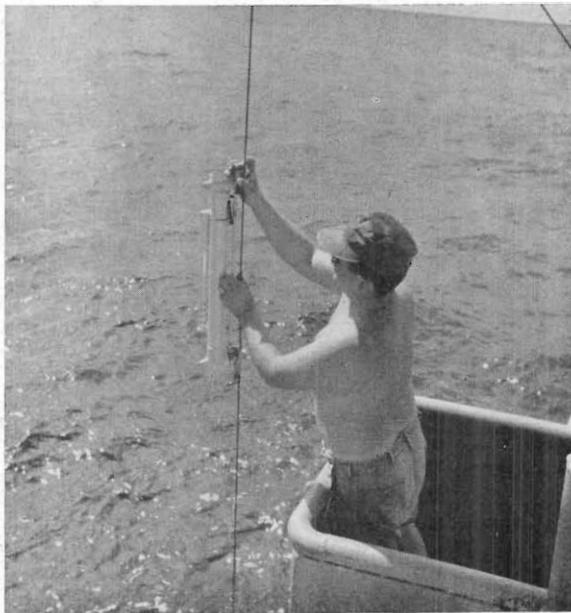


FIG. 6.

De plus, il convient d'ajouter la surveillance du thermomètre enregistreur et l'inscription sur sa courbe (fig. 7) de l'heure (heure de Greenwich) du début de chaque opération de GEK (avec son numéro), de chaque prise de BT (avec son numéro), de commencement et de fin de station hydrologique, des changements de cap, des températures de surface de l'eau de mer mesurées au thermomètre (bucket reading) lors de l'arrêt, de l'heure d'arrivée et de départ du port lors d'une escale.

La construction des courbes, la représentation graphique des résultats obtenus à chaque station, les sections hydrologiques, les corrections thermométriques, le report des sondes sur la carte, etc., ont été exécutés pendant la durée de la croisière pendant les intervalles de temps séparant les opérations manuelles.

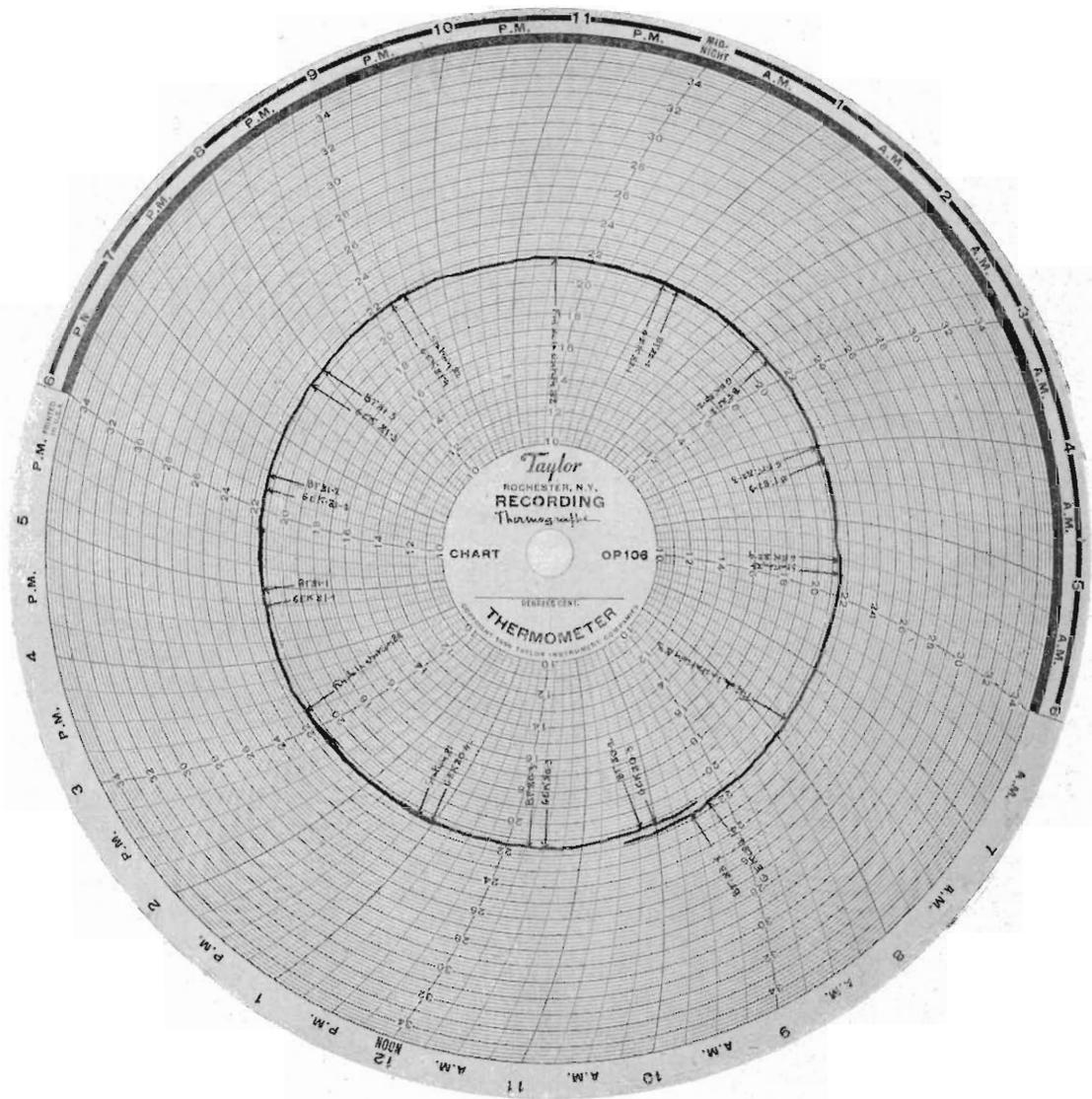


FIG. 7.

### III. — OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE

#### A. — BATHYTHERMOGRAPHE (BT)

**Principe.** — Le bathythermographe (fig. 8) est un appareil de mesure de la température de l'eau de mer pour des profondeurs modérées. Il peut être utilisé d'un navire en marche jusqu'à la vitesse de 18 nœuds. L'élément sensible aux variations de température est un long tube de cuivre, fin, rempli de xylène, bobiné intérieurement dans l'espace laissé libre entre les ailerons postérieurs du BT (fig. 9). Ce tube est en contact direct avec l'eau de mer. Puisque le xylène se dilate ou se contracte suivant les variations thermiques, la pression à l'intérieur du tube croît ou décroît. Ces modifications sont transmises à une capsule mano-

métrique, en laiton, ayant la forme d'un ressort de montre dont la partie terminale porte un stylet. Ce dernier inscrit les mouvements de la capsule manométrique sur une plaque de verre fumé (slide). La plaque est maintenue fixe sur l'extrémité d'un ressort spiralé enfermé dans une autre capsule manométrique. Lorsque le BT s'enfonce, la pression s'accroît proportionnellement à la profondeur atteinte et tend à comprimer la capsule. Le mouvement de celle-ci déplace la plaque vers la pointe du BT, perpendiculairement à la direction prise par le stylet lorsqu'il inscrit la température. Lorsque l'instrument est remonté à la surface, le ressort communie à la capsule sa forme primitive. Ainsi la courbe inscrite sur la surface de verre fumé est-elle un enregistrement combiné de la température et de la pression, celle-ci étant proportionnelle à la profondeur. Puisque la pression externe exerce une légère influence sur la pression interne du

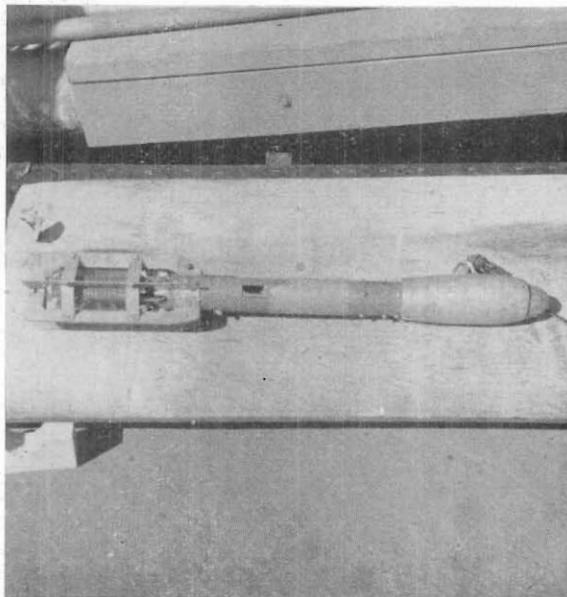


FIG. 8. — *Bathythermographie*

xylène contenu dans son tube, et son ressort, et que les variations de température agissent également sur les mouvements de la capsule, chaque appareil doit être soigneusement étalonné par le fabricant.

Les différents types de bathythermographes employés sont les suivants :

O.C-1 B/S	O.C-1/S	0-60 m
O.C-2 B/S	O.C-2/S	0-133 m
O.C-3 B/S	O.C-3/S	0-273 m

Une grille spéciale est livrée avec chaque instrument, elle permet la lecture de l'inscription du stylet sur la plaque en fonction de la température et de la profondeur. En examinant cette grille de référence, on constate que les lignes de température ne sont pas exactement droites et verticales, mais qu'elles s'incurvent légèrement à gauche à mesure que la profondeur s'accroît. De même, les lignes de profondeur ne sont pas exactement des arcs de cercle de rayon égal à la longueur du stylet ; ceci tend à corriger l'expansion thermique de la capsule. A une température de 40,8° C. (105 F.), le stylet enregistreur vient se caler contre une butée ; s'il est alors soumis à un échauffement supérieur, une déformation permanente de son ressort de laiton se produit et l'étalonnage de l'appareil est faussé. *Aussi un BT doit-il toujours être logé à l'abri du soleil, et loin de toute source calorifique (tuyauterie de vapeur, etc...)*. Un instrument qui a été surchauffé peut présenter son stylet coincé contre sa butée, dans une position correspondant à une température élevée. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser un autre appareil et d'expédier pour remise au point l'instrument endommagé. Si l'on ne dispose pas d'un BT de rechange, il faut relever doucement le bras du stylet en le dégageant de sa butée et le replacer dans une position correspondant aux basses températures. Les mesures effectuées seront alors entachées d'une erreur due à la déformation du ressort du stylet. Cet accident doit être mentionné dans le livre d'entrée des résultats obtenus avec le BT et celui-ci doit être réétalonné dès que l'occasion se présentera.

**Opération du BT.** — Le bathythermographe est construit pour être mouillé à partir d'un bateau en marche jusqu'à une vitesse de 18 nœuds et nécessite un opérateur de treuil expérimenté. Cependant, les meilleurs résultats sont obtenus lorsque la vitesse ne dépasse pas 12 nœuds. Sur les vaisseaux de la « Scripps Institution », les prises de BT s'effectuaient à 3 nœuds.

*Introduction de la plaque.* — Tenir la plaque par ses bords de champ et s'assurer qu'elle présente bien une face fumée. L'introduire dans son logement, limité par deux glissières ; un de ses coins offre un biais ; la largeur correspondante doit être présentée la première, le biais dirigé vers la pointe du BT. S'assurer que la plaque est bien engagée à

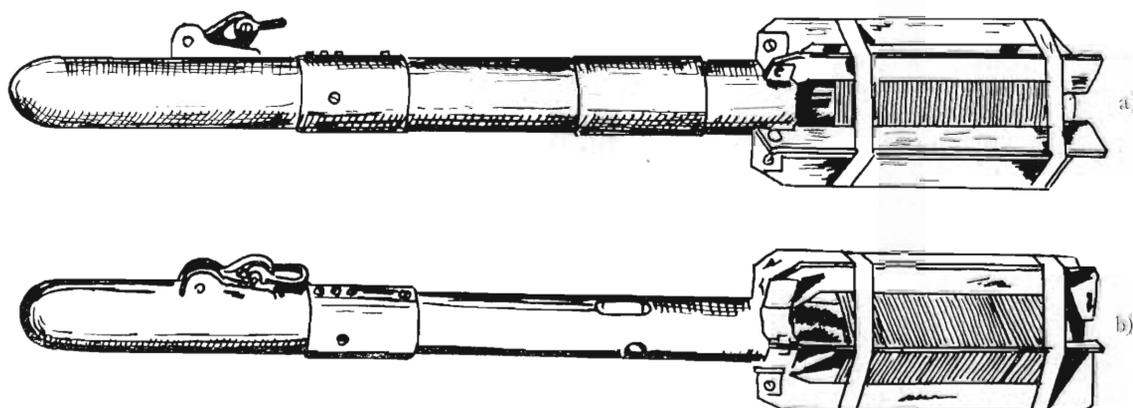


FIG. 9. — a) BT manchon fermé. b) BT manchon ouvert.

fond, autrement l'enregistrement sera décalé vers les températures inférieures. La plaque de verre étant bien en place, la pointe du stylet s'appliquera contre la surface fumée supérieure lorsque le manchon sera reculé pour couvrir l'ouverture du compartiment de la plaque. Pour éviter des éraflures parasites, on ne déplace le manchon qu'au moment où l'appareil va être passé par-dessus bord.

*Examen du câble et des épissures.* — La plupart des BT sont perdus par rupture du câble, détérioré par la rouille. L'émerillon de l'attache doit être inspecté soigneusement, particulièrement son axe.

*Examen du treuil.* — Le levier du treuil (fig. 10) permet à la fois l'embrayage et le freinage. Il offre 3 positions (fig. 11) :

- 1) Lorsqu'il est vertical, le treuil est au point mort et peut tourner dans les deux sens.
- 2) Tiré vers l'opérateur, c'est-à-dire vers l'intérieur, il embraye le treuil sur le moteur de telle sorte que le câble s'enroule sur le tambour.
- 3) Poussé vers l'extérieur, dans la direction opposée à l'opérateur, il agit sur le frein et le tambour est bloqué.

Le levier étant au point mort, on tourne le bouton mettant en marche le moteur afin de s'assurer qu'il est bien alimenté en courant électrique. Les roulements de l'arbre doivent être convenablement lubrifiés pour pouvoir actionner le tambour à la main.

L'installation du treuil doit être telle que le câble se présente perpendiculairement à l'axe du tambour. Le levier est poussé pour freiner et tiré pour embrayer, et non l'inverse.

*Mise à l'eau du BT.* — Le BT soulevé à la main, le manchon recouvrant l'ouverture du compartiment de la plaque étant reculé, le levier est mis au point mort. D'une main on maintient le BT sur la lisse et de l'autre on enroule le mou du câble sur le tambour en faisant tourner celui-ci. Lorsque cette opération est achevée, placer le levier à la position de freinage, mettre à zéro le compteur de tours (gradué en brasses) et tourner le bouton déclenchant la mise en marche du moteur. Laisser alors descendre le BT de 1 à 2 m au-dessous du niveau de l'eau, et de nouveau freiner. Maintenir l'instrument à cette profondeur pendant environ 30 secondes, ceci permet au thermomètre à xylène de s'équilibrer à la température de surface de l'eau. Placer alors le levier au point mort et laisser le câble se dérouler librement. Lorsque le bateau se déplace à une vitesse importante, la profondeur maximum est atteinte si deux conditions sont réalisées : une bonne lubrification des

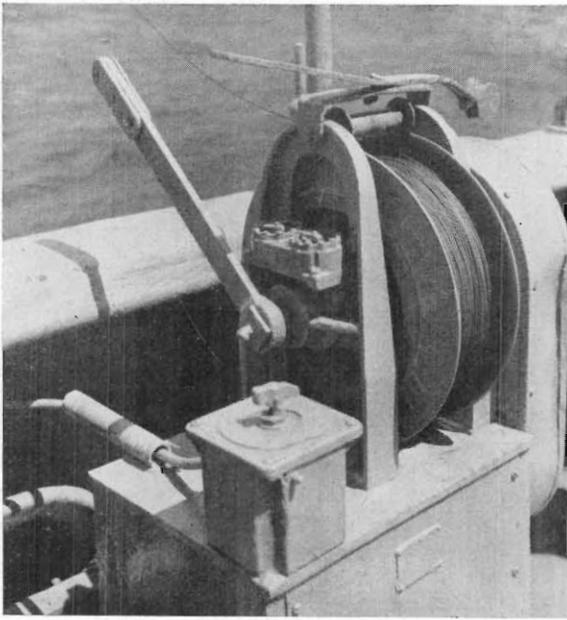


FIG. 10. — Treuil du BT.

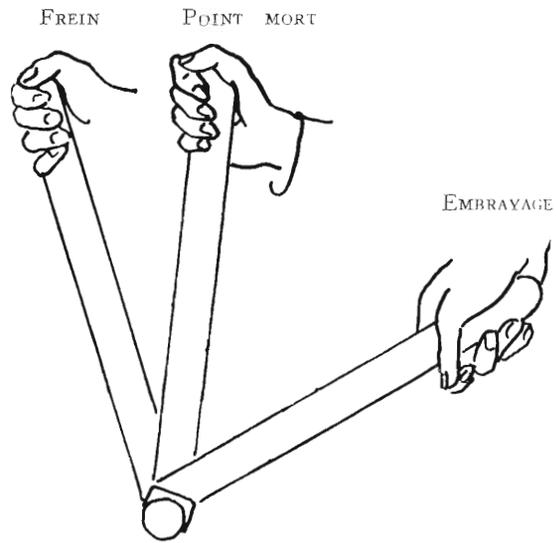


FIG. 11.

tambours et des roulements, et la possibilité de placer très rapidement l'instrument au-dessous de la zone de remous dus à l'hélice. Ceci s'obtient avec un peu de pratique ; il est possible, après les 30 secondes de remorquage à la surface, de lever légèrement l'appareil au-dessus du niveau de l'eau et de le faire sauter du sommet d'une vague pour qu'il retombe bien en avant du bossoir ; la descente s'effectue alors rapidement sans être influencée par le mouvement de brassage des eaux de l'arrière. Lorsque la vitesse du bateau est supérieure à 12 à 14 nœuds, la traction du BT est suffisante pour empêcher la formation de mou sur le câble ; par contre, aux vitesses réduites, du lâche peut se produire, lorsque le bateau roule, entre la poulie de l'extrémité du bossoir et le tambour. Dans ces conditions, on peut assister à la formation de coques sur le câble et l'enroulement s'en trouve perturbé. Pour y remédier, l'opérateur doit tendre le câble avec la main libre en utilisant une barre métallique.

*Arrêt à la profondeur désirée.* — Lorsque la longueur désirée du câble a été déroulée (compte-tours), pousser le levier vers l'extérieur en position de freinage. Freiner progressi-

vement. Une secousse brusque peut couper le câble ou l'une des épissures. Le BT remonte alors en surface loin derrière le bateau. Vérifier que le câble s'enroule bien perpendiculairement au bossoir, sinon ajuster celui-ci.

*Remontée du BT.* — Déplacer sans brutalité de la position frein à la position embrayage le levier du treuil. Utiliser la barre de fer pour assurer un bobinage régulier du câble. Lorsqu'il ne reste plus qu'une trentaine de mètres à récupérer, le BT devient visible à la surface. Il peut alors, sous l'effet de la traction, jaillir hors de l'eau pour retomber et ensuite rebondir. C'est le moment critique de l'opération. L'opérateur doit se pencher pour freiner lorsque le mouvement tend à éloigner l'appareil, la récupération du câble n'ayant lieu que lorsque le BT rebondit en se rapprochant du bossoir. Le déplacement du levier doit se faire dans ce cas sans déroulement de câble au moment du passage devant le point mort. Si le câble est enroulé lorsque l'appareil jaillit en s'écartant, celui-ci accomplira invariablement un cercle complet, entortillant le fil d'acier sur le bossoir. Si le danger se précise, passer au point mort, laisser descendre légèrement le BT dans l'eau et recommencer la récupération. Avec un peu d'entraînement, l'instrument peut être amené à moins d'un mètre de la poulie. Il faut alors freiner rapidement et arrêter le moteur du treuil. Tous les inconvénients décrits ci-dessus disparaissent si l'on opère à une vitesse réduite, 3 nœuds par exemple, la remontée ayant lieu dans ce cas sans incidents.

*Récupération de la plaque.* — Le BT étant replacé sur le pont, la plaque de verre est extraite de son logement en la tenant de champ par ses côtés, en prenant soin de ne pas rayer la surface fumée. L'appareil est alors rangé dans un endroit le plus frais possible.

*Traitement de la plaque.* — S'assurer tout d'abord que la trace du stylet est nette. (Quelquefois le noir de fumé est entièrement lavé par l'eau de mer. En 1952 sur 100.000 plaques livrées à la Scripps Institution par la Marine de guerre, 20.000 seulement se sont révélées utilisables.) Cette vérification étant accomplie, rincer la plaque à l'eau douce et la placer sur une pince de séchage livrée avec l'appareil, puis porter au crayon les indications suivantes :

- N° de la prise de BT :
- Heure (G.M.T.) :
- Date :
- N° de l'appareil : ceci est indispensable car la lecture de la plaque ne peut se faire que si l'on possède la grille correspondante à l'appareil, tous les deux étant affectés du même numéro.

Après séchage la plaque est trempée au moyen de la pince, dans une laque spéciale qui fixe le noir de fumée et par conséquent la courbe.

L'opération ne doit être faite qu'une fois ; ne pas tremper par erreur une plaque déjà recouverte de son vernis sec, celle-ci prendrait une teinte blanchâtre rendant la courbe illisible. Laisser alors la plaque sur sa pince près d'une lampe par exemple.

*Autres opérations accomplies à l'occasion d'une prise de BT :*

Une série d'observations s'effectue parallèlement à la prise d'un BT et les indications recueillies sont portées dans une feuille d'entrée spéciale (feuille ci-contre : Bathythermograph observations). Celle-ci comporte :

- |                          |   |                                    |
|--------------------------|---|------------------------------------|
| 1° N° de la prise de BT. | } | 4. Position (Latitude. Longitude). |
| 2. Temps : (G.M.T.).     |   | 5. N° du BT.                       |
| 3. Date.                 |   | 6. Sonde au lieu de la prise.      |

7. Vitesse.
8. Mesure de la température de surface de l'eau mesurée au thermomètre.
9. Direction et force du vent.
10. Température de l'air : Psychrométrie (Dry bulb : Thermomètre sec; Wet bulb : Réservoir recouvert d'un manchon humidifié).
11. Baromètre.
12. Conditions du temps. Aspect des nuages. Visibilité. Etat de la mer (en se référant à des tableaux où chaque caractère est affecté d'un chiffre) (1).
13. Longueur de câble mouillé lors de la prise de BT.
14. Numéro de l'échantillon d'eau de surface (salinité).
15. Initiales de l'observateur.

*Lectures des plaques* (fig. 12). — Disposant d'un lot de courbes prises lors d'une série d'observations, de la grille correspondant à l'appareil utilisé, et de la feuille d'entrée des

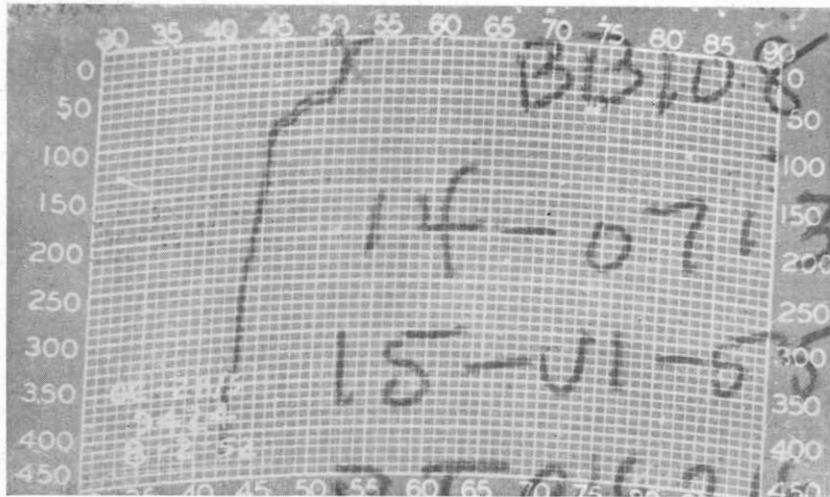


FIG. 12.

températures de surface mesurées au thermomètre (on peut, bien que la précision soit moins grande, utiliser les indications du thermomètre enregistreur) il est possible de procéder à la lecture des plaques.

A cette fin, on dispose d'une sorte de loupe, ou plutôt de lunette livrée avec l'appareil (Viewer) ou mieux d'un projecteur de diapositifs « 24 mm  $\times$  36 mm » adapté à cet usage.

On introduit par une fente la grille et la plaque dans la visionneuse et on amène en correspondance par superposition le début de la trace du stylet avec le point de la grille correspondant à la température de surface (obtenues au thermomètre) (l'échelle des températures sur la grille est horizontale).

La courbe ayant son origine fixée, il ne reste plus qu'à lire la température correspondante à chaque profondeur.

(1) *Hydrographic Office observers manual H. O. Pub. N° 606.6 (1951). Bathythermograph observations. Washington D.C. Published by the Navy hydrographic office under the authority of the secretary of the Navy.*



Porter alors les nombres obtenus dans un livre spécial servant à la constitution des coupes hydrologiques, ex. :

N° du BT	26,5	26,6	26,7
T° de surface	26,1	26,1	25,7

30°	
29	
28	
27	
26	81 m
25	85
24	88
23	89
22	91
20	94
19	98
18	107
17	111
16	116
15	124
14	130
13	140
12	153
11	171

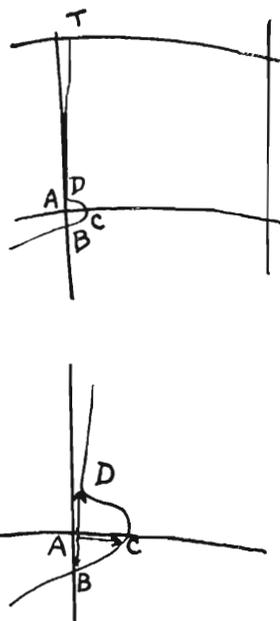


FIG. 13.

Température la plus basse	11°9
Profondeur att. la plus basse	176 m
Couche isothermique . . . .	80 m
Gradient positif . . . . .	+
Amplitude du gradient ..	0°3, 78 m-80 m.

*Gradient positif.* — Il traduit la présence d'une couche d'eau profonde de température supérieure à celle de l'eau de surface, la courbe présente une avancée en ce point (gradient). L'amplitude de ce gradient est définie d'après les valeurs CA (degrés de température) et DB (mètres). La présence d'un gradient est à reporter dans le cahier d'entrée (fig. 13).

### B. — STATIONS HYDROLOGIQUES

Avant chaque mise à l'eau des bouteilles à renversement, une prise de température est enregistrée au bathythermographe. L'étude de la courbe inscrite sur la plaque permet alors de déterminer à quelle profondeur il est intéressant de placer les différentes bouteilles sur le câble du treuil hydrologique. (Des eaux de température différente présentant des variations de composition chimique correspondantes). Ces positions étant établies, une feuille d'indication est remise à l'opérateur du treuil. Au cours des stations, sur l'« Horizon » 18 à 19 bouteilles de Nansen sont utilisées en chapelet. Sur les six premières sont fixés des thermomètres protégés, toutes les suivantes, les plus inférieures, ayant à la fois thermomètres protégés et non protégés. L'ensemble des bouteilles mis à l'eau, dix minutes s'écoulent avant l'envoi du premier messenger qui doit provoquer le renversement

général par l'intermédiaire des messagers relais. Puis la remontée a lieu et l'opérateur du treuil note à chaque arrêt l'indication fournie par la poulie compteuse.

**Détermination de la profondeur réelle où sont situées les bouteilles les plus superficielles munies seulement de thermomètres protégés.** — Soit DN (down) l'indication

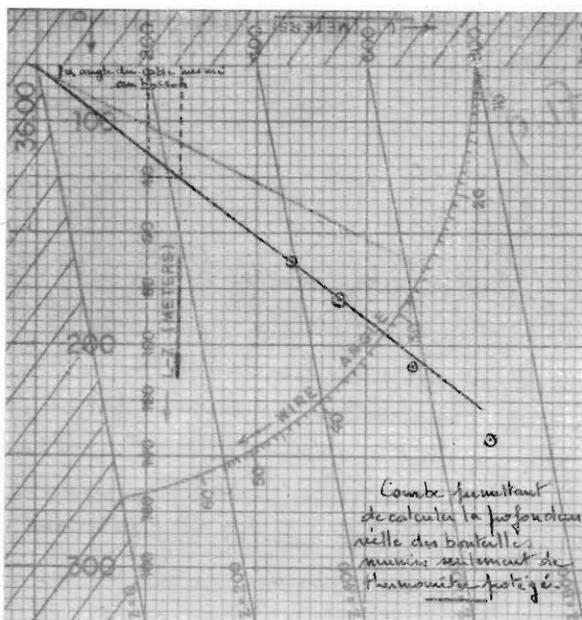


FIG. 14.

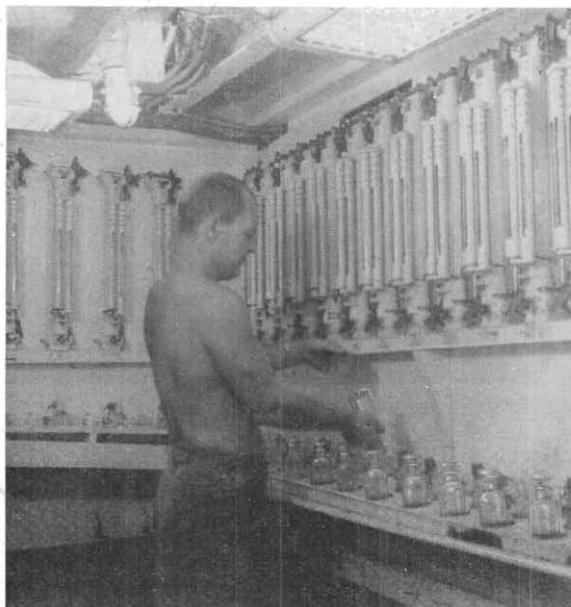


FIG. 15. — Prélèvements des échantillons à partir des bouteilles de Nansen. Disposition des râteliers.

de la poulie compteuse au moment de la fixation d'une bouteille qui devra descendre à 200 m, profondeur choisie d'après les indications fournies par la plaque du bathythermographe et indiquées à l'opérateur du treuil.

$$DN = 2.000 \text{ m}$$

Soit UP l'indication du compteur à la remontée lors du décrochage de la même bouteille.

$$UP = 2.005 \text{ m}$$

UP est différent de DN par suite du glissement du câble sur la poulie compteuse.

La différence :

$UP - DN = 2.005 - 2.000 = 5 \text{ m}$  ajoutée à la profondeur recherchée (200 m.) donne L longueur réelle de câble filé.

$$L = 200 + 5 = 205 \text{ m}$$

Soit Z les profondeurs réelles où sont descendues les bouteilles munies de thermomètres à renversement non protégés. Les profondeurs sont calculées d'après les indications fournies par la comparaison des deux lectures des thermomètres (voir plus loin).

On construit alors la courbe des différences de profondeurs en fonction de la longueur de câble filé ( $L - Z$ ) (L). On obtient une ligne droite qui permet de connaître, par extrapolation, la valeur de  $L - Z$  en fonction de L pour les bouteilles de surface équipées seulement de thermomètres protégés (fig. 14).

**Corrections thermométriques. Calcul de la profondeur réelle (Z) où étaient situées les bouteilles munies de thermomètre non protégé.**

**1. Thermomètres protégés :** chaque bouteille est munie de deux thermomètres à renversement (gauche

et droite) et de deux thermomètres indiquant la température au moment de la lecture (fig. 15) prise 30 minutes après la remontée de la dernière bouteille, elle était accomplie successivement par deux personnes différentes, d'où 8 indications par bouteille sur la feuille de report.

a) *Correction A*. Chaque thermomètre possède une fiche spéciale sur laquelle sont indiqués : le numéro du thermomètre, le numéro de la bouteille à laquelle il est attribué, la valeur  $V_0$  en caractères rouges : volume exprimé en degrés centigrades de température de tout le mercure du réservoir, lorsque celui-ci est totalement dans le tube capillaire (opération effectuée lors de la réalisation du thermomètre).

A ces indications est jointe une échelle de température avec la correction correspondante à effectuer, indiquée avec le signe  $+$  ou  $-$ , suivant le sens où elle doit être accomplie :

ex.

28.0	}	— 0,2
22.4	}	
20.8	}	— 0,01
	}	0

Nous appellerons pour la clarté de l'exposé cette correction A.

b) *Correction B*

soit  $t$  = la température à laquelle a lieu la lecture.

$T$  = la température du thermomètre à renversement, protégé.

Une règle à calcul conçue à cette fin est utilisée (15 MIII Culbertson oceanographic slide rule ; fabriquée par Kahl Scientific Instrument corp. P. O. Box 1166, El Cajon San Diego, Californie). Une plaque circulaire porte en son centre un axe permettant la rotation de deux bras de forme différente.

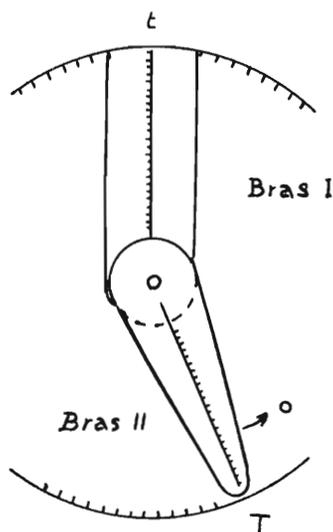


FIG. 16.

Porter l'extrémité de l'axe du bras I en face de la graduation circulaire de la plaque au point correspondant à la température à laquelle a été effectuée la lecture ( $t$ ) (fig. 16).

Porter l'extrémité de l'axe du bras II en face de la graduation circulaire de la plaque au point correspondant à la température du thermomètre à renversement ( $T$ ). Reporter alors cet axe sur le point O de la graduation circulaire (les 2 bras se déplaçant alors en conservant le même angle).

Effectuer la somme  $V_0 + T$ , et reporter le nombre obtenu sur l'échelle de l'axe du bras I. Il se place en coïncidence avec une spirale de la plaque, la valeur marquée sur cette spirale correspond à la correction cherchée (B).

Soit C la correction totale  $\Sigma$  Cor. A + Cor. B.

La vraie température  $T_w$  est égale à  $T + C$  (en valeur algébrique).

ex. : $t = 26,8$	$\text{Cor. A} = - 0,02$
$T = 8,15$	$\text{Cor. B} = - 0,36$
$T_w = 7,77$	$C = - 0,38$

ORIGINAL AND PROCESSED OCEANOGRAPHIC DATA

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

SCRIPPS INSTITUTION OF OCEANOGRAPHY

METER WHEEL	SALINITY	N. BOT.	ACCEPTED DEPTH	PROTECTED	THERM.	READINGS	CORRECTION	TEMPERATURE				
UP		NO.	L	LEFT	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$					
DN			L-Z		$\frac{1}{2}$	$T_1$	C					
DIF	S		Z	MID.	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$	$T_w$				
UP		NO.	L	LEFT	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$					
DN			L-Z		$\frac{1}{2}$	$T_1$	C					
DIF	S		Z	MID.	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$	$T_w$				
UP		NO.	L	LEFT	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$					
DN			L-Z		$\frac{1}{2}$	$T_1$	C					
DIF	S		Z	MID.	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$	$T_w$				
UP		NO.	L	LEFT	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$					
DN			L-Z		$\frac{1}{2}$	$T_1$	C					
DIF	S		Z	MID.	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$	$T_w$				
UP		NO.	L	LEFT	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$					
DN			L-Z		$\frac{1}{2}$	$T_1$	C					
DIF	S		Z	MID.	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$	$T_w$				
UP		NO.	L	LEFT	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$					
DN			L-Z		$\frac{1}{2}$	$T_1$	C					
DIF	S		Z	MID.	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$	$T_w$				
UP		NO.	L	LEFT	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$					
DN			L-Z		$\frac{1}{2}$	$T_1$	C					
DIF	S		Z	MID.	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$	$T_w$				
UP		NO.	L	LEFT	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$					
DN			L-Z		$\frac{1}{2}$	$T_1$	C					
DIF	S		Z	MID.	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$	$T_w$				
UP		NO.	L	LEFT	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$					
DN			L-Z		$\frac{1}{2}$	$T_1$	C					
DIF	S		Z	MID.	$\frac{1}{2}$	$T_1$	$T_w$	$T_w$				

CASST	CRUISE	STATION
WIRE ANGLE	DATE	
START DOWN	ACCEPTED POSITION	
ARRIVE DOWN	VESSEL	ROLL
MESSENGER	WIND	CLOUDS
START UP	WIND WAVES	SWELL
IN	WEATHER	WET BULB
OBSERVER NO. 1	DEPTH	SECCHI DISK
OBSERVER NO. 2	FATH.	M
ASSISTANT	CHLORINITY BOX NO.	THERMOMETER ARRANGEMENT NO.

THERMOMETRIC DEPTH COMPUTATIONS

REMARKS

FOR EXPLANATION OF SYMBOLS AND USE OF FORM, SEE SCRIPPS INSTITUTION OF OCEANOGRAPHY TECHNICAL REPORT, MODIFIED FORMS AND PROCEDURES FOR PROCESSING PHYSICAL OCEANOGRAPHIC DATA BY R.O. REID AND H.T. KLEIN SIO-PHY-III FORM 2.5 (MODIFIED 2 AND 3) LA JOLLA, AUGUST 1950

## 2. Thermomètre non protégé. Calcul de Z.

Soit  $t_u$ , la température à laquelle est effectuée la lecture.

Soit  $T_w$  la température corrigée du thermomètre protégé, calculée précédemment.

Soit  $T_u$  la température indiquée par le thermomètre non protégé.

La même « Culbertson oceanographic slide rule » est employée mais de la façon suivante :

Porter l'extrémité de l'axe du bras I en coïncidence avec le point de la graduation circulaire de la plaque correspondant à la température à laquelle est effectuée la lecture ( $t_u$ ).

Porter l'extrémité de l'axe du bras II en coïncidence avec le point de la graduation circulaire de la plaque correspondant à la température du thermomètre protégé ( $T_w$ ). Puis comme précédemment faire pivoter l'ensemble de façon que l'axe du bras II soit en face du point O de la graduation circulaire.

On effectue alors la somme  $V_o + T_w$ , que l'on reporte sur l'échelle tracée sur l'axe du bras I, on lit la valeur au point de coïncidence de la spirale. Puis on décale le bras I vers la gauche (par rapport au point O) de cette valeur (différence avec l'opération précédente effectuée pour le thermomètre protégé). On lit alors la correction B au niveau  $V_o + T_w$  de l'axe du bras I.

On additionne cette correction B à la correction A obtenue comme précédemment à partir de la carte accompagnant le thermomètre. On obtient :

$$C_u = \Sigma \text{ Cor. A} + \text{Cor. B}$$

on effectue alors

$$T_{w_{1u}} = T_u - C_u$$

puis  $T_{w_{1u}} - T_w$

La carte propre au thermomètre non protégé renferme un facteur spécial qui multiplié par  $T_{w_{1u}} - T_w$  donne Z d'où ensuite L-Z.

Pour chaque station, toutes ces valeurs sont portées sur une feuille d'entrée intitulée « Original and processed oceanographic data ». En face de chaque bouteille un emplacement est réservé à l'inscription du résultat de l'analyse de la salinité. De plus la feuille porte dans le coin supérieur droit des indications générales sur la station : numéro, angle du câble, début et fin des prises hydrologiques, date, position, observations météorologiques, etc...

## C. — COURANTOMÈTRE A ÉLECTRODES (G.E.K.)

### *Description générale de la méthode.*

*Théorie générale.* — Le courantomètre à électrodes (géomagnéticélectrokinétographe) est un appareil destiné à faciliter l'étude de la cinématique de l'océan. Son utilisation, facile à bord, permet la mesure et l'enregistrement électromagnétique par rapport au champ magnétique terrestre, de la composante normale à la direction du navire des courants de surface ou voisins de la surface. La composition des mesures électromagnétiques effectuées lors de deux routes perpendiculaires permet la détermination du gradient horizontal de potentiel et du vecteur vitesse-horizontale. La distance minimum pratique parcourue au cours de chaque cap est d'environ 500 m. Elle est rendue nécessaire par la constitution de l'appareil lui-même et la turbulence des eaux qui implique la nécessité d'effectuer une appréciation au cours de l'enregistrement. Si celui-ci révèle des irrégularités dans le mouvement des composantes du courant perpendiculaires à la course du bateau, la distance parcourue entre chaque

changement de course doit être accrue. Pratiquement, les changements sont effectués systématiquement après la tenue d'un cap pendant un temps constant.

Cette méthode de mesure est purement cinématique, elle étudie les mouvements de surface en eux-mêmes indépendamment des forces et des causes dont ils sont la conséquence. Pratiquée couramment à bord des navires de la « Scripps Institution of oceanography » est celle d'un emploi commode, parfaitement adapté aux exigences du travail en mer. Sa précision est accrue dans les zones de profondeur où les différentes erreurs combinées n'atteignent pas, d'après les auteurs, plus de 10 pour cent.

*Méthode.* — Le Gek comprend essentiellement : deux électrodes, séparées d'une dizaine de mètres, disposées sur un câble, constitué par deux éléments conducteurs, les reliant au navire et suffisamment long pour les soustraire aux remous dus à l'hélice ; à bord un potentiomètre enregistreur. Le cap étant donné par le compas, cet équipement permet de mesurer la différence de potentiel entre les électrodes. Celle-ci, provoquée par le mouvement de l'eau perpendiculaire à la direction de la course tenue, est en relation avec la dérive et la position du navire et des électrodes. Elle change de signe lorsque le courant tend à déplacer le bateau à babord ou à tribord. Son intensité est fonction du degré de dérive normale à la course, de la longueur de câble comprise entre les électrodes, de la valeur locale de la composante verticale du champ magnétique terrestre, et dans une certaine mesure de la distribution verticale des déplacements de l'eau au voisinage.

*Instruments et équipement.* — Le signal du GEK est collecté par un câble à deux éléments, d'environ 35 m, isolé par une gaine de caoutchouc, et sur lequel sont montées

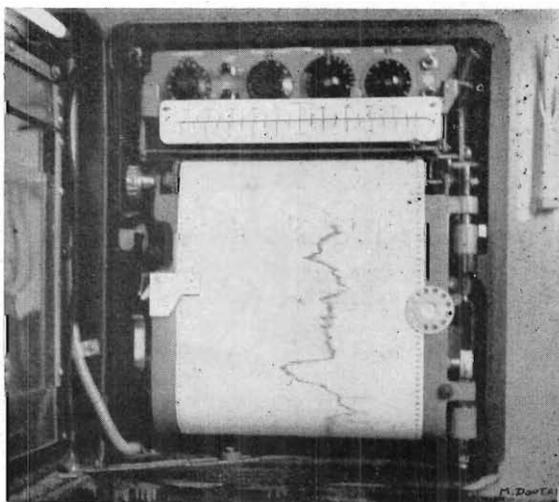


FIG. 17. — Potentiomètre enregistreur du G.E.K.

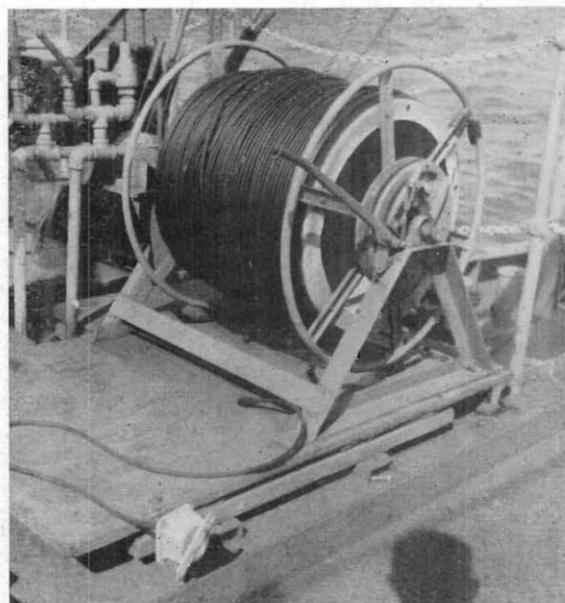


FIG. 18. — Treuil du G.E.K. (Horizon)

deux électrodes au chlorure d'argent soigneusement préparées et abritées par un revêtement de galalite (plus récemment de caoutchouc vulcanisé), perforé de petits trous destinés à assurer le contact électrique avec l'eau. Elles ne doivent heurter la coque en aucun cas, car l'atteinte de la couche de chlorure d'argent entraînerait leur destruction. La dernière des électrodes est amarrée à l'extrémité distale du câble, elle est prolongée parfois par

une corde de nylon destinée à lui assurer un mouvement de traîne constant. La seconde se situe à environ 100 mètres.

Le câble peut passer sur une poulie placée sur le pont arrière et être ainsi remorqué dans le sillage ou bien être relié à un bossoir latéral et traîné loin du bord. Le « Crest » et « l'Horizon » sont équipés d'un treuil permettant l'enroulement et le déroulement du conducteur, dans ce cas la première méthode de traîne à l'arrière est d'un emploi plus aisé. Sur des bateaux dont la vitesse ne dépasse pas 8 nœuds, des flotteurs ont été placés le long du conducteur ; cette méthode, évitant la récupération à l'arrêt ne s'est révélée commode que pour des vitesses réduites. Dans le cas d'utilisation d'un treuil, il existe sur le tambour une prise électrique où aboutit l'extrémité proximale du câble. Cette prise est en liaison avec le potentiomètre par un conducteur électrique qui doit être débranché du treuil lorsque le tambour est en mouvement. L'absence de treuil permet le rattachement direct du câble à l'appareil enregistreur.

*Appareil enregistreur.* — Le signal du GEK s'inscrit sur la bande de papier d'un potentiomètre enregistreur fabriqué par différentes firmes industrielles. Actuellement les appareils utilisés par la Scripps Institution sont les « Leeds and Northrup Speedomax », cependant d'autres modèles sont employés. Dans tous les cas, l'installation doit être effectuée dans le laboratoire en un lieu alimenté facilement en courants alternatif et continu, pourvu de moyens de communication rapides, avec la passerelle. Un répéteur de gyrocompas voisin de l'appareil est également d'un intérêt considérable. L'appareil est alimenté en courant alternatif (fréquence 60, 110 volts) par une prise à deux éléments mâles. De plus il existe une autre prise, de courant continu à 3 éléments, reliée à une résistance chauffante destinée à lutter contre l'humidité intérieure. Ce circuit doit être en fonctionnement constant même lorsque l'appareil est au repos (fig. 17).

### **Opération.**

*Déroulement et enroulement du câble.* — Le mouillage du câble a lieu navire en marche. En cas d'utilisation d'un treuil, le déroulement doit s'effectuer librement et incomplètement, 5 ou 6 tours étant conservés sur le tambour. Lorsque la mise à l'eau est faite à la main, il est nécessaire d'assurer plusieurs tours du conducteur autour d'une bitte ou d'un taquet afin de diminuer la tension sur les fils conducteurs. Pour la même raison la vitesse du navire doit être réduite à un maximum de 4 nœuds pendant la récupération. Il est recommandé d'éviter le mouillage d'un bathythermographe au cours d'une opération de mesure de courant, le câble métallique de celui-ci risquant d'endommager la gaine isolante ou l'élément conducteur lui-même (fig. 18).

La mise à l'eau achevée, l'extrémité proximale du câble est mise en communication avec l'appareil enregistreur. Si l'installation comporte un treuil, cette opération peut s'accomplir par la pose d'une prise mâle polarisée sur l'élément conducteur, intermédiaire entre treuil et potentiomètre, et le branchement de cette prise sur l'élément femelle du tambour où s'insère l'extrémité du câble du GEK. Le débranchement doit être accompli, dans tous les cas, lors de la mise en mouvement du treuil. En cas de liaison directe, câble des électrodes-potentiomètre, il est prudent de vérifier si les éléments femelles, noir et blanc, du câble (électrodes distale et proximale) ont été branchés sur les plots correspondants de l'appareil.

Pour que les électrodes s'imprègnent totalement, le mouillage doit avoir lieu une demi-heure avant la première mesure. L'imprégnation achevée, la réponse des électrodes est immédiate, même après un séjour de plusieurs heures sur le pont.

### **Réglage du potentiomètre en vue de son utilisation.**

Les types d'appareils utilisés présentent certaines différences dans la position relative des boutons et interrupteurs, bien que leur fonction demeure la même. Il nous est difficile dans un tel rapport de fournir une description de mise en marche valable pour tous. Toutefois certaines manipulations se retrouvent dans tous les cas.

1. *Allumage* : (main power). Un voyant rouge indique si l'amplificateur fonctionne, sauf au cas d'une inutilisation prolongée de plusieurs jours, il est recommandé de maintenir ce circuit.

2. *Mise en marche du moteur assurant le déroulement de la bande enregistreuse* : ceci déclenche le mouvement d'une plaque circulaire qui guide la bande de papier et assure son contact avec le stylet.

3. *Réglage de la latitude magnétique* : en un point l'intensité du courant électrique induit par une vitesse donnée de courant marin dépend de l'intensité de la composante verticale du champ magnétique terrestre. Elle est maximum aux pôles magnétiques (0.7 Oerstead) pour décroître et s'annuler à l'équateur magnétique. Ainsi le même courant océanique produira un signal plus intense dans les latitudes élevées qu'au voisinage de l'Équateur. Au niveau de ce dernier, il sera nul. **Cet effet est compensé sur le GEK** par une mise au point de la sensibilité de l'appareil. Une latitude basse nécessitant une grande sensibilité, une latitude élevée une sensibilité réduite. Ce réglage offre sept graduations, chacune d'elle correspondant à une variation du champ magnétique vertical de 0.1 Oerstead. En pratique on utilise une carte spéciale (valeur de la composante verticale du champ magnétique terrestre HO. Chart 1702) sur laquelle on fixe la position du bateau. Les lignes de la carte, correspondant à un changement de 0.1 Oerstead sont imprimées en traits épais bleus. L'exactitude de mesure d'une intensité de courant marin sera maximum au moment du franchissement d'une de ces lignes, par contre toute observation effectuée au Nord ou au Sud doit subir une correction.

### **Opérations à effectuer au moment d'une mesure.**

1. L'allumage et la mise en marche du moteur de déroulement de la bande enregistreuse étant effectués, il est alors nécessaire d'assurer le réglage initial de l'instrument. A cet effet, il suffit de tourner un bouton situé à gauche de la bande dans le sens des aiguilles d'une montre pendant une fraction de seconde et de répéter cette opération jusqu'au moment où le stylet cesse de répondre.

2. Mise en position « on » de l'interrupteur marqué Electrodes. Le stylet se met à osciller, ce mouvement est dû à l'action des vagues. On diminue l'intensité de ces oscillations par action sur un bouton marqué « wave suppression » ou « filter resistance ». L'amplitude ne doit pas dépasser 10 cm/sec de l'échelle de la bande enregistreuse. Ce réglage doit être répété aussitôt que l'état de la mer varie.

3. Si l'on constate que le point zéro des électrodes, déterminé par la moyenne des lectures effectuées lors de deux courses opposées du bateau est éloigné d'une distance supérieure à 75 ou 100 cm/s de la ligne médiane de la bande de papier (ligne zéro de celle-ci), il faut alors mettre l'interrupteur marqué « Electrode » à la position « off » et régler le cadran « pen position » de façon que le stylet vienne occuper une position symétrique à celle occupée précédemment, par rapport à la ligne médiane de l'échelle.

### Arrêt de l'appareil.

*Arrêt temporaire* : il suffit de stopper le moteur de la bande enregistreuse et de mettre à la position « off » le bouton marqué « électrodes ».

*Arrêt prolongé* : même processus et suppression de l'allumage (main power). La résistance, chauffante alimentée en courant continu doit être maintenue quel que soit le temps d'inutilisation. En cas d'arrêt très prolongé, le réservoir d'encre du styilet doit être vidé et rincé à l'eau chaude.

### Etablissement d'une mesure (Fix).

a) *Description générale* : le signal électrique mesuré correspond à la différence de potentiel établie entre les électrodes au moment où le navire observe une route donnée. Puisque les directions du courant électrique induit et du courant de surface sont perpendiculaires entre elles, le seul mouvement d'eau mesurée est la composante normale, à babord ou à tribord, à la course du bateau. Afin de déterminer l'intensité totale du courant marin, la direction du navire doit être changée pour permettre une nouvelle mesure. L'intensité totale est alors calculée par addition vectorielle des deux signaux électriques obtenus. Les changements de route sont appelés « fixes »; la détermination de l'intensité totale du courant en un point donné (nommée également fix), s'effectue donc par l'enregistrement continu des valeurs de la composante du courant de surface normale à la route tenue par le bateau entre les différents changements de cap (fixes).

Au cours d'une mesure, il est nécessaire de déterminer la position toujours changeante du point zéro. Ceci s'accomplit en renversant la course du navire de 180°. Par cette manœuvre on obtient deux enregistrements du signal, symétriques par rapport au zéro réel. Le point 0 est donc nécessairement situé à l'emplacement donné par la moyenne des enregistrements de ces deux routes appelées « fixed courses ».

Quel que soit le type d'évolution choisi, deux conditions doivent être remplies : un changement de cap (de préférence 90°) fournissant une bonne base pour déterminer la direction du courant et un renversement de route de 180° permettant de localiser le point zéro. Evidemment, le réglage du point 0 (décrit plus haut) ne doit pas être modifié au cours d'une mesure, puisque ce dernier a partiellement pour but la détermination de sa position. Si l'on constate qu'au cours d'une des « fix courses » l'enregistrement s'inscrit en dehors des limites de l'échelle, le point 0 doit être ramené au centre de la bande et la totalité de la mesure est à reprendre.

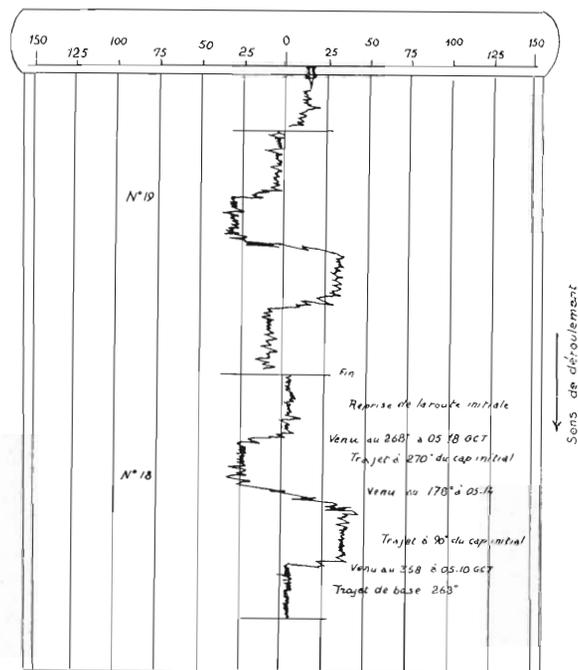


FIG. 19. - Inscription du signal obtenu pendant deux mesures.

b) *Modèle de route à suivre.* — Au cours d'une mesure, le modèle d'évolution observé par les navires de la « Scripps Institution » est désigné par l'appellation « A2 sailing plan ». Il consiste à :

1. Virer à droite de  $90^\circ$  par rapport à la direction de base (base course) et maintenir ce cap pendant 4 minutes après lecture de la nouvelle direction (première fixed course).
2. Virer à gauche de  $180^\circ$  et observer ce nouveau cap pendant 4 minutes (second fixed course).
3. Virer à droite de  $90^\circ$ , reprise de la direction de base (base course).

L'ensemble de la manœuvre est accompli en 10 minutes et réduit la progression du bateau d'environ 17 %. Il est nécessaire d'organiser les prises de température du bathythermographe de telle façon que cet appareil soit à bord pendant les changements de cap.

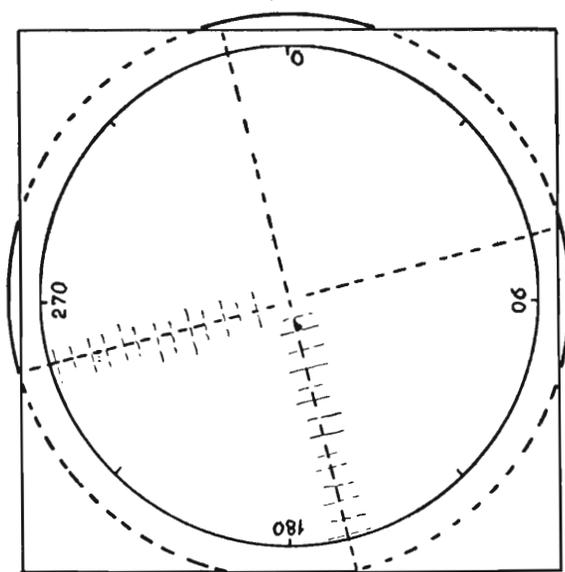


FIG. 20.

route, les indications suivantes doivent être portées à gauche ou à droite de l'inscription tracée par le stylet (fig. 19). Ces entrées se font au moment où la manœuvre se produit après annonce de l'homme de barre. Exemple :

1. Numéro de la mesure : N° 18.
2. Date.
3. Position (si connue).
4. Direction de base (Initial base course) :  $268^\circ$ .
5. Changement de cap en vue d'atteindre le premier trajet et heure GMT à laquelle se produit ce changement : c/c  $358^\circ-05.10$  GMT.
6. Moment où cette route est atteinte SO (steady on).
7. Changement de cap en vue d'atteindre le second trajet et heure GMT à laquelle se produit ce changement : c/c  $178^\circ-05.14$  GMT.
8. Moment où cette route est atteinte (SO).

c) *Lecture de la courbe.* — Le centre de la partie la plus dense de la courbe doit être enregistré, choisi et marqué au crayon par une ligne verticale. La zone où l'enregistrement est le plus épais n'est pas nécessairement la partie médiane de l'inscription, puisque le signal dû aux vagues peut s'étendre plus d'un côté que de l'autre. La valeur peut être lue au cm/sec. près. La partie du signal reçue durant les 2 ou 3 premières minutes après un long changement de route ne doit pas être prise en considération, le câble et ses électrodes nécessitant un temps assez long pour se mettre dans le prolongement du navire.

d) *Indications à porter sur la bande enregistreuse.* — En plus du trait vertical marquant la vitesse moyenne du courant au cours de la

9. Changement de cap en vue de reprendre (c/c 268°-05.18 GMT) la direction de base (Resume base course).

10. Moment où cette route est atteinte (SO).

11. Fin du « fix ».

En dehors de ces données, un changement du point 0, la valeur de la composante verticale du champ magnétique terrestre, un réglage du signal dû à l'action des vagues, etc., peuvent être mentionnés sur la bande de papier enregistreuse.

### *Livre d'entrée des indications fournies par le GEK.*

Le livre d'entrée des données fournies par le GEK est d'un emploi commode ; il suffit d'inscrire dans chaque colonne l'indication correspondante (graphique ci-contre) :

1. La manœuvre effectuée par le bateau au cours d'une mesure est du type « Sailing plan A2 ».

2. Les différents caps sont portés dans les colonnes 3, 5, 7 et 9 ; ces directions sont fournies par la passerelle et exprimées en degrés « vrais » géographiques (°T).

3. Les vitesses de courant (col. 4, 6, 8 et 10) sont obtenues à partir de la bande enregistreuse et lecture de l'inscription. Elles sont évaluées en cm/sec.

4. Le point 0 et la valeur moyenne des courses de base et des trajets perpendiculaires (11, 12, 13, 14, 15) sont facilement obtenus par application des formules inscrites au sommet de la feuille dans la rubrique A2. Le calcul des vitesses se fait en valeur algébrique :

5. Les indications à porter dans les colonnes 16 et 17 (Resultant signal vector) correspondent à la vitesse et à la direction d'un courant représenté par un vecteur résultant de la somme géométrique des vecteurs « average base course » et « average fix course ». Celle-ci est effectuée à l'aide d'une planche spéciale (manœuvring board) ; c'est un instrument en plastique constitué d'une plaquette carrée, pourvue en son centre d'un axe permettant la rotation d'un disque (fig. 20). A la périphérie du disque, la plaquette carrée porte une graduation de 0 à 360°. Sur le disque sont tracés deux diamètres perpendiculaires, divisés à partir du centre en 15 divisions égales, servant de base à un quadrillage. Au moment de l'utilisation, le disque est inférieur par rapport à la plaque. Le mode d'emploi est le suivant :

Mettre en superposition un diamètre avec la valeur en degré de la direction de la « course de base moyenne » (average base course, 12). Puis, en tenant compte de leur signe algébrique, porter sur chaque demi-diamètre correspondant la valeur des vitesses de l'« average base course » et de l'« average fix course ». (Cette opération se fait en réalité sur la plaquette, les diamètres étant vus par transparence sous cette dernière.) Composer sur la plaquette la résultante des vecteurs obtenus, en utilisant le quadrillage du disque situé en-dessous. La direction du vecteur résultant est lu en faisant pivoter le disque de façon à amener un diamètre en coïncidence avec le point trouvé. L'extrémité de ce rayon se place en face d'une des graduations en degrés du cercle de la plaquette, indiquant ainsi la direction cherchée (16). La vitesse (17) est égale à la distance du point trouvé au centre du cercle ; sa valeur en cm/sec. se lit directement, par transparence, sur le rayon du disque mis en coïncidence.

6. L'intensité de la composante verticale du champ magnétique terrestre est lue à partir de la carte HO 1702 (18). Elle est évaluée en dixièmes, c'est la valeur de la ligne épaisse bleue la plus voisine au nord de la position actuelle du bateau ; (19) est l'intensité locale exprimée en millièmes, elle est obtenue par interpolation entre les lignes épaisses bleues.





7. Les nombres à porter dans les colonnes 20-21-22 sont obtenus en suivant les indications du sommet de la feuille « Both sailing plans ». (21) et (22) représentent la direction et la vitesse recherchées du courant de surface.

8. Les colonnes 23 à 26 sont généralement laissées vides, étant réservées pour des corrections effectuées à terre. Celles-ci tendent à tenir compte de l'inclinaison du câble dans l'eau (droop factor). Lorsque ce dernier est remorqué en l'absence de flotteurs, l'électrode distale se déplace dans un plan horizontal inférieur à celui parcouru par l'électrode proximale. Cette différence de niveau est fonction de la vitesse du navire, qui fait que la paire d'électrodes se déplace obliquement par rapport au champ magnétique terrestre horizontal. L'effet de ce mouvement à travers les lignes de force est mesuré par le potentiomètre comme une fausse vitesse de valeur :

$$\left( \frac{uD}{S} \right) \quad \left( \frac{Hh}{Hv} \right) \quad \text{où } u \text{ représente la vitesse du navire en cm/s. ;}$$

D la distance des plans horizontaux où se déplacent les électrodes ;

S la distance séparant les électrodes sur le câble ;

Hh l'intensité magnétique horizontale ;

Hv l'intensité magnétique verticale.

22 cm est une bonne approximation du facteur  $\frac{uD}{S}$ . Cette valeur a été multipliée par le rapport  $\frac{Hh}{Hv}$  et les produits obtenus ont permis la constitution de la carte GEK II.

Lorsque l'on veut déterminer avec exactitude la valeur d'un courant en mer, on reporte la vitesse lue sur la carte GEK II dans la colonne (23) et la direction fournie par la carte H-00527 reproduite par la carte GEK III dans la colonne (24). On additionne ces vecteurs à ceux des colonnes (21) et (22) et la somme est portée dans les rubriques (25) et (26). Les caractéristiques exactes du courant de surface sont ainsi établies.

(Référence : « An electromagnetic method for measuring the velocities of Ocean currents from a ship underway » by Wm. S. von Arx. published by Massachusetts Institute of Technology and Woods Hole Oceanographic Institution. Cambridge et Woods Hole. Mars 1950.)

## DROGUES

Par « drogue » on désigne un système bouée-parachute destiné à étudier la vitesse et la direction des courants profonds. Le mot « drogue » se réfère plus particulièrement à la partie immergée, sur laquelle s'exerce l'action du courant. Toutefois, son emploi s'est étendu à l'ensemble de l'opération.

**Principe.** — La méthode consiste à immerger un parachute à la profondeur où l'on suppose l'existence d'un courant (un brusque changement de température, par exemple, révélé par le bathythermographe, entre deux niveaux d'eau, peut être la traduction de l'existence d'un courant profond). Ce parachute est relié, par une longueur appropriée de corde à piano, à une bouée munie à sa partie supérieure d'un écran réflecteur radar et d'une source lumineuse permettant de suivre son mouvement de jour comme de nuit. La force exer-

cée par le courant profond sur le parachute entraîne la bouée, dont on suit le déplacement par rapport à une bouée de référence fixe. Toutefois le problème est plus compliqué, car la bouée elle-même subit l'action du courant de surface et celui-ci présente généralement une

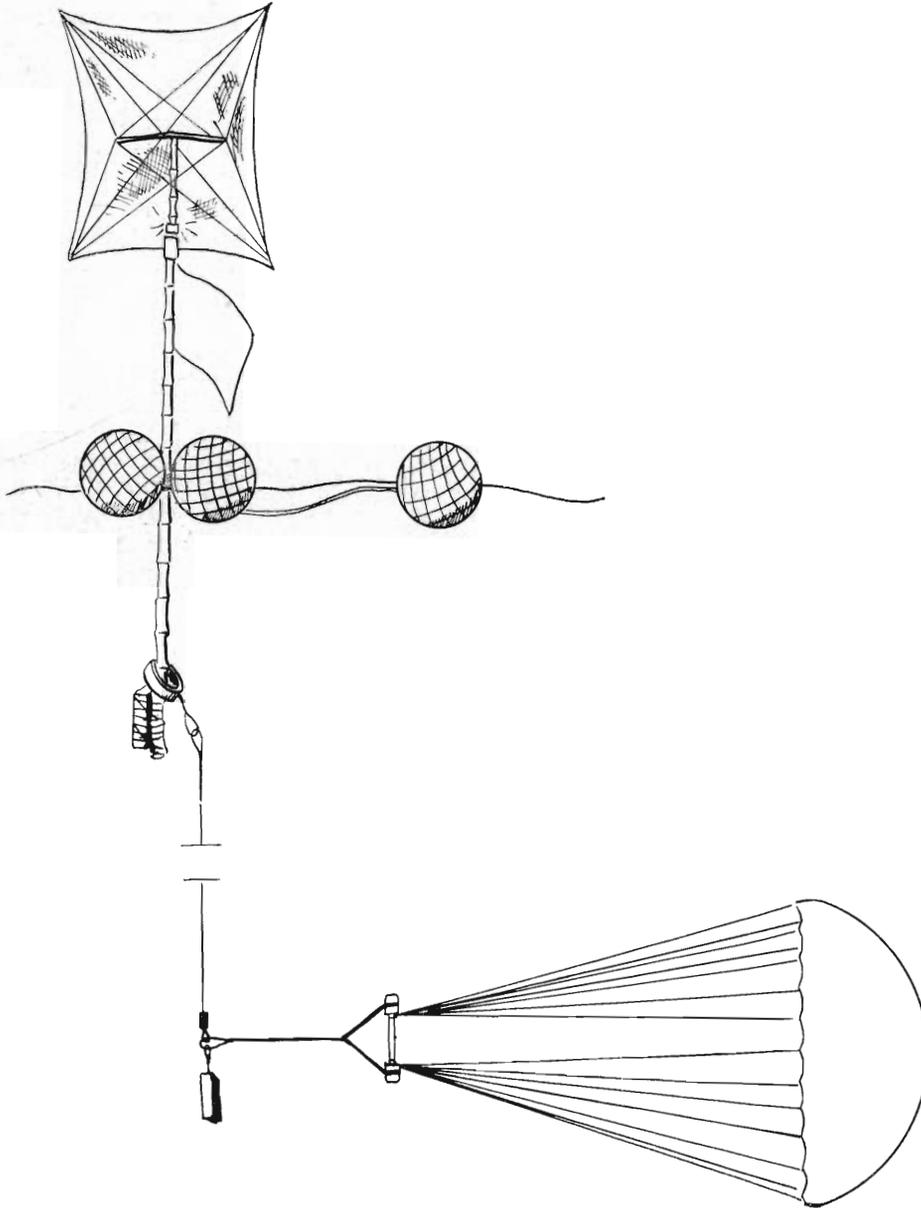


FIG. 21. — « Drogue » : dispositif bouée parachute destiné à l'étude des courants profonds.

intensité supérieure à celle du courant profond. On tend à réduire cette action en agissant sur le rapport des surfaces ; celle présentée par la bouée peut être considérée comme négligeable par rapport à la section offerte par le parachute :  $30 \text{ m}^2$ . Quant au fil d'acier, son diamètre est le plus faible possible :  $1 \text{ mm}$ .

MATÉRIEL EMPLOYÉ

a) « *Drogues* » mobiles. — La bouée comprend un axe de bambou d'environ 4 m de longueur pourvu à son extrémité supérieure d'un écran réflecteur radar (analogue à ceux dont sont pourvus les canots de sauvetage pneumatiques de l'U.S. Air Force), d'une source lumineuse fonctionnant sur pile électrique et d'un fanion de couleur voyante. (A chaque couleur correspond une profondeur donnée, c'est-à-dire une longueur appropriée de corde à piano). L'extrémité inférieure est lestée d'une gueuse et d'un anneau de fonte dont le poids approche 5 kg. Deux ou trois flotteurs de verre, de 30 cm de diamètre (flotteurs importés du Japon, où ils sont utilisés pour la pêche au thon à l'aide des palangres dérivantes) assurent le maintien en surface (fig. 21). La corde à piano est enroulée sur une bobine que l'on déroule librement à mesure que la bouée s'éloigne du navire; lorsque la longueur désirée est atteinte, on fixe à son extrémité le parachute par l'intermédiaire d'une corde, qui sup-

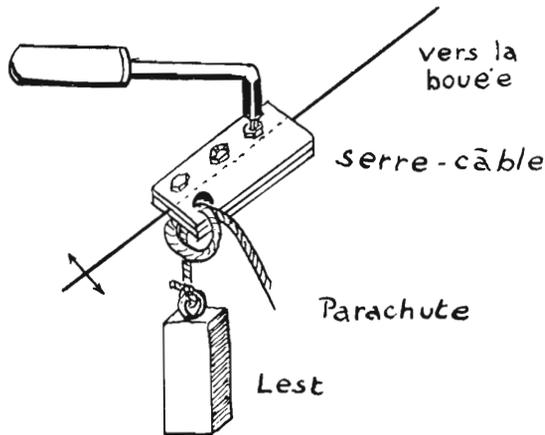


FIG. 22. — Dispositif d'amarrage entre la corde à piano et le parachute.

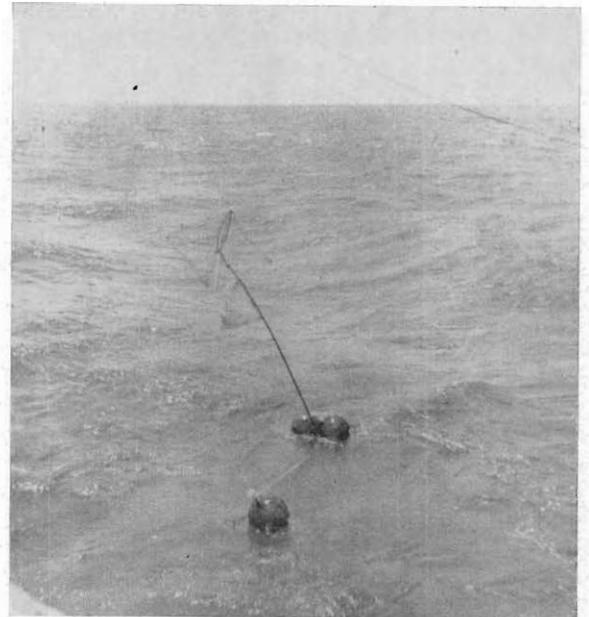


FIG. 23. — Bouée de « drogue ».

porte en même temps une gueuse de fonte, lest qui permet la descente du parachute. Le mode d'attache, corde du parachute-corde à piano, présente des difficultés car il doit être à la fois rapide et résistant (la bouée exerce une traction importante). On utilise à cette fin un serre-câble d'acier percé d'un trou où l'on passe au préalable la corde du parachute (avec son lest de fonte). Lorsque la longueur voulue de corde à piano est atteinte, le serre-câble est mis en position sur le fil d'acier et serré rapidement par l'intermédiaire de trois boulons creux d'un modèle spécial (fig. 22). Derrière le serre-câble, la corde à piano est alors sectionnée. Le parachute lui-même est conservé jusqu'au dernier moment dans son étui en carton pour éviter l'action du vent sur le pont. Le lest de la bouée est tel que celle-ci se redresse lorsque le parachute a atteint la profondeur voulue. A la fin de l'opération, seule la bouée est récupérable. Chaque parachute, provenant des surplus militaires, coûte 20 dollars.

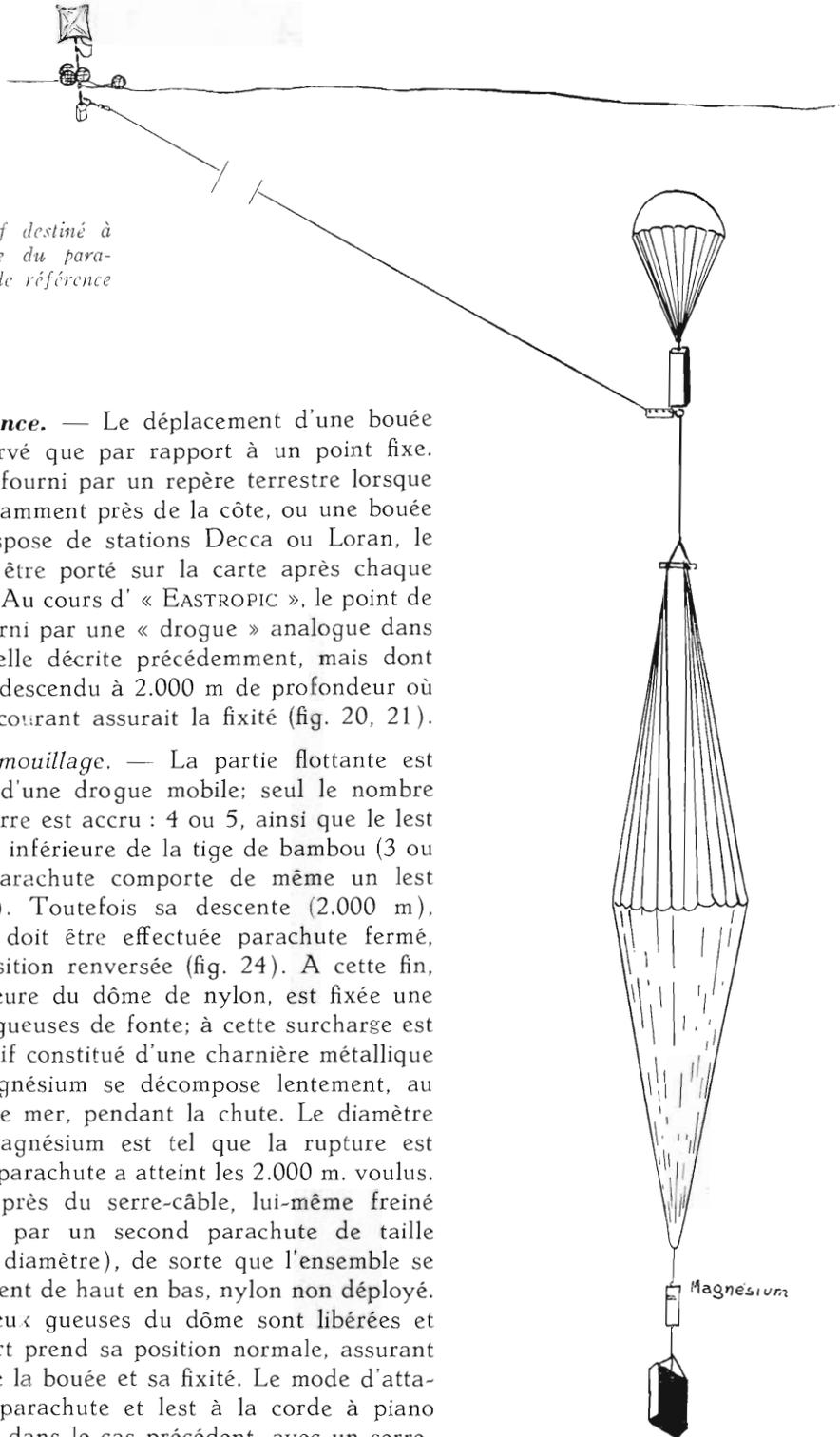


FIG. 24. — Dispositif destiné à assurer la descente du parachute de la bouée de référence à 2.000 m.

**b) Bouée référence.** — Le déplacement d'une bouée ne peut être observé que par rapport à un point fixe. Celui-ci peut être fourni par un repère terrestre lorsque l'on travaille suffisamment près de la côte, ou une bouée ancrée. Si l'on dispose de stations Decca ou Loran, le déplacement peut être porté sur la carte après chaque relevé de position. Au cours d'« EASTROPIC », le point de référence était fourni par une « drogue » analogue dans son ensemble à celle décrite précédemment, mais dont le parachute était descendu à 2.000 m de profondeur où l'absence de tout courant assurait la fixité (fig. 20, 21).

*Description et mouillage.* — La partie flottante est semblable à celle d'une drogue mobile; seul le nombre des flotteurs de verre est accru : 4 ou 5, ainsi que le lest placé à l'extrémité inférieure de la tige de bambou (3 ou 4 gueuses). Le parachute comporte de même un lest (gueuse de fonte). Toutefois sa descente (2.000 m), pour être rapide, doit être effectuée parachute fermé, c'est-à-dire en position renversée (fig. 24). A cette fin, à la partie supérieure du dôme de nylon, est fixée une corde lestée de 2 gueuses de fonte; à cette surcharge est adjoit un dispositif constitué d'une charnière métallique dont l'axe en magnésium se décompose lentement, au contact de l'eau de mer, pendant la chute. Le diamètre du filament de magnésium est tel que la rupture est assurée lorsque le parachute a atteint les 2.000 m. voulus. Le lest est situé près du serre-câble, lui-même freiné dans sa descente par un second parachute de taille réduite (40 cm de diamètre), de sorte que l'ensemble se déplace verticalement de haut en bas, nylon non déployé. A 2.000 m, les deux gueuses du dôme sont libérées et le parachute ouvert prend sa position normale, assurant le redressement de la bouée et sa fixité. Le mode d'attache du dispositif parachute et lest à la corde à piano est réalisé, comme dans le cas précédent, avec un serre-câble.

#### IV. — OCEANOGRAPHIE CHIMIQUE

##### SALINITE

Les échantillons d'eau de mer à analyser sont recueillis dans de petites canettes ordinaires. Le titrage est effectué le plus rapidement possible, car les conditions de température ambiante sont peu favorables à la stabilité des prélèvements. La méthode employée est

celle de Knudsen (*Bull. Inst. Océanogr. Monaco* n° 930, 1948); la solution de référence, l'eau normale de Copenhague. Nous avons dessiné (fig. 25) le montage pour le dosage tel qu'il est réalisé sur l'« Horizon ». Un agitateur magnétique, l'emploi du vide dans une pipette doseuse de prélèvement (15 cc) assurent une constance des opérations favorable à l'exactitude des résultats. Ceux-ci sont portés sur une feuille d'entrée spéciale « Chlorinity Titration Manual », divisée en deux parties : l'une réservée au dosage de la solution standard ou substandard, l'autre aux échantillons d'eau de mer (tableau ci-contre). Deux titrages sont faits pour une même solution. Pour l'eau de Copenhague ou une solution substandard, la différence entre les résultats obtenus ne doit pas dépasser 1/100; pour le prélèvement d'eau de mer, 2/100. La moyenne des volumes de nitrate d'argent utilisé est inscrite dans la colonne « lecture acceptée de la

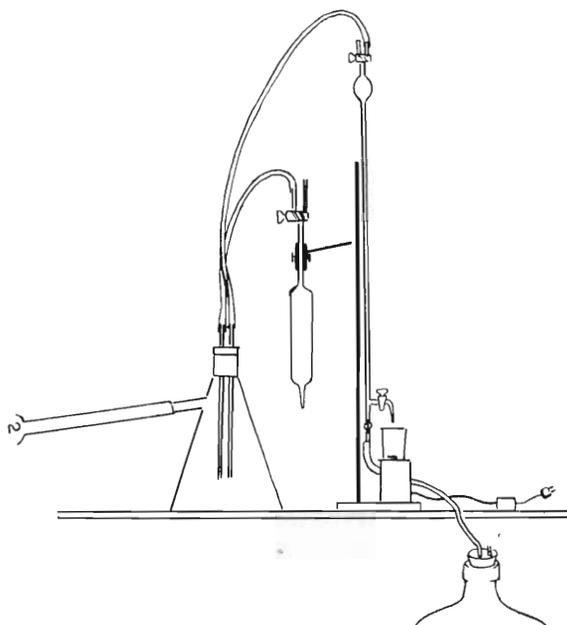


FIG. 25.

burette échantillon »; la valeur des facteurs  $\alpha$  et  $K$ , le taux de chlorures et enfin la salinité sont lus à partir d'une table de Knudsen ordinaire. Après titrage de 10 échantillons, il est convenu de refaire un dosage de la solution standard (fig. 26).

##### OXYGENE

Les manipulations auxquelles donne lieu le dosage de l'oxygène dissous sont effectuées comme à l'ordinaire. Toutefois, ayant eu l'occasion de pratiquer cette opération pendant plusieurs semaines, nous croyons utile de préciser, vu son importance, la description de la méthode et le matériel qu'elle nécessite.

L'intérêt de déterminer la quantité d'oxygène dissous dans l'eau de mer est considérable pour des raisons multiples : estimation de la productivité de l'océan par la mesure de l'oxygène consommé (respiration) ou produit (photosynthèse), étude des mouvements de l'eau et des phénomènes de brassage, étude de l'oxydation et de la décomposition de la matière organique, de la quantité de plancton-aliment et de la diminution corrélative du taux d'oxygène, du rapport entre oxygène dissous, pH et alcalinité, des conditions réductrices de la mer, de la formation de sulfure d'hydrogène, etc...



**Prise de l'échantillon.** — Celui-ci est recueilli directement de la bouteille de Nansen dans un flacon à bouchon émeri de volume approximativement connu. On procède comme suit :

- effectuer deux rinçages du flacon avec une petite portion du prélèvement ;
- introduire alors l'eau à l'analyser à l'aide d'un tube de caoutchouc branché sur le robinet inférieur de la bouteille à renversement, l'extrémité libre de ce tube doit toucher le fond du flacon de verre ;
- laisser déborder pendant quelques secondes, puis retirer lentement le tube de caoutchouc de façon que le flacon soit complètement rempli ;
- placer le bouchon émeri en prenant soin d'éviter l'entrée de bulles d'air.

Les échantillons doivent alors être traités le plus rapidement possible.

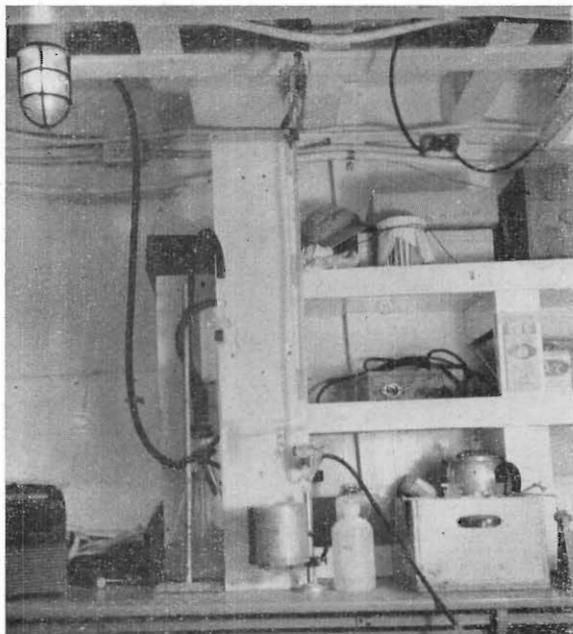


FIG. 26. — Dosage de salinité Burette de Knudsen.

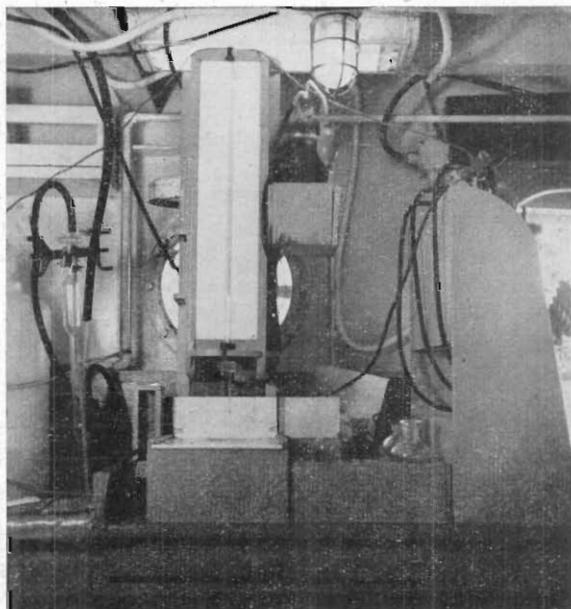
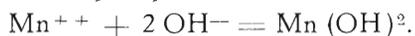


FIG. 27 — Burette pour dosage de l'oxygène.  
A droite ; réactifs.

**Réactions chimiques mises en cause par le dosage.** — Le dosage de l'oxygène dissous dans l'eau de mer fait appel à plusieurs réactions qui finalement ramènent le titrage à celui d'une solution iodée par le thiosulfate de soude (fig. 27). Après addition du chlorure de manganèse et de la solution d'iodure de potassium en milieu potassique (OH K, K I), l'hydroxyde de manganèse blanc est précipité :



Celui-ci lentement vire au brun à mesure qu'il est oxydé par l'oxygène dissous :



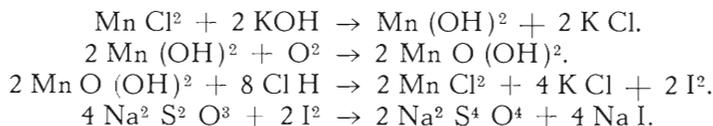
Par addition d'acide chlorhydrique concentré, les ions manganèse sont libérés. Ceux-ci oxydent les cathions iode, introduits avec la solution KOH, KI, en iode libre, dont la couleur brune devient apparente :



L'iode libre est alors titré en présence d'amidon par une solution standard de thiosulfate de sodium (approximativement 0,01 N) :



L'ensemble des réactions peut s'écrire :



**Préparation des réactifs.** — *Chlorure de manganèse* : 400 g de  $Mn Cl_2$ , 4  $H_2O$  par litre de solution (400 g de  $Mn SO_4$ , 4  $H_2O$  peuvent être utilisés, mais la dissolution est plus difficile). La chaleur accélère la dissolution du chlorure, mais ralentit celle du sulfate.

*KOH-KI* : 500 g de KOH et 150 g de KI pour un litre d'eau distillée bouillie. Conserver en bouteille de verre fumé.

*Thiosulfate de sodium* : 2,5 g. de  $Na_2 S_2 O_3$ , 5  $H_2O$  par litre d'eau distillée, laquelle doit être bouillie au préalable pour déplacer  $CO_2$ . Ajouter quelques gouttes de sulfure de carbone ou de chloroforme, conserver en bouteille de verre fumé à l'abri du  $CO_2$  de l'air (le titre de cette solution est approximativement 0,01 N).

*Biodure de potassium* : dessécher à  $130^\circ C$  pendant 30 minutes. Utiliser 0,3250 g de KH ( $IO_3$ )<sub>2</sub> par litre de solution. Le titre de cette solution est exactement 0,01 N.

Si l'on utilise le bichromate de potassium, dessécher de même pendant 30 minutes à  $130^\circ C$  et utiliser 0,4903 g de  $K_2 Cr_2 O_7$  par litre de solution.

*Amidon* : préparer une suspension de poudre d'amidon dans un peu d'eau froide et verser en agitant dans 100 cc d'eau chaude à  $80-90^\circ$ .

**Introduction des réactifs.** — Sur les bateaux de la « Scripps Institution » l'introduction des réactifs se fait au moyen de pipettes automatiques (fig. 28), d'un emploi rapide et particulièrement bien adapté aux nécessités du travail en mer :

1. Introduire 2 cc de la solution de chlorure de manganèse en faisant pénétrer l'extrémité de la pipette au-dessous de la surface libre de l'échantillon.
2. De la même manière, introduire 2 cc de KOH-KI.
3. Replacer le bouchon en évitant l'emprisonnement d'air. Mélanger en utilisant un mouvement de va-et-vient du poignet. Laisser déposer le précipité pendant quelques minutes puis agiter une seconde fois.
4. Quand la couche supérieure du contenu de la bouteille s'est complètement éclaircie, introduire alors de la même manière 2 cc de HCl concentré. Replacer le bouchon, mélanger afin de dissoudre entièrement le précipité. A ce stade, une petite quantité d'air peut pénétrer sans dommage ; de même, l'échantillon peut être conservé pendant une longue durée s'il est convenablement bouché et placé à l'obscurité.

**Dosage.** — 1. Mesurer soigneusement 100 cc de l'échantillon et le transférer dans un bécher de 250 cc. Ceci peut être accompli au moyen d'une pipette, ou d'une éprouvette graduée. Cette dernière est d'un emploi à la fois commode et rapide, mais elle doit être rincée plusieurs fois avec des fractions de l'échantillon à analyser et remplie soigneusement jusqu'à la marque.

2. Introduire la solution de thiosulfate jusqu'au zéro et lire avec exactitude le niveau du ménisque. Porter le chiffre obtenu dans la colonne « 1<sup>re</sup> lecture de la burette » de la feuille ci-contre (Chemical Data Sheet).

3. Laisser écouler le thiosulfate, en faisant fonctionner l'agitateur magnétique, jusqu'à disparition presque complète de la teinte jaunâtre. La solution prend alors une teinte bleue.

4. Ajouter alors le thiosulfate goutte à goutte jusqu'à disparition de la teinte bleue. Ceci réclame une certaine habitude. Si la couleur disparaît, puis réapparaît rapidement, le

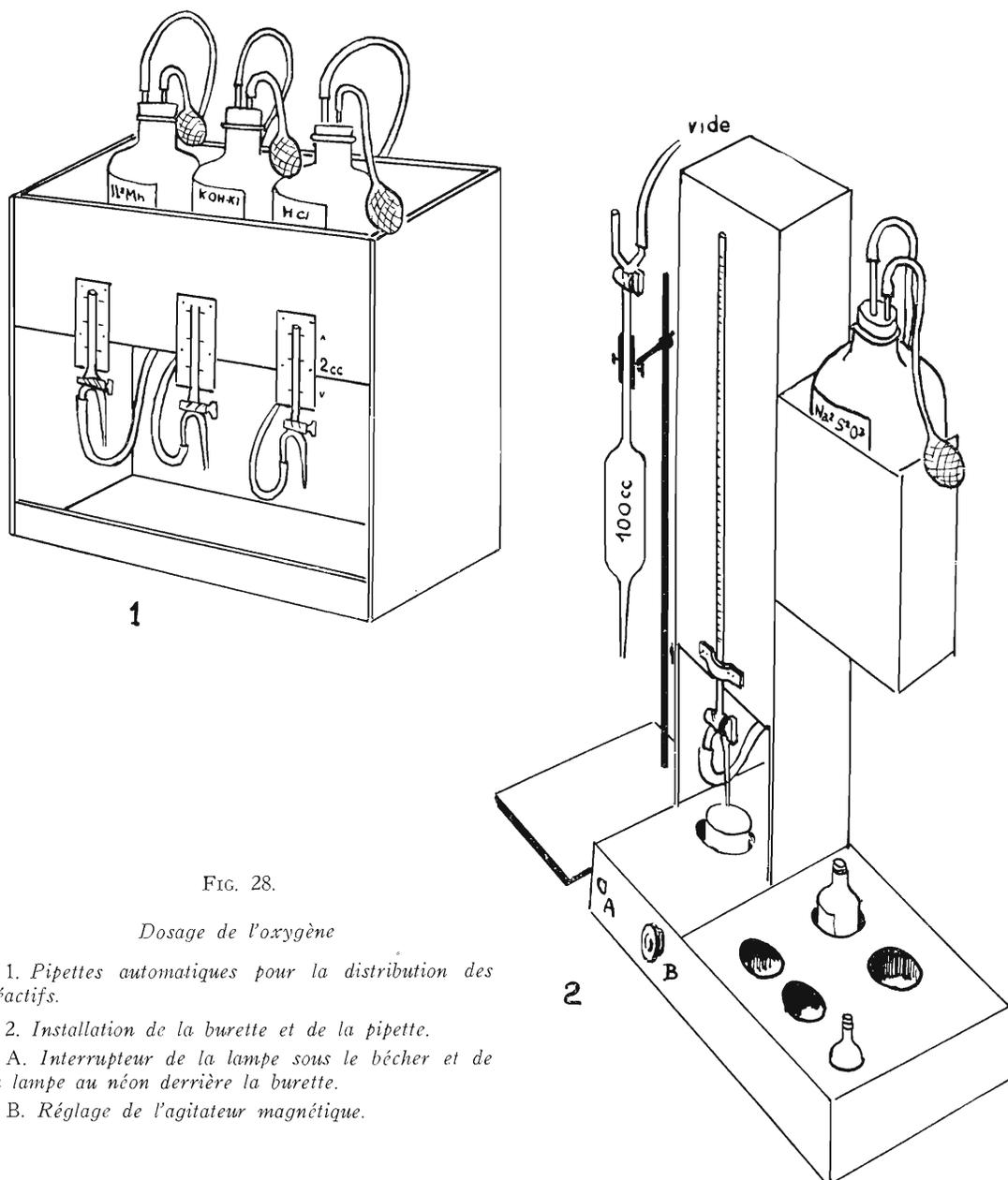


FIG. 28.

*Dosage de l'oxygène*

1. Pipettes automatiques pour la distribution des réactifs.

2. Installation de la burette et de la pipette.

A. Interrupteur de la lampe sous le bécber et de la lampe au néon derrière la burette.

B. Réglage de l'agitateur magnétique.

point final n'a pas été atteint. Ne pas attendre trop longtemps pour cette réapparition, car alors elle se produira à coup sûr.

5. Lire la position du ménisque et faire entrer la lecture sous la rubrique « Seconde lecture de la burette ».

6. Bêcher et bouteille à échantillon doivent être vidés et cette dernière replacée dans sa caissette. A ce stade, aucun rinçage n'a besoin d'être effectué.

**Étalonnage. Essai de la solution de thiosulfate.** — La concentration de la solution de thiosulfate change lentement et doit être étalonnée avant et après une longue série de dosages (à chaque station) :

1. Prélever soigneusement 10 cc de biiodate de potassium dans le bêcher servant au dosage de l'oxygène dissous, ajouter 90 cc d'eau distillée (ou d'eau de mer).

2. Introduire 1 cc d'acide chlorhydrique concentré, puis 1 cc de la solution KOH-IK et agiter. Puis ajouter 1 cc de la solution de chlorure de manganèse et mélanger de nouveau.

3. Doser l'iode libéré comme ci-dessus, rapporter le résultat dans la partie « Standardisation » de la feuille (Chemical Data Sheet).

Il est nécessaire de réeffectuer les standardisations si celles-ci, accomplies avant et après une série de dosages, diffèrent entre elles de plus de 0,04 cc de thiosulfate.

#### ENTRETIEN DU MATÉRIEL ET DES RÉACTIFS

**Réactifs.** — Si la solution KOH-IK se décolore, elle doit être écartée. Il faut éviter de contaminer ou de diluer le biodure de potassium lorsqu'on le prélève à la pipette.

**Pipettes automatiques.** — Si elles s'encrassent, elles doivent être nettoyées à la solution sulfo-chromique (15 g de bichromate de potassium ou de sodium et 500 cc d'acide sulfurique concentré), puis complètement rincées à l'eau distillée. Les robinets de verre doivent être graissés à nouveau. Si les pipettes n'ont pas été utilisées pendant plusieurs jours, leur contenu doit être renvoyé dans les bouteilles à réactif. Une attention spéciale doit être portée à la pipette IK-KOH, son robinet se coinçant facilement et nécessitant un graissage fréquent.

**Burette.** — Pendant les périodes d'arrêt, la burette doit être gardée remplie. En cas de souillure intérieure, elle doit être nettoyée à la solution sulfochromique, rincée à l'eau distillée et le robinet graissé une nouvelle fois.

**Calculs.** — Puisque le titre de la solution de biiodate utilisée est exactement 0,01 N, la normalité de la solution de thiosulfate est facilement déduite de la lecture de la burette :

$$\text{Normalité} = 0,1/\text{cc thiosulfate.}$$

En calculant le résultat de l'analyse, on doit noter qu'une partie de l'échantillon primitif a été déplacée lors de l'introduction des réactifs. Ainsi, si le volume du flacon utilisé est B, le volume de l'échantillon dont on a dosé l'échantillon est  $\frac{100 \times (B - 4)}{B}$ . Un centi-

mètre cube de la solution de thiosulfate normale est équivalent à 5,6 d'oxygène; d'où A cc d'une solution de thiosulfate de normalité N seront équivalents à  $A \times N \times 5,6$  cc d'oxygène et la quantité d'oxygène (cc/litre) contenue dans un litre d'eau de mer sous les conditions du dosage sera :

$$A N \left( \frac{5,6 \times B}{B - 4} \right)$$

Le facteur entre parenthèses est constant si les volumes de réactifs ajoutés et le volume

CHEMICAL DATA SHEET

OXYGEN								PHOSPHATE								
NOMINAL DEPTH	BURET READING		No. S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ml	TEMP.	‰	SAT O <sub>2</sub> ml/L	% SAT.	CONC. ml/mc. at	TRUE DEPTH	NOMINAL DEPTH	TIME ADDN.	TIME READ	% T	E	E corr.	CONC. µg at/L
	2	1														
0	5.84	0.00	5.84					4.6136		0	11.03	11.19	76.3	0.100	0.46	0.46
													76.3	0.100	0.46	
10										10			76.2	0.100	0.46	0.47
													75.5	0.104	0.48	
20										20			75.3	0.105	0.48	0.49
													75.0	0.107	0.49	
30										30	~~~~~					
50										50			72.2	0.124	0.57	0.57
													72.0	0.126	0.57	
75										75			66.8	0.157	0.72	0.72
													67.2	0.155	0.71	
100										100			60.5	0.201	0.92	0.92
													60.5	0.201	0.92	
150										150			44.1	0.338	1.56	1.56
										10.57	11.07		43.7	0.342	1.57	
200										200	10.27	10.48	39.0	0.391	1.79	1.79
													39.0	0.391	1.79	
300										300			30.5	0.498	2.29	2.29
													30.5	0.498	2.29	
400										400			26.5	0.577	2.57	2.57
													26.4	0.560	2.57	
500										500			24.6	0.591	2.71	2.74
													24.5	0.597	2.74	
600										600			22.5	0.630	2.89	2.96
													22.4	0.632	2.90	
800										800			21.5	0.650	2.90	2.99
													21.3	0.654	3.00	
1000										1000			22.5	0.630	2.89	2.90
													22.4	0.632	2.90	
1200										1200			21.5	0.650	2.98	3.00
													21.1	0.658	3.02	
									RB		10.22	10.32	96.1	0.018		

STANDARDIZATION				REMARKS	CELL CHECK BEFORE	99.0	CRUISE	EASTROPIC
1.	8.26	1.11	7.15		CELL CHECK AFTER	98.0	STATION	18
2.	9.15	2.00	7.15				ANALYST	H.D.
3.					ANALYST			

des flacons demeurent inchangés. Cette constante peut être évaluée pour l'appareil employé et utilisée lors de tous les calculs.

Donc, pratiquement il suffit de multiplier le volume de thiosulfate employé lors d'un dosage (différence entre les deux lectures de la burette) par le facteur :

$$\frac{5,6 \times B}{A (B - 4)}$$

A représente le volume moyen de thiosulfate utilisé lors de l'étalonnage et B le volume du flacon. (Au cours d'« EASTROPIC », nous utilisons des flacons de 263 cc.)

Exemple : A=7,15 cc. B=263 cc. Volume de thiosulfate utilisé pour le dosage : 5,84 cc.

Le facteur est égal à  $\frac{5,6 \times 263}{7,15 \times (263 - 4)} = 0,79$ , d'où le nombre de centimètres cubes

d'oxygène dissous par litre d'eau de mer :  $5,84 \times 0,79 = 4,61$  cc.

### PHOSPHATES

Le dosage des phosphates contenus dans l'eau de mer est une opération de laboratoire qui réclame une grande précision. Il peut apparaître difficile de la réaliser sur un bateau. Toutefois durant « Eastropic », sur le « Spencer F. Baird » et l'« Horizon », ce titrage a été effectué pour l'eau de chaque bouteille à renversement, après chaque station. Nous allons décrire ici la méthode employée ainsi que le matériel utilisé (fig. 29).

Le dosage des phosphates inorganiques de l'eau de mer fait appel à une technique colorimétrique. Après addition des réactifs : acide molybdique et chlorure stanneux, une couleur bleue se développe dans la solution. On mesure la transmission de la lumière à l'aide d'un photomètre (lumetron) spécialement construit pour être manipulé à bord. Cet appareil est appelé ASOP (Automatic servo-operated photometer).

La couleur bleue molybdénique présente un maximum de développement au niveau des 700  $\mu$ , aussi un filtre est-il placé à l'intérieur de l'appareil pour sélectionner cette partie du spectre. L'ASOP mesure directement la transmission de la lumière à travers la solution, laquelle est placée dans une cellule à absorption de 10 cm de long. Plus la transmission est faible, plus le taux de phosphates est élevé. Plusieurs facteurs peuvent faire varier les résultats obtenus, tels que la température et la longueur du temps écoulé entre l'addition des réactifs et la mesure (voir Analyse et étalonnage).

**Description de l'ASOP.** — Le photomètre fonctionne sur courant alternatif de 115 V.

Les quatre constituants indispensables sur un bateau sont :

- un générateur de courant alternatif (115 V).
- un régulateur de voltage.
- un amplificateur.
- un photomètre.

**Amplificateur :** dans le laboratoire, l'amplificateur était voisin du photomètre. Il fonctionnait sur courant alternatif (main power line) un autre circuit (heater line : résistances chauffantes) devait être branché sur courant continu. A moins que le régulateur de voltage fonctionne en permanence, l'amplificateur ne doit être allumé qu'après échauffement de ce régulateur.

*Photomètre : (fig. 30).*

1. *Réglage de la sensibilité :* a) Allumer l'ASOP en tournant le bouton A de l'amplificateur dans le sens des aiguilles d'une montre. Attendre 5 minutes pour permettre l'échauffement de l'appareil.

b) Vérifier l'état de propreté du filtre placé en C.

c) Ouvrir le couvercle du compartiment de la cellule « H », et allumer la lampe inté-

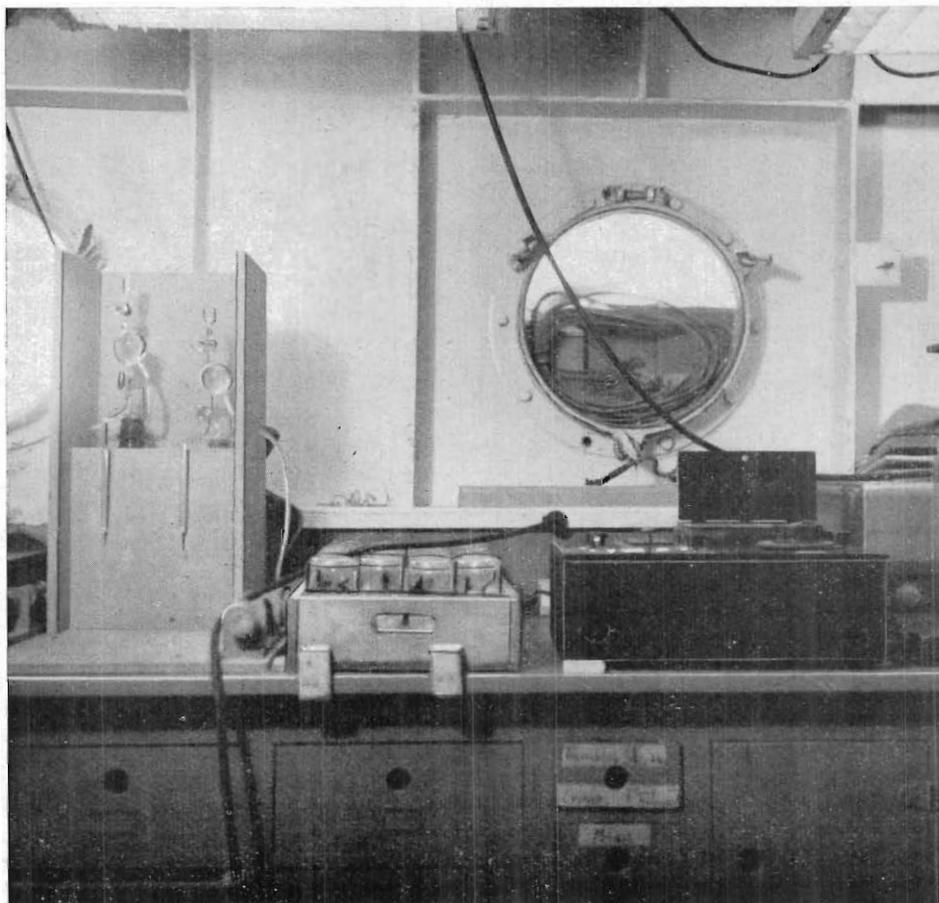


FIG. 29. — *Dosage des phosphates.*  
De gauche à droite : distributeur des réactifs, échantillons,  
photomètre, amplificateur.

rieure au moyen de l'interrupteur D. Ouvrir et fermer le couvercle en vérifiant le bon fonctionnement du micro interrupteur G. La lampe doit éclairer lorsque le compartiment est clos.

d) Avec le couvercle rabattu et le compartiment vide (sans cellule), tourner l'interrupteur F à gauche et équilibrer l'appareil en agissant sur le bouton « amélioration de la mesure ». L'équilibre est atteint lorsque le cadran K cesse de tourner dans un sens ou dans l'autre. On accroît la sensibilité en agissant sur le bouton B de l'amplificateur. Il est habituellement placé à la position 5. La sensibilité peut être également accrue par augmentation de l'intensité lumineuse, en tournant le bouton E dans le sens inverse des aiguilles

d'une montre. Il est recommandé d'opérer au maximum de sensibilité compatible avec une durée prolongée de la lampe.

e) Le réglage de la sensibilité étant effectué, ouvrir le compartiment. Le couvercle doit être maintenu dans cette position lorsque le bouton D est allumé, excepté lors d'une lecture.

2. *Mesure de l'absorption de la cellule (Cell check) :*

a) Rincer et remplir d'eau distillée la cellule, en prenant soin de ne pas humidifier extérieurement les faces. En cas d'humidité, sécher à l'aide d'un papier de soie.

b) Fermer le couvercle, tourner le bouton F à gauche, équilibrer l'appareil, à une lecture du cadran voisine de 100 %. Ouvrir le couvercle, placer à droite le bouton F et intro-

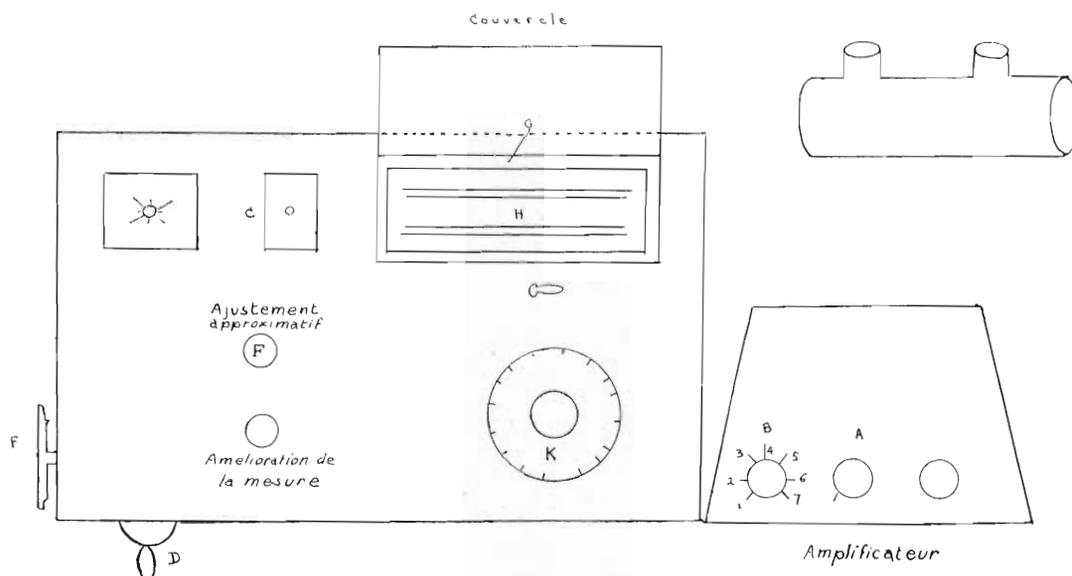


FIG. 30. — Photomètre ASOP.

duire la cellule dans le compartiment de façon que la même face soit toujours en correspondance avec la cellule photoélectrique.

c) Rabattre le couvercle et observer la position d'équilibre du cadran. Si la lecture effectuée alors est inférieure de plus de 5 % à celle faite lors de l'équilibre initial, enlever la cellule et rééquilibrer (tourner F à gauche) à 3 à 5 % au dessus de la lecture anticipée. Replacer la cellule dans son logement (tourner F à droite) et laisser l'instrument s'équilibrer. Ouvrir le compartiment et porter le résultat de la lecture sur la feuille d'entrée dans la rubrique « Mesure de l'absorption de la cellule » : (Cell check before).

3. *Mesure de la transmission dans un échantillon d'eau de mer :*

a) Rincer la cellule à absorption deux fois avec de petites fractions de l'échantillon, puis la remplir complètement, en prenant soin de ne pas mouiller les extrémités.

b) Avec le compartiment vide, couvercle fermé ; tourner F à gauche ; équilibrer l'instrument à un point quelconque du cadran de lecture.

c) Placer la cellule dans son logement, tourner F à droite, rabattre le couvercle, et laisser le cadran prendre une position d'équilibre. Noter cette position.

d) Enlever la cellule, placer F à gauche, rééquilibrer à une lecture du cadran 3 à 5 % au dessus de la lecture anticipée (indiquée précédemment c/).

Replacer la cellule (F à droite). Observer la position d'équilibre du cadran. Reporter la lecture obtenue dans la colonne « % Transmission » de la feuille d'entrée.

4. *Arrêt de l'appareil :*

a) Rincer et remplir la cellule d'eau distillée et effectuer une mesure d'absorption de la cellule (final cell check).

b) Éteindre le bouton « D » ; rabattre le couvercle du compartiment.

c) Éteindre l'amplificateur.

**Prélèvement des échantillons.** — Deux échantillons de 100 cc sont recueillis à partir de chaque bouteille de Nansen. Le volume exact est obtenu par l'emploi d'une petite bouteille doseuse pourvue d'une masse métallique calibrée. Celle-ci placée sur le goulot, lorsque la bouteille est remplie, fait déborder le contenu d'un volume tel que l'échantillon occupe 100 cc (exactitude 1 %).

c) *Analyse :* Afin d'équilibrer la température des échantillons on doit attendre 2 heures avant de commencer l'analyse. Cependant sous les tropiques ce temps peut être réduit à 1 heure. Ne pas laisser les prélèvements plus de 5 à 6 heures avant le début de l'opération. Au moment de l'addition des réactifs à chaque groupe d'échantillons, mesurer et inscrire la température des deux prélèvements situés environ à chaque tiers de la profondeur atteinte au cours de la station. Le thermomètre doit être rincé à l'eau distillée et essuyé lors du passage d'un flacon au suivant.

Avec chaque série on procède à des essais à blanc (Reagents blanks) : deux prises d'eau distillée de 100 cc, à laquelle sont adjoints les réactifs, sont soumises à l'analyse afin de déterminer la transmission de la lumière en présence des réactifs seuls.

La vitesse de développement de la couleur bleue phosphomolybdique est fonction du temps. Pour que des échantillons présentent une couleur voisine de 2 % du maximum d'intensité possible, il est nécessaire d'opérer les lectures dans un délai compris entre 10 minutes et 25 minutes après l'addition des réactifs. A cette fin procéder comme suit :

1° Allumer le photomètre et mesurer le pouvoir de transmission propre à la cellule (voir plus haut). Vérifier l'état de propreté du filtre. Un autre filtre est fourni avec l'appareil (AKLO filter), il permet de mesurer les possibilités de variations de l'ensemble des instruments. Ce filtre AKLO transmet environ 50 % lorsqu'il est placé en face de la cellule photo-électrique dans le compartiment. Rapporter cette transmission avant chaque analyse de phosphates.

2° Ajouter 1 cc d'acide molybdique au premier échantillon de l'essai à blanc, agiter et adjoindre 0,2 cc de solution de chlorure stanneux. La distribution des réactifs peut être accomplie rapidement grâce à l'emploi de 2 distributeurs automatiques. [Cet appareil comporte essentiellement la bouteille de réactif, une pipette coudée spéciale fixée sur le bouchon de la bouteille et un ensemble doseur constitué d'une seringue en verre et d'un dispositif à crémaillère : 1 cran correspondant à 1 cc pour l'appareil à acide molybdique et à 0 cc 2 pour celui du chlorure stanneux (fig. 31)]. Effectuer la même opération avec le second échantillon d'essai à blanc et noter le temps.

3° Ajouter de même les réactifs aux prélèvements d'eau de mer à raison d'un lot de 4 échantillons (c'est-à-dire 8 flacons) pour débiter. Ceci dure 3 à 4 minutes. Noter le temps de l'opération pour la dernière bouteille. Lorsque l'on a acquis une certaine habitude d'exécution de la manœuvre du photomètre, on peut alors préparer des lots plus importants.

4° Lorsque 9 à 10 minutes se sont écoulées après l'addition des réactifs au premier « Reagent blank », commencer avec celui-ci les lectures au photomètre, puis procéder de même avec le second et les différents échantillons.

Faire entrer dans la feuille des résultats le temps de la première lecture (l'essai à blanc) (Reagent blank) et celui de la dernière (dernier flacon) du lot analysé.

5° Répéter l'ensemble de ces opérations pour tous les échantillons en procédant par lots.

6° Rincer la cellule et effectuer une mesure d'absorption de la cellule « final cell check ». Conserver la cellule remplie d'eau distillée. Si la solution molybdique est laissée quelque temps dans la cellule, les parois de celle-ci se recolorent en bleu et le nettoyage en est difficile.

7° Il est désirable d'obtenir une lecture élevée pour les « Reagent blank ». Lorsque

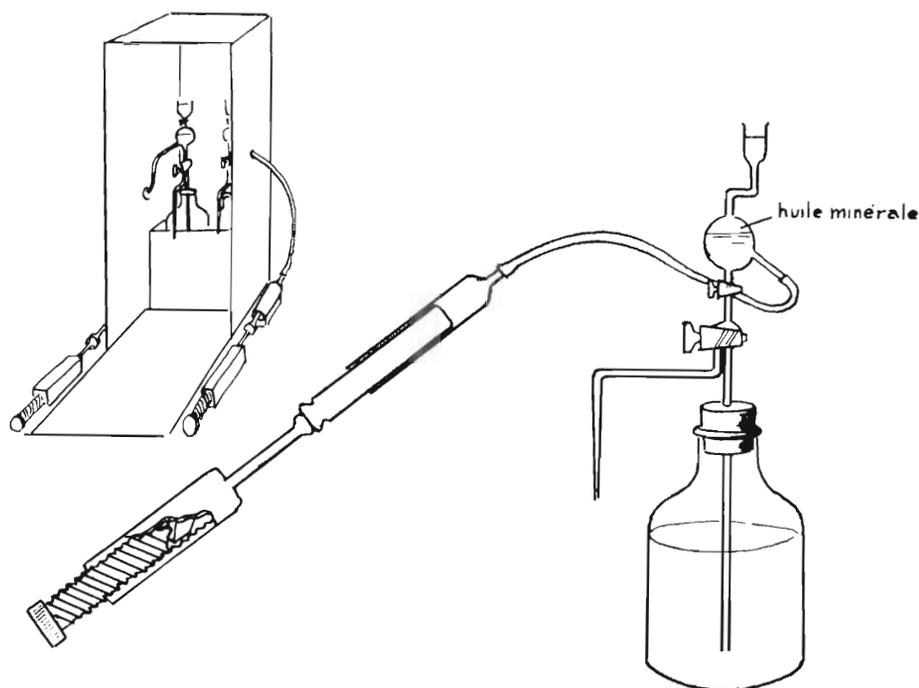


FIG. 31. — Distributeurs automatiques des réactifs.  
Détail du dispositif.

les parois de la cellule se colorent, le chiffre obtenu décroît, traduisant une diminution de la transmission due à l'opacité. Dans ce cas il est recommandé de changer de cellule.

8° Les flacons à échantillon doivent être rincés deux fois à l'eau distillée et égouttés. En cas de souillure, le lavage doit être fait à la solution sulfochromique. Les détergents habituels contenant des phosphates, leur emploi ne peut se faire que s'il est suivi d'un rinçage énergique à l'eau distillée.

**Préparation des réactifs.** — *Acide molybdique* (2.000 cc). Diluer une quantité d'acide sulfurique concentré avec un égal volume d'eau distillée, laisser refroidir à la température ambiante. Mélanger 3 volumes de cet acide sulfurique avec 1 volume de solution de molybdate, contenant 50 mg de  $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  par 500 cc d'eau distillée. Conserver à l'obscurité, en évitant le contact avec tout objet de caoutchouc.

B. *Chlorure stanneux* (400 cc) : Dissoudre 2,1 g d'étain (granulés) dans 22 cc d'acide

chlorhydrique concentré. Après dissolution, compléter à 200 cc avec de l'eau distillée. Ajouter quelques morceaux d'étain (mousse) et conserver sous une couche d'huile minérale.

C. *Phosphate Standard* (350 cc) (3.000  $\gamma$   $\text{PO}^4\text{P/L}$ ) : dessécher  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  pendant 3 heures à 120°. Placer 0,4083 g dans un flacon et diluer à 1.000 cc avec de l'eau distillée. Ajouter quelques gouttes de chloroforme. Cette solution est conservée au laboratoire ordinairement. La solution secondaire utilisée à bord est obtenue ainsi : 10 cc de la solution tertiaire dilués à 1.000 cc avec de l'eau de mer, filtrée, pauvre en phosphates. Ajouter quelques gouttes de chloroforme.

**Etalonnage.** — Les courbes d'étalonnage « loi de Beers » doivent être faites une fois tous les 10 jours. Sinon les dosages effectués seront sans valeur. Si l'on change une bouteille de réactif, si une escale vient interrompre les opérations, une autre courbe doit être établie aussitôt que possible. Si les pentes de différentes courbes ne concordent pas alors que les lectures ont été accomplies à des températures identiques et si l'on n'obtient pas une ligne droite, des courbes additionnelles doivent être construites.

Lorsque l'on opère sous les climats tropicaux, la température des échantillons peut s'élever considérablement (29° C). Les résultats du dosage sont fonction des conditions thermiques et par la suite, au cours des calculs, l'on tient compte de l'influence de ce facteur. Aussi lorsqu'on procède à la construction d'une courbe, doit-on mesurer et noter la température de chaque prélèvement au moment de l'addition des réactifs (à 0,5°). Rincer et essuyer le thermomètre après chaque mesure.

1. Solution standard primaire de phosphates : solution contenant 3.000  $\gamma$  de  $\text{PO}^4\text{P/l}$ . Afin d'utiliser cette solution standard pour couvrir l'étendue des concentrations trouvées dans l'eau de mer, on procède à une série de dilutions.

2. Solution standard secondaire : contenant 30  $\gamma$   $\text{PO}^4\text{P/l}$  en solution dans de l'eau de mer pauvre en phosphates (on peut prélever de l'eau de mer pauvre en phosphates, en surface, à l'aide d'une bonbonne ou d'un seau propre, sans traces de détergents). Au cours d'une longue expérience il est recommandé de refaire la solution secondaire après quelques semaines. Malgré la présence de chloroforme des changements de concentration peuvent se produire.

3. Solution standard tertiaire : contient 3  $\gamma$  de  $\text{PO}^4\text{P/l}$ . Elle est préparée en prélevant 100 cc de la solution secondaire et en diluant à 1 litre. Cette solution est utilisée pour l'établissement de la courbe de Beers. Le reste de cette solution doit être écarté après emploi.

4. Dilution de la solution tertiaire : Utiliser les flacons de 135 cc. Les rincer, ainsi que leurs bouchons, 2 fois à l'eau distillée. Laisser égoutter. Effectuer les séries suivantes de dilutions en double exemplaire, en utilisant 2 burettes de 100 cc pour mesurer les volumes.

Concentration	cc d'eau de mer pauvre en phosphate	cc sol. stand. 3 j.
0,0	100	0
0,6	80	20
1,2	60	40
1,8	40	60
2,4	20	80
3,0	0	100

Ce lot d'échantillons comporte 2 exemplaires pour chaque concentration plus deux « reagents blank ». L'ensemble est analysé, comme il est décrit plus haut. A partir d'une

table donnant les valeur de l'extinction (E) en fonction de la transmission (fig. 32), on détermine les différentes extinctions correspondantes aux transmissions trouvées. Porter sur une feuille de papier millimétré E en fonction de la concentration. Lorsque les résultats pour les 2 exemplaires de la même concentration diffèrent de plus de 0,009 E, porter les 2 valeurs.

Pour faciliter la compréhension nous avons dessiné une courbe avec les valeurs ci-contre :

ETALONNAGE PHOSPHATES							
Concent.	Bout. N°	Temp.	Temps adj. Réact.	Temps lecture	% T	E E moy.	
	0	19,3	16,15	16,33	76,9	0,115	} 0,113
					76,6	0,110	
0,6	10	19,5			54,9	0,261	} 0,260
					55,3	0,258	
1,2	25	19,3			40,3	0,395	} 0,393
					40,7	0,390	
1,8	50	19,2			29,8	0,526	} 0,523
					30,2	0,520	
2,4	75	19,4			22,5	0,648	
					23,3	0,633	
3,0	100	19,5			17,2	0,765	
	R.B.	19,5	16,09	16,20	17,5	0,757	
					88,4	0,054	
					91,1	0,041	

Cell check before : 98,5  
— — after : 98,0

**Calculs** à effectuer à partir des résultats obtenus lors du dosage des échantillons d'une station.

a) *Détermination du facteur analytique :*

1° Toutes les lectures en pourcentage de transmission sont converties en extinction au moyen de la table.

2° La courbe de Beers de l'étalonnage étant construite, le coefficient k est calculé de l'équation

$$k = E/Cl \quad (1)$$

où C : représente la concentration de phosphate en  $\gamma/l$ .

E : la valeur de l'extinction pour la concentration choisie moins l'extinction à l'intersection de la courbe et de l'axe des ordonnées.

l : la longueur de la cellule (10 cm).

3° La température moyenne des échantillons utilisés dans la standardisation est déterminée et la constante b de l'équation suivante est calculée

$$k = 0,0002 t + b \quad (2)$$

où t = température moyenne.

4° Théoriquement, tous les étalonnages effectués au cours d'une expédition doivent offrir la même valeur de b. Si cette condition n'est pas remplie il est nécessaire de décider

quelle valeur de  $b$  doit être choisie pour chaque station. Ceci peut être fait rapidement d'après les observations portées dans la feuille « Chemical data sheet » (p. 382). Si par exemple une bouteille est changée entre 2 étalonnages, le facteur obtenu pour la première courbe peut être assigné à toutes les stations précédant le changement de réactif. Après l'assignation d'une valeur de  $b$  à chaque station, la valeur correspondante de  $k$  doit être calculée en utilisant l'équation (2), où  $t$  est la température moyenne des échantillons de la station. Puis l'on calcule le facteur analytique  $1/kl$  pour chaque station ( $l = 10 \text{ cm}$ ).

$\beta$ ) Détermination de l'extinction au cours des essais à blanc.

1° Les valeurs de  $E$  pour les réactifs et les mesures d'absorption de la cellule sont reportées pour chaque station, dans l'ordre où les dosages ont été effectués. Une notation

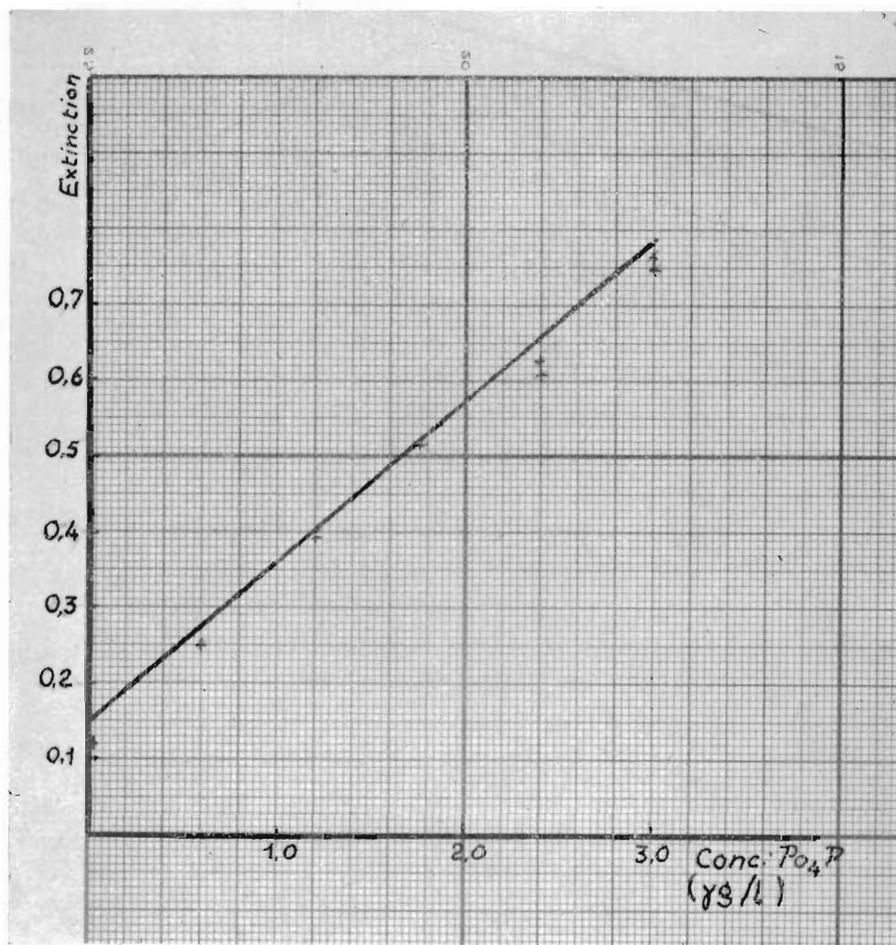


FIG. 32.

est faite si une bouteille d'eau distillée ou de réactif a été remplacée et lorsque la cellule a pu être changée.

2° Les mesures d'absorption de la cellule sont vérifiées pour apprécier si un brusque changement de valeur de l'extinction ne s'est pas produit. Une augmentation traduisant une

opacité progressive de la cellule, une diminution révélant un changement de cellule. Si l'on constate de telles variations, une correction due à la cellule doit être effectuée pour chaque station.

3° Si, comme c'est le cas habituellement, cette absorption ne montre aucune variation, on procède alors au calcul de la moyenne des mesures des essais à blanc de valeur voisine, et le nombre obtenu est utilisé pour toutes les stations comprises dans cette moyenne. Si il y a un changement brusque dans leur valeur, coïncidant avec un remplacement de la bouteille à eau distillée, la valeur la plus basse doit être utilisée pour les 2 groupes de stations.

γ) *Détermination de la concentration aux profondeurs réelles où étaient les bouteilles de Nansen :*

1. Les valeurs appropriées de E des essais à blanc déterminées ci-dessus sont retranchées de la valeur de E pour chaque échantillon et la différence portée dans la colonne « E corrigé » (Chemical data Sheet).

2. La valeur corrigée de E de chaque échantillon est multipliée par le facteur analytique propre à la station et la valeur résultante entrée dans la colonne suivante. Si les concentrations de deux exemplaires du même échantillon ne diffèrent pas plus de 0,06 γ/l, on effectue alors la moyenne et le résultat est porté sous la rubrique « Concentration ».

δ) *Détermination de la concentration à des profondeurs standards (100, 200, 1.000 m).*

Pour chaque station, les concentrations déterminées ci-dessus peuvent permettre la

construction d'une courbe : conc. de phosph/profondeur. Si les concentrations des 2 exemplaires du même échantillon ne permettent pas d'effectuer leur moyenne, les 2 valeurs sont portées. Le point le plus en accord avec l'allure générale de la courbe doit être pris en considération. De cette courbe, par extrapolation, on peut déduire les concentrations à des profondeurs standards.

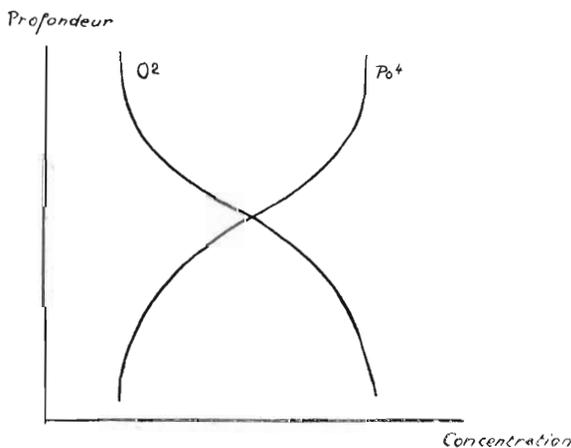


FIG. 33.

*Relation oxygène-phosphate :* La concentration en oxygène avec la profondeur est inverse de celle en phosphate. Le taux d'oxygène décroît avec la profondeur, tandis qu'il y a un accroissement de la quantité de matière organique et du taux des phosphates (fig. 33).

## V. — REPRESENTATION GRAPHIQUE DES RESULTATS OBTENUS

Les résultats d'analyses chimiques (salinité, oxygène), les données fournies par les différents thermomètres, etc... sont représentés graphiquement sur un papier sulfurisé, spécial, transparent, propre à chaque station. Cette feuille, mise au point par HANS T. KLEIN porte le nom de « Graphical presentation of a hydrographic station and dynamic computations », Elle permet le dessin des courbes :

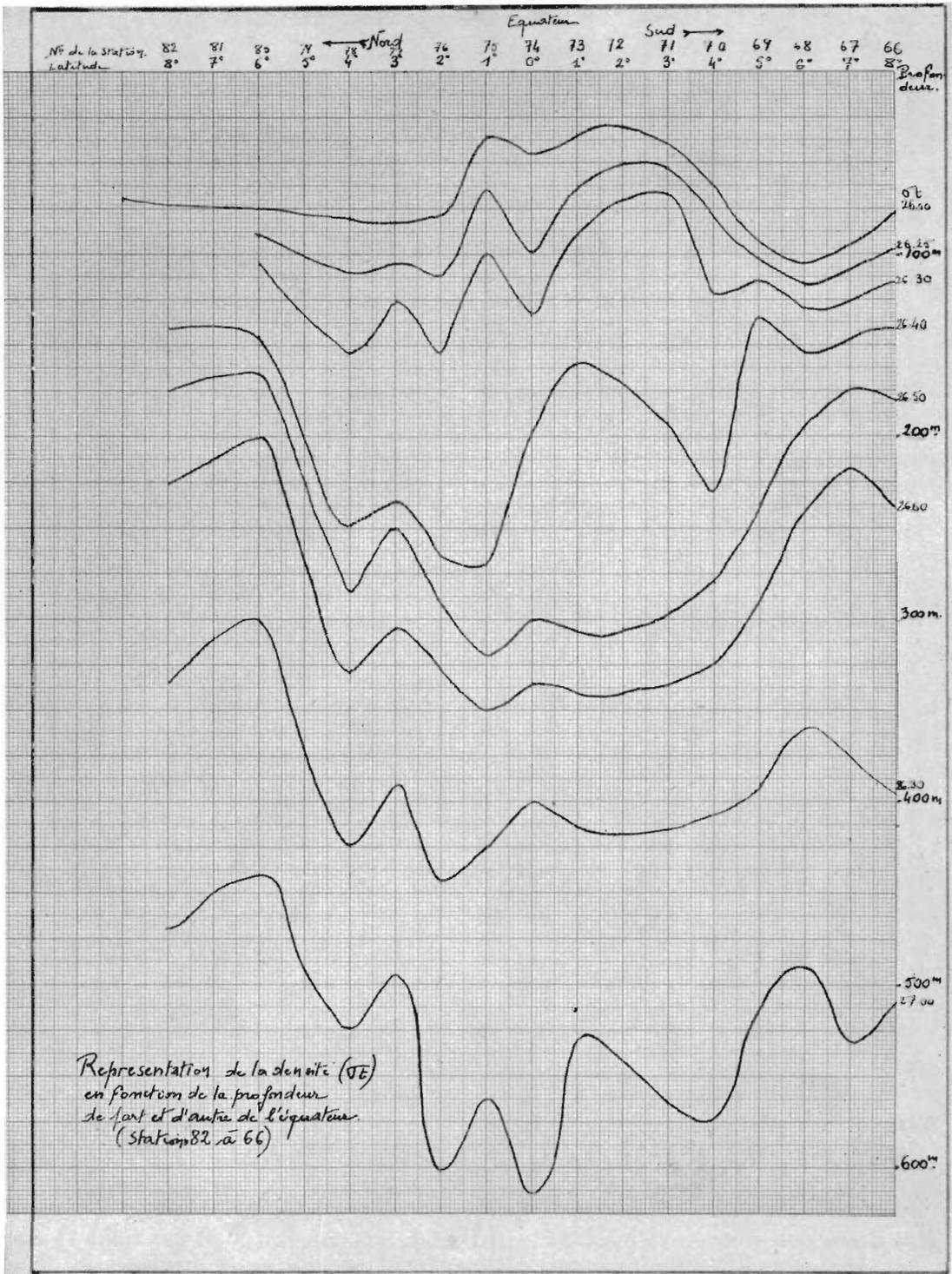


FIG. 34.

— taux d'oxygène en fonction de la profondeur : l'axe des profondeurs étant vertical, celui des quantités d'oxygène horizontal.

— taux d'oxygène en fonction des températures : l'axe des températures étant oblique, celui de l'oxygène dans ce cas vertical.

— salinité en fonction de la profondeur : axe des salinités horizontal, axe des profondeurs vertical.

— salinité en fonction des températures : axe des salinités vertical, axe des températures oblique.

— température en fonction de la profondeur : axe des températures oblique, axe des profondeurs vertical.

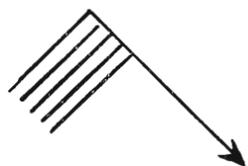
La courbe températures-profondeurs et celle températures-salinités étant tracées, on peut déterminer alors par simple utilisation de cette feuille les densités aux différents niveaux. Pour cela on repère sur la courbe profondeurs-températures, le point correspondant au niveau dont on veut connaître la densité soit par exemple 125 mètres, on suit la ligne oblique température (15° 40 C) jusqu'à son intersection avec la courbe salinités-températures. De ce point on abaisse une perpendiculaire sur l'échelle inférieure  $\sigma_t$ , on obtient une valeur de  $\sigma_t$  de 25,63 dans l'exemple choisi,  $\sigma_t$  est relié à la densité ( $\rho$ ) par la formule :

$$\sigma_t = (\rho - 1) \times 1.000 \text{ d'où } \rho = 1,02563.$$

Si inversement au cours de plusieurs stations on porte sur un graphique les différentes profondeurs auxquelles on trouve la même valeur de  $\sigma_t$  ( $\sigma_t = 26,00 ; 26, 25 ; 26, 30 ; 26, 40 ; 26, 50 ; 26, 60 ; 26, 80 ; 27, 00$ , etc.) on obtient une représentation des densités en fonction de la profondeur (fig. 34).



Courant 90° - 35 cm·sec



Courant 135° - 50 cm·sec  
(1 noeud)

FIG. 35. — Représentation graphique du courant

*Coupes hydrologiques* : Les données fournies par chaque plaque de BT sont portées dans un cahier spécial (voir bathythermographe) et permettent la réalisation rapide de coupes hydrologiques (températures, profondeurs). Sur la même coupe, à chaque station, pour chaque opération faite en route est dessiné un vecteur dont la direction correspond à celle du courant de surface déterminée par le GEK, la flèche porte en outre un nombre de traits perpendiculaires, proportionnel à la vitesse (1 trait = 10 cm/s = 1/5 noeud). Ces vecteurs sont ensuite repris et portés sur une carte de positions (fig. 35). Une autre carte de positions est utilisée pour le report des sondes, à raison d'une sonde toutes les 10 minutes pendant la route.

## VI. — OCEANOGRAPHIE BIOLOGIQUE

### PRISE DE PLANCTON

Les prises de plancton s'effectuent à chaque station, navire face à la houle, suivant un processus bien établi.

Tout d'abord le filet (voir plan fig. 39) est muni à son ouverture, d'un dispositif spécial, sorte de « courantomètre » dont l'hélice entraîne un compte-tours permettant d'apprécier le volume d'eau filtrée. Avant l'expédition, tous les « courantomètres » employés

(chacun étant affecté d'un numéro) sont étalonnés de façon à déterminer la correspondance du volume d'eau filtrée pour un nombre de tours de l'hélice. Lors de la mise à l'eau du filet, l'indication donnée par les différents cadrans (10, 100, 1000, 10.000) est portée sur la feuille d'entrée; de même cette opération est accomplie à la remontée, la différence entre les deux nombres obtenus étant proportionnelle à la masse d'eau filtrée.

Les prises de plancton s'opèrent de la plateforme située à tribord (description de l' « Horizon ») sur le câble du treuil hydrologique. Le déplacement du filet dans l'élément liquide se fait obliquement, 450 mètres de câble étant mouillés à chaque station, en un temps de 9 minutes (sinking). La remontée a lieu à une vitesse du bateau telle que l'angle du câble avec la verticale soit le plus constant possible et voisin de 45 degrés (fig. 36, 37). Un angle

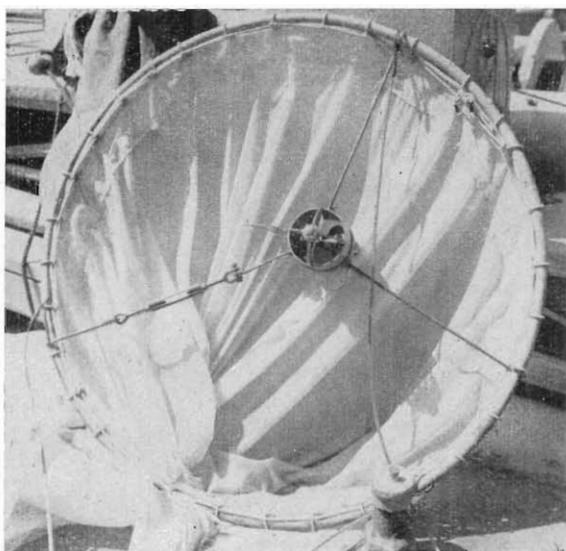


FIG. 36. — Ouverture du filet à plancton

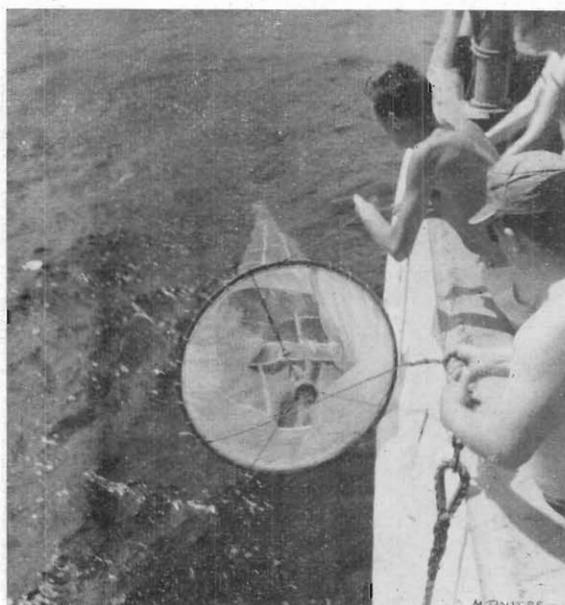


FIG. 37. — Remontée du filet à plancton

supérieur étant modifié par une diminution du nombre de révolutions de l'hélice, un angle inférieur par une augmentation (communication rapide avec la passerelle grâce à l'interphone situé près de la plateforme « Down 5, Down 10 » etc., ou « up 5, up 10 ») La surveillance de la valeur de l'angle est rendue possible grâce à un rapporteur placé sur le câble et fixé à la poulie du bossoir (fig. 38). La vitesse du treuil est de 20 m de câble enroulés à la minute, les 450 mètres sont récupérés en 22 min 30 sec. A cet effet, l'opérateur du treuil consulte un chronomètre et règle sa machine en conséquence. Le temps séparant la fin de la descente (sinking) au début de la remontée (towing) est de 30 secondes.

Le plancton recueilli est alors vidé du sac terminal du filet dans un ou plusieurs bocaux, étiqueté et fixé au formol neutre.

Toutes les valeurs de temps sont portées sur la feuille d'entrée de la prise de plancton, ainsi que divers autres renseignements : force (en nœuds) et direction du vent, hauteur et direction de la houle, cap observé pendant l'opération, sonde, état de la mer et du ciel, volume approximatif de la pêche dans son bocal, nombre de bocaux remplis... (v. p. 395).

La standardisation des pêches de plancton rend la comparaison des opérations plus aisée et leur confère une plus grande valeur.

TIME	LINE OUT	ANGLE	TIME	LINE OUT	ANGLE	CRUISE	DATE (DAY)	STATION
22.10 <sup>52</sup>	NET IN	---	22.20 <sup>30</sup>	450		CASTROPIC	20 Nov	17
22.20'	AT 900	---	1	440	HORIZON			
	900			430		HOUR (PST.)		NET NUMBER
	890		2	420		22.10' <sup>52"</sup>	TO 22.44' <sup>29"</sup>	282 <i>far</i>
	880			410		METER NUMBER		METER READINGS
	870		3	400		TIME		FINAL: 24642
	860			390		SINKING: 9' 02"	METER NUMBER	INITIAL: 20360
	850		4	380		TOWING: 23' 59"	185	DIFF: 04282
	840			370		CARRYOVER		
	830		5	360		TOTAL: 33' 01"	E.W.	
	820			350		ACCEPTED POSITION		
	810		6	340		116°	31' N	08° 14' W
	800			330		APPROX PLANKTON VOLUME		
	790		7	320		1/2	NO OF BOTTLES	FORMALIN ADDED TO SAMPLE BY
	780			310			1	H. Dantz
	770		8	300		WIND		DEPTH
	760			290		020°	16K	900
	750		9	280		DIRECTION	FORCE	FATHOMS
	740			270		SWELL: 015°		WIND WAVES
	730		22.30'	260		DIRECTION	HEIGHT	Choppy
	720			250		COURSE OF HAUL: 015°		SKY (CONDITION)
	710		1	240		OVERCAST		
	700			230		NET CLOGGING (CHECK ONE)		
	690		2	220		NONE OR SLIGHT	MODERATE	HEAVY
	680			210		V		VERY HEAVY
	670		3	200		NET WASHING (CHECK ONE)		
	660			190		NONE	RINSED	WASHED
	650		4	180		V	BEFORE STATION	AFTER STATION
	640			170		RIPS & HOLES IN NET		
	630		5	160		NONE	LOCATION	WHEN MENDED
	620			150		V		BEFORE STA
	610		6	140		REMARKS: ROUTINE		
	600			130		OTHER		
	590		7	120				
	580			110				
	570		8	100				
	560			90				
	550		9	80				
	540			70				
	530		22.40'	60				
	520			50				
	510		1	40				
	500			30				
	490		2	20				
	480			10				
	470		22.44 <sup>29</sup>	NET OUT	---	OBSERVER		
	460					<i>H. Dantz</i>		

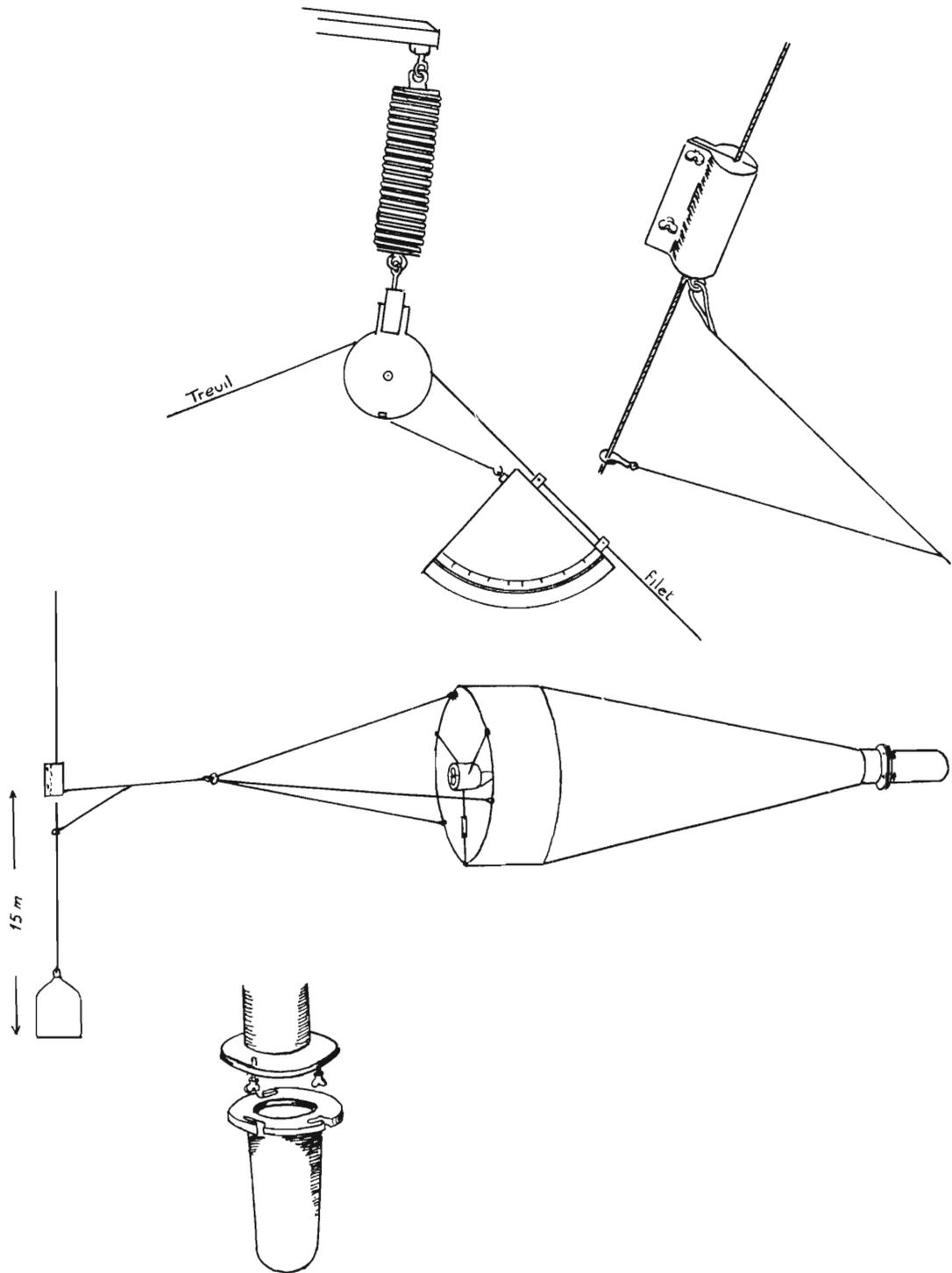


FIG. 38. — Installation du filet à plancton et de ses accessoires

### ***Précisions sur la réalisation du filet à plancton (fig. 39).***

Les parties en soie à bluter sont désignées par l'appellation « Parties I à IV ». Les portions de toile sont représentées de C1 à C5.

Partie I : Un cylindre construit d'une seule pièce de soie à bluter N° 30 × × ×, de 315 cm de long; la lisière doit être jointe aux bandes C1 et C2.

Partie II : Un tronc de cône de 1 m de diamètre antérieur, allant en décroissant postérieurement diamètre 20 cm. Fait de deux pièces de soie à bluter N° 30 × × × de 292,5 cm de long. Le cône est cousu en avant, au cylindre de toile C2, en arrière au cylindre de toile C3.

Partie III : Un petit tronc de cône de 45 cm de long, 20 cm de diamètre antérieur et 10 cm de diamètre postérieur. Construit en soie à bluter n° 56 × × ×.

Partie IV : Sac terminal. Séparé du filet. Construit en soie à bluter N° 56 × × ×.

C1 : Cylindre de toile, antérieur (N° 10). Largeur 40 cm, longueur 365 cm. Détails de couture de l'extrémité antérieure décrits sur le plan. Anneaux de laiton insérés tous les 10 cm autour de la circonférence du cylindre de toile derrière la corde de 0,625 cm de diamètre cousue dans l'ourlet antérieur.

C2 : Cylindre de toile construit à partir d'une toile n° 10; 25 cm de large sur 365 cm de long.

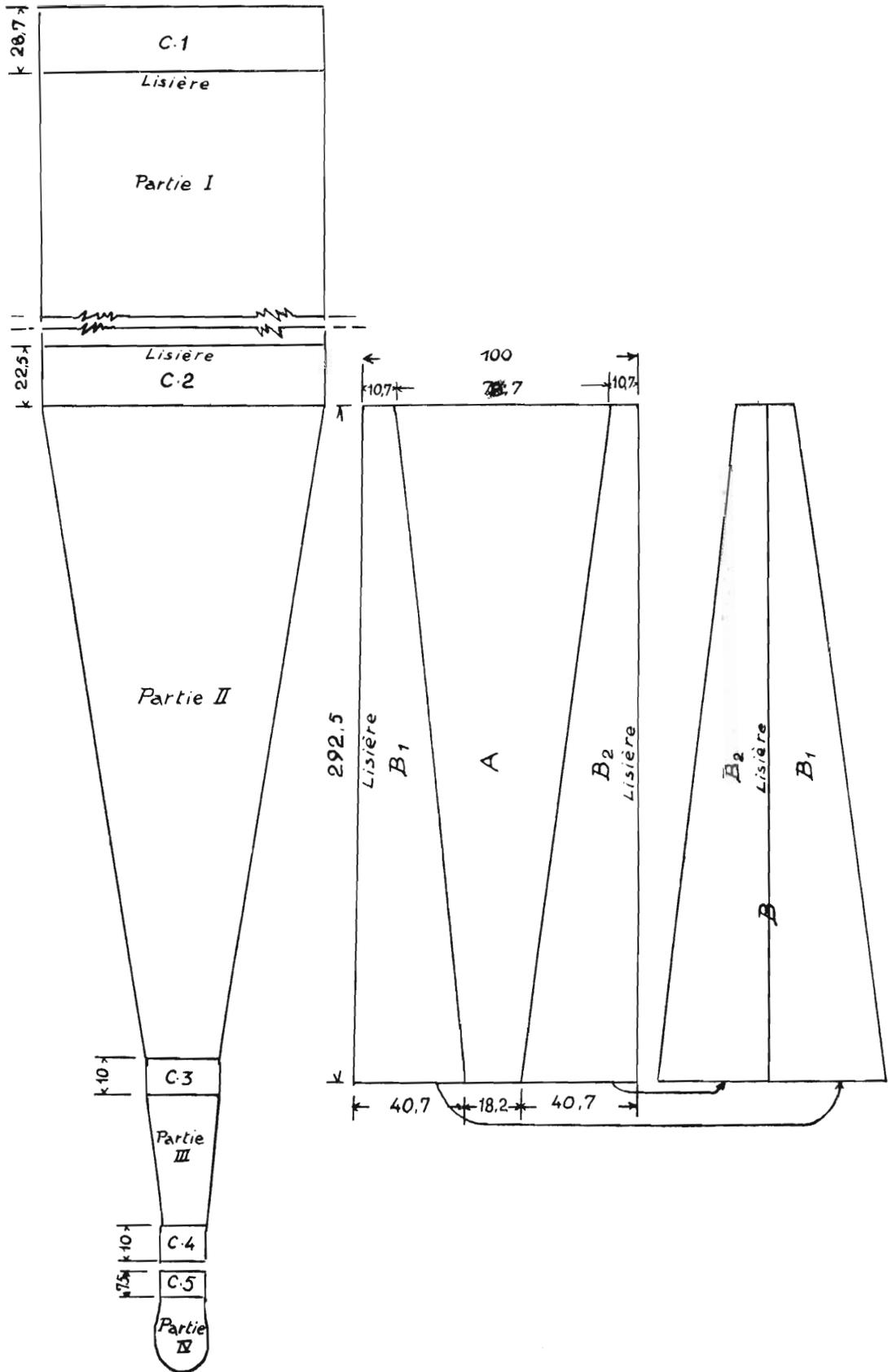
C3 : Cylindre de toile construit à partir d'une toile n° 12; 12,5 cm de large sur 66,5 cm de long.

C4 : Cylindre de toile construit à partir d'une toile n° 12; 13,2 cm de large sur 33,75 cm de long.

C5 : Cylindre de toile construit à partir d'une toile n° 12; 10,7 cm de large sur 33,75 cm de long.

Les coutures doivent être effectuées selon le dessin ci-joint, en utilisant du fil orlon résistant et élastique.

*Renforcement du filet :* Toutes les coutures doivent être renforcées avec du liséré de coton croisé; du liséré de 1,25 cm de large est suffisant pour les coutures entre pièces de soie à bluter, mais il est recommandé d'utiliser du liséré de 2,5 cm de largeur pour les coutures soie à bluter-toile. De plus ce liséré de coton doit être cousu à la fois extérieurement et intérieurement où la partie I joint la partie II et la partie II joint le cylindre de toile C2. Quatre bandes longitudinales de liséré de 2,5 cm de large doivent être cousues, également espacées, le long de la partie I de façon à réunir les cylindres de toile C1 et C2. Des bandes circulaires du même liséré doivent être également fixées tout autour de la partie conique principale du filet (partie II) à un intervalle de 45 cm.



a)



### FILET A EVOLUTION VARIABLE

Ce chalut flottant a été construit pour permettre à l'océanographe de récolter des animaux bathypélagiques de taille et de vivacité supérieures à ceux obtenus habituellement dans les filets à plancton. Lors des essais, cet engin a atteint en donnant toute satisfaction

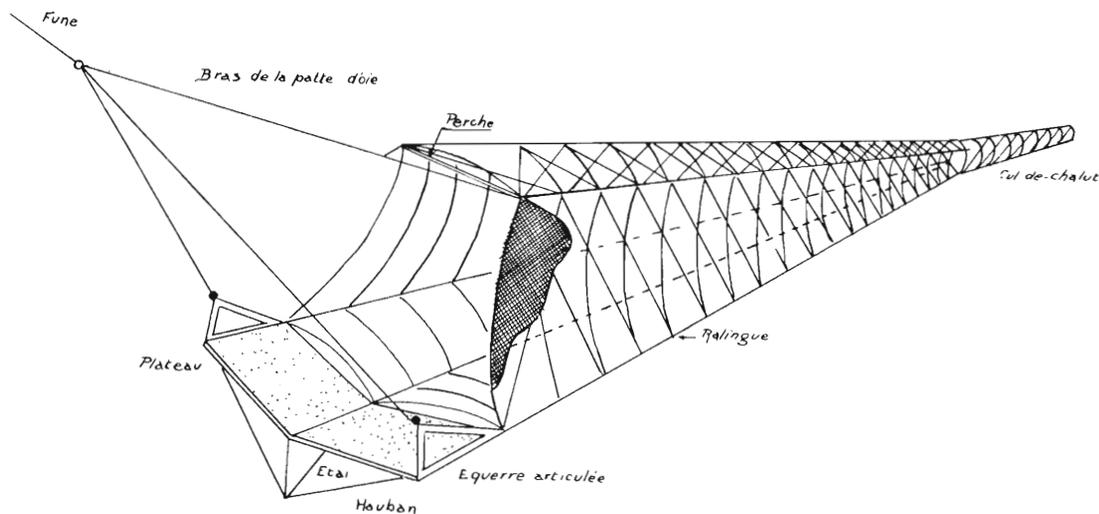


FIG. 40. — Chalut à évolution variable « Isaac-Kidd ».

la profondeur de 3.700 m (1.900 fathoms). Lors de sa réalisation les qualités suivantes ont été recherchées :

- un accroissement de dimensions par rapport à celles de tous les filets analogues construits jusqu'alors.
- la possibilité d'être remorqué à une vitesse relativement élevée.
- la capacité de plonger rapidement, de présenter une grande stabilité et un minimum de sensibilité aux variations de vitesse.
- éviter l'obstruction de l'ouverture du filet par la fune.
- la constance du rapport hauteur-largeur pendant le trait.
- le bord inférieur, que l'on peut assimiler au bourrelet d'un chalut ordinaire, doit précéder dans son déplacement la corde de dos car on suppose que les animaux effrayés par le chalut tendent à s'enfoncer plus profondément.

**Description.** — Le « Isaacs-Kidd midwater trawl » (fig. 40) comprend essentiellement :

un filet en forme d'entonnoir fixé par son bourrelet à une armature métallique en forme de V très ouvert. La traction se fait par l'intermédiaire d'une patte d'oie à 3 bras réunis à un anneau où s'attache la fune. À la partie terminale se fixe un collecteur métallique qui retient les exemplaires pêchés. Deux types ont été réalisés, ils ne diffèrent que par la taille : 3,04 m (10 pieds) et 4,56 m (15 pieds).

Chalut de 10 pieds

Chalut de 15 pieds

Bras de la patte d'oie	Matière première écartement	Ø 0,825 câble d'acier (Ø 0,25 inch) 3,04 m (10 Feet)	Ø 0,925 câble d'acier (0,380 inch) 4,56 m (15 Feet)
Armature métallique	Surface Poids Matière première	1,9404 m <sup>2</sup> (21 sq. f.) 6 kg (150 lb) Tôle d'acier : 0,3125 cm épaisseur	5 m <sup>2</sup> (64 sq. f.) 181,2 kg (400 lb) Contreplaqué 1 cm épais (0,75 i.)
Filet	Longueur Ouverture Matière première	9,424 m (31 ft) 7,36 m <sup>2</sup> (80 sq. ft) Coton : 6,25 cm mail. étir. (2,5 i.)	21,888 m (72 ft) 14,72 m <sup>2</sup> (160 sq. ft) Coton : 6,25 cm maille étirée
Doublure intérieure	Matière première	Coton : 1,25 cm mail. étir. (0,5 i.)	Coton : 1,25 cm mail. étir. (0,5 i.)
Collecteur	Matière première Longueur Diamètre	Acier 33,75 cm (13,5 i.) 23,75 cm (9,5 i.)	Aluminium 60 cm (24 i.) 40 cm (16 i.)

*Les bras* : Deux s'attachent sur les équerres de l'armature métallique ; le 3<sup>e</sup> présente une patte d'oie dont les extrémités se fixent aux 2 bouts de la barre d'acier de la corde de dos.

*L'armature métallique* : Elle est faite de deux plaques d'acier de 60 cm de large, 1,60 m de long soudées bout à bout de façon à former un angle de 140°, chacun est donc à 20° de l'horizontale au cours d'un trait. Le bord antérieur est renforcé par un tube d'acier (fig. 41).

Subissant la traction des deux bras inférieurs de la bride et la résistance des ralingues

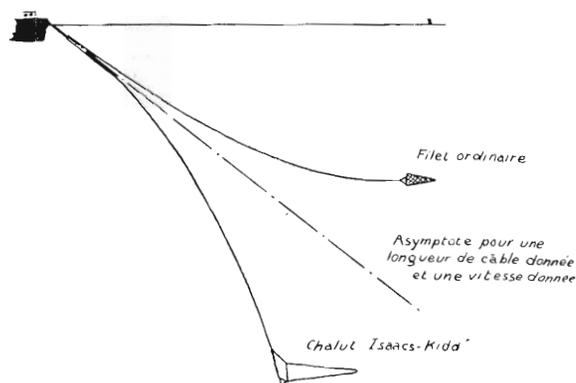


FIG. 41. — Action de l'armature métallique sur la profondeur atteinte (comparaison avec filet ordinaire).

renforçant le filet, l'armature revêt une forme qui abaisse l'ensemble du chalut à une profondeur fonction de la longueur du câble et de la vitesse du bateau.

*Les équerres* : Articulées sur les extrémités de l'armature métallique, elles sont constituées de barres d'acier de 3,75 cm de large et 0,25 cm d'épaisseur. Leur angle supérieur est à 72,5 cm au-dessus et 15 cm en avant du bord d'attaque de l'armature. Leur montage sur charnières permet aux bras de la bride d'exercer une traction rectiligne aux deux bouts

de l'armature. Avec une telle articulation, si l'armature plie et si ses haubans se déforment, les 2 points de fixation inférieurs ne sont pas soumis à un mouvement de va-et-vient d'avant en arrière.

*Etai et haubans* : La partie de l'armature faisant face au fond est renforcée par un hauban en câble d'acier allant d'une extrémité à l'autre et prenant appui au milieu sur un étai. Le mou possible sur le hauban est diminué par l'intermédiaire d'un ridoir.

*Le filet* : Il mesure 9,40 m de long, la taille de la maille étirée est 6,25 cm. Il présente une forme conique. Postérieurement son diamètre se réduit jusqu'au  $\frac{3}{4}$  de sa longueur, ensuite il se termine en offrant un aspect tubulaire, le diamètre diminuant beaucoup plus lentement 62,5 cm, 40 cm, 21,25 cm.

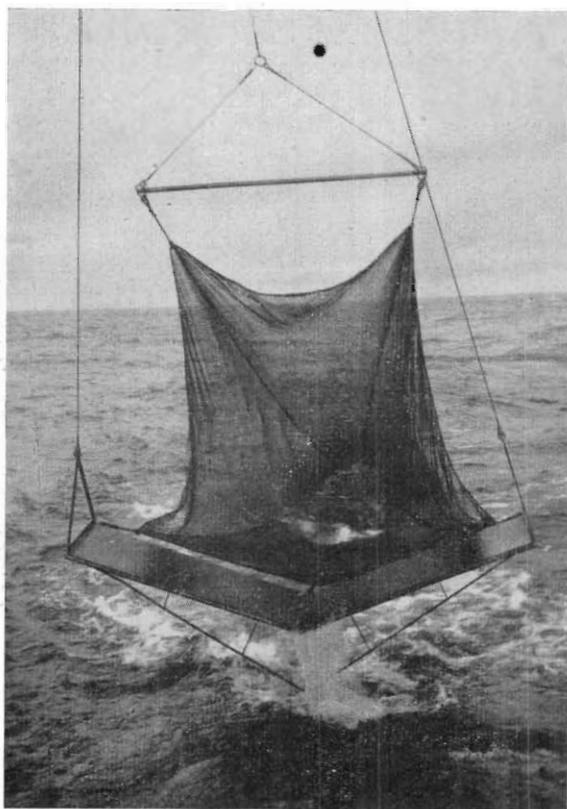


FIG. 42. — Remontée du filet à évolution variable.

Ce filet est doublé intérieurement par une nappe dont la maille étirée mesure 1,5 cm, elle s'attache à 90 cm de l'ouverture extérieure et se poursuit jusqu'à l'extrémité.

Cinq cordeaux de 1,5 cm de diamètre renforcent le filet sur toute sa longueur, ils se fixent en avant sur l'armature et se rattachent à la partie postérieure aux cordeaux ( $\varnothing$  0,93 cm) du cul de chalut. Des anneaux d'acier assurent à ce dernier sa forme tubulaire. Le filet est relié aux extrémités de la barre supérieure ainsi qu'au centre et aux angles de l'armature.

La doublure est cousue le long des cordeaux tous les 1,50 m et est fixée au filet même par des points placés au hasard : environ 1 point pour une surface de 0,15 m<sup>2</sup>. Les anneaux d'acier de la partie terminale sont assujettis entre la nappe interne et le filet proprement dit.

Cette partie du chalut sépare les animaux de l'eau filtrée et les conduit par l'intermédiaire de la partie terminale dans le collecteur. Ceci leur fait subir un minimum de dommage et assure une filtration maximum de l'eau. Les cordeaux incorporés au filet permettent également d'éviter la perte du collecteur.

*Collecteur*. — Le collecteur a son fond perforé de 41 trous de 0,545 cm de diamètre et 326 de 0,312 cm de diamètre, placés plus ou moins au hasard. Les côtés, aux angles arrondis, sont eux-mêmes percés dans leurs six derniers centimètres de 98 orifices de 0,467 de diamètre. Il est fixé au cul du chalut par serrage d'une corde qui coulisse dans un ourlet.

Le collecteur permet la rétention des animaux en bon état. L'introduction constante d'eau de mer à travers la paroi empêche la fuite des prises et en même temps neutralise

les phénomènes de turbulence qui pourraient endommager les exemplaires, amener l'obturation des orifices puis la perte des captures.

Ce réservoir peut être remplacé sans danger par la partie terminale d'un filet à plancton (voir filet à plancton).

*Trait.* — Le trait peut avoir lieu à la vitesse de 4,6 nœuds. Au cours de l'opération, toutes les 30 minutes on mesure l'angle du câble à l'aide d'un rapporteur (voir prise de plancton) et grossièrement on détermine, connaissant la longueur de fune mise à l'eau, la profondeur où pêche l'engin. On contrôle le fond au sondeur pour éviter tout accrochage (fig. 41). Exemple :

Temps	Angle L	Cos. L	Câble	Prof. du chalut	Profondeur
00,30	57	0,54	4.000 m	2.160 m	3.840 m

Parallèlement, un dynamomètre placé sur le pont mesure la tension de la fune.

Ce chalut a déjà permis la capture d'approximativement 20 nouvelles espèces de poissons bathypélagiques, plusieurs représentant de nouveaux genres et un probablement une nouvelle famille. Son emploi permet également d'effectuer des prises au niveau de la « couche D.S.L. », échos de nature mal définie qu'enregistrent les sondeurs à certaine profondeur.

#### PECHE DE NUIT A L'EPUISETTE

Au cours des stations de nuit, une lampe de forte puissance est suspendue à la lisse. De nombreuses espèces de céphalopodes et de poissons attirées par la lumière sont alors capturées à l'aide d'épuisettes ordinaires. On peut citer parmi les exemplaires obtenus ainsi : des Myctophidæ (*Myctophum affini*, *M. aurolaternatum*, *M. spinosum*, etc...) (*Gonichthys*), des Belonidæ (*Tylosurus*), des Hemirhamphidæ, des Exocœtidæ (*Oxyporhamphus*, *Cypsilurus*), des Coryphaenidæ (formes juvéniles de *Coryphaena hippurus*), des Gemphyliidæ (*Gemphylus serpens*), des Balistidæ (*Balistes capriscus*), des Scombridæ (larves de *Neothunus macropterus*, et de *Katsuwonus pelamis*), etc...

#### EMPOISONNEMENT DES EAUX

Au cours de l'escale à Barrington Island (Santa-Fe, du groupe des Galapagos) nous avons procédé à l'empoisonnement d'une crique afin d'obtenir des exemplaires pour collection. Cette méthode, qui permet la capture rapide d'exemplaires, se fait grâce à l'action asphyxiant des roténones (racines de Derris réduites en poudre). Les poissons peuvent, paraît-il, être consommés sans danger. Le procédé d'utilisation de la substance toxique est le suivant :

1° Mélanger la poudre avec de l'eau jusqu'à l'obtention d'une pâte de consistance molle.

2° Répandre cette pâte le long des parois rocheuses, au pied des falaises, dans des endroits où le courant est assez faible. Le poison est descendu dans des boîtes métalliques bouchées par un couvercle emboîté (genre pot de peinture), les opérateurs plongent et répandent la pâte le long des anfractuosités abondamment peuplées par des espèces variées.

3° Attendre 15 à 20 minutes. Plus la température de l'eau est basse, plus ce temps doit être prolongé.

4° Ramasser les poissons. La plupart d'entre eux ont tendance à s'enfoncer, aussi est-il nécessaire de nager et de plonger pour procéder au ramassage.

### OBSERVATIONS ZOOLOGIQUES DIVERSES

Bien que ceci n'entre pas dans les buts du présent rapport, nous mentionnerons, à titre de curiosité, quelques noms d'animaux parmi les plus typiques rencontrés au cours des escales et pendant la croisière :

*Cétacés.* — *Rhachianectes glaucus* « Gray whales », au large de la Basse-Californie, par couples, sur le chemin du retour (13 décembre).

*Reptiles.* — *Pelamydrus platurus* (Hydrophidæ), serpent parfaitement adapté à la vie aquatique, nageant en pleine mer à plusieurs dizaines de milles des côtes (golfe de Panama).

— *Conolophus pallidus* : Iguane terrestre; captures réalisées dans l'île de Santa-Fé (Barrington-Galapagos).

— *Amblyrhynchus cristatus* : Iguane marin présentant de véritables concentrations sur les escarpements rocheux des falaises volcaniques de l'île Isabelle (Galapagos).

*Oiseaux.* — Le nombre des oiseaux rencontrés aux Galapagos est trop élevé pour permettre ici la constitution d'une liste. Parmi les espèces les plus représentatives, nous citerons :

— le pingouin des Galapagos (*Spheniscus mendiculus*), réuni par petits groupes, sans présenter de véritables « rockerries » sur l'île Isabelle ;

— les fous : fous à pieds bleus (*Sula nebouxii*) ; fous masqués (*Sula dactylatra*) ;

— les cormorans aux ailes atrophiées : *Nannapterum harrissi* (Isabelle) ;

— les pélicans (*Pelicanus occidentalis*) ;

— les sternes fuligineuses : *Sterna fuscata* (Isabelle) ;

— les frégates (*Fregata magnificens*) ;

— les phaetons (paille en queue) « *Phaethon æthereus* » ;

*Pinnipèdes.* — Une colonie importante mâles, femelles et jeunes (à Berrington) d'otaries *Zalophus wolbecki*. Des individus isolés à Isabelle.

### VII. — CONCLUSION

Pour terminer, nous devons souligner tout l'intérêt qu'a présenté pour nous « EASTROPIC ». Au cours de cette croisière, grâce à l'amabilité de tous, au milieu de la plus franche camaraderie, nous avons eu la possibilité de nous initier à l'opération d'un matériel aussi récent qu'important, mis au service de l'océanographie. Aussi tenons-nous à remercier tout particulièrement :

Milner B. SCHÆFER, directeur de l' « Inter American Tropical Tuna Commission » (S.I.O.) ;

Townsend CROMWELL, océanographe (S.I.O.) ;

John A. KNAUSS, océanographe (S.I.O.) ;

Gordon VOLKMAN, océanographe (S.I.O.) ;

Wayne V. BURT, océanographe (Oregon State College) ;

John KANWISHER, biologiste (Woods Hole, Mass.) ;

Alfred W EBELIN, biologiste (S.I.O.) ;

Robert GILKEY, technicien (S.I.O.) ;

Dougall REITH, technicien (S.I.O.) ;

James COSTELLO, chimiste (S.I.O.) ;

James B. JORDAN, technicien (S.I.O.) ;

Gerald ALEXANDER, technicien (S.I.O.) ;

Marvin HOPKINS, capitaine, et tout l'équipage de l' « Horizon ».