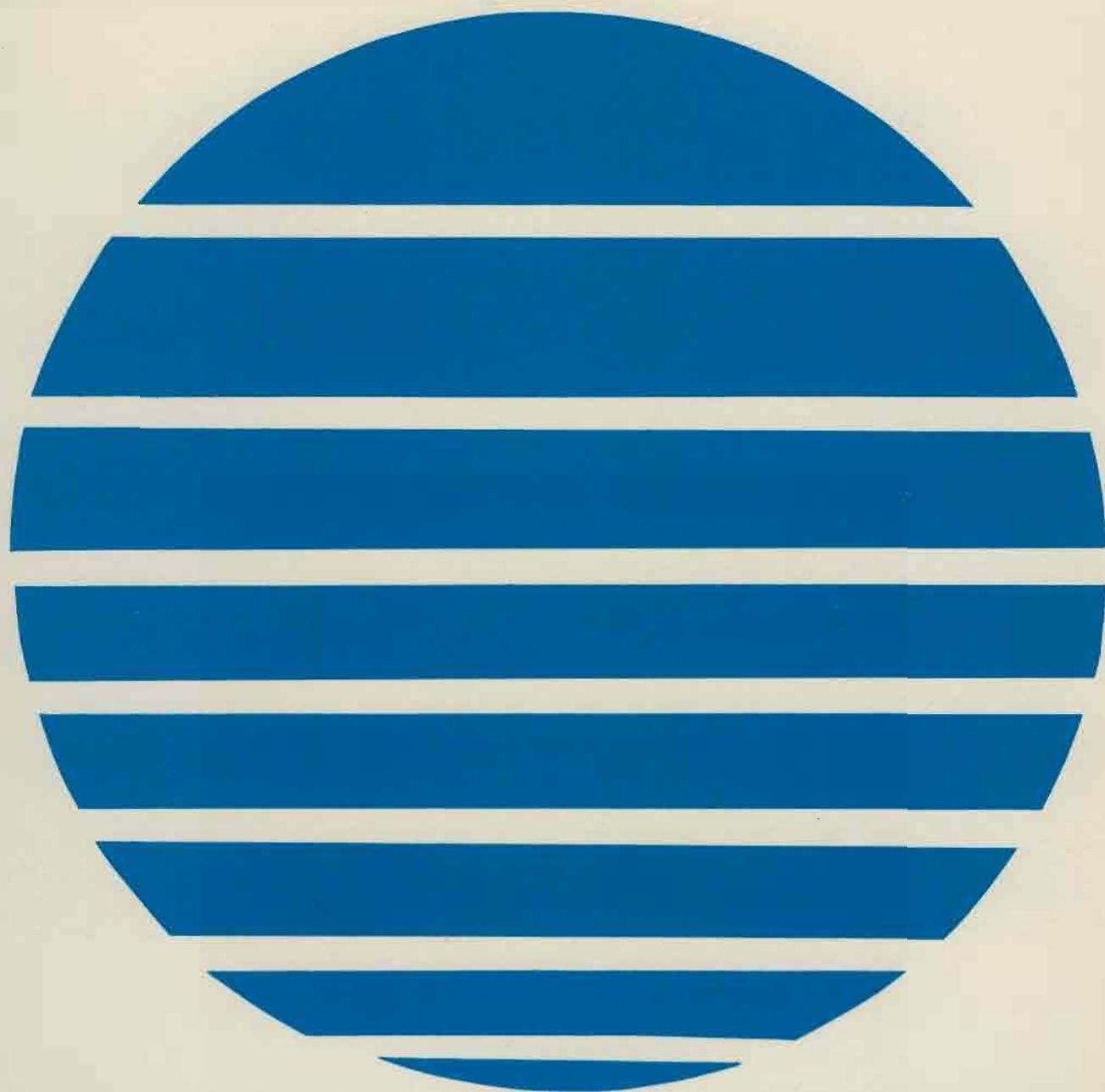


ANNALES HYDROGRAPHIQUES

5ème Série - Vol. 6, fasc. 2 - 1978

No 749



Service Hydrographique
et Océanographique de la Marine - Paris

- Toute correspondance relative au contenu de cette publication, et notamment à l'insertion d'articles, doit être adressée au Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, 3, avenue Octave-Gréard, 75200 Paris Naval.
- Toute correspondance relative au service de cette publication doit être adressée à l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la marine, 13, rue du Chatelier, B.P. 426, 29275 Brest Cedex.

ANNALES HYDROGRAPHIQUES

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Première partie	
Mesure <i>in situ</i> des modalités de propagation des ondes longitudinales ultra-sonores dans les sédiments marins : application à la détermination des paramètres mécaniques et physique de ces sédiments, par M. J.P. LONGUEMARD, du Centre de Recherches de Sédimentologie Marine, Centre Universitaire de Perpignan	3
Problèmes posés par l'automatisation du dosage potentiométrique de l'oxygène dissous dans la méthode de Winkler, par MM. J.L. CARSIN, Pharmacien-Chimiste des Armées et A. PAITRY, Ingénieur-Chimiste	19
Deuxième partie	
Mission Océanographique de l'Atlantique (octobre 1972 - octobre 1974), par M. B. SCHRUMPF, Ingénieur en chef de l'Armement (hydrographe)	29
Mission Hydrographique de Nouvelle-Calédonie (janvier 1972 - mai 1974), par M. F. MILARD, Ingénieur en chef de l'Armement (hydrographe)	87



PREMIÈRE PARTIE

—

MESURE *IN SITU* DES MODALITÉS DE PROPAGATION DES ONDES LONGITUDINALES ULTRA-SONORES DANS LES SÉDIMENTS MARINS : APPLICATION A LA DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES MÉCANIQUES ET PHYSIQUES DE CES SÉDIMENTS

par

M. J.P. LONGUEMARD

du Centre de Recherches de Sédimentologie Marine,
Centre Universitaire de Perpignan (*)

RÉSUMÉ

La méthode différentielle décrite ci-dessous permet d'acquérir les valeurs de paramètres acoustiques (vitesse et atténuation) à l'aide d'un célérimètre muni de 2 jeux de sondes (émetteurs, récepteurs) qui pénètrent dans les vases sous-marines.

Le principe de la mesure consiste à apprécier dans les modalités de propagation des ondes :

- une différence de temps de parcours ($t_2 - t_1$),
- une différence de phase ($\varphi_2 - \varphi_1$),
- une perte d'amplitude ($\psi_2 - \psi_1$).

Ces trois types d'écart correspondent chacun à deux longueurs de parcours acoustiques r_2 et r_1 . Les données obtenues permettent de déduire dans le sédiment :

- la vitesse de propagation,
- le coefficient d'atténuation,

d'ondes longitudinales de fréquences comprises entre 10 et 100 KHz.

Les résultats obtenus sur les conditions de propagation des ultrasons sont ensuite corrélés avec les paramètres mécaniques (indice de compression C_c et cohésion C). L'auteur compare également l'impédance acoustique (z) à C_c .

ABSTRACT

The celerimeter described here uses an differential method allowing the acquisition of acoustic data with a excellent accuracy. Two emitting - receiving systems penetrating in the sea floor permit to obtained data *in situ*.

The used processus is determined by :

- a differential time in the acoustic way ($t_2 - t_1$),
- a phase difference ($\varphi_2 - \varphi_1$),
- a logarithmic decrement ($\psi_2 - \psi_1$),

those data concerne two acoustic ways ($r_2 - r_1$) and permit the calculation of

- the acoustical velocity,
- the attenuation,

of acoustic waves.

The ultrasound frequencies are lower that 100 KHz.

The ultrasonic data are compared with the geotechnical qualities of mud (shear strenght density, etc.).

The acoustical impedance (z) is a fonction of C_c and C_c is determined with the acoustical data, the geotechnical qualities of sediments.

(*) Manuscrit reçu en décembre 1977.

I. PRÉSENTATION THÉORIQUE

Le système d'équations qui régit la propagation des ondes élastiques dans le sédiment s'obtient à partir de l'équation ci-dessous [1, 2, 3] :

$$(\lambda + \mu) \operatorname{grad} (\operatorname{div} \varphi) + \mu \Delta(\varphi) + F = 0 \quad (1)$$

où :

λ et μ sont les coefficients de Lamé,

$\varphi(x, y, z, t)$ est le vecteur déplacement des particules,

F est la force extérieure appliquée au système.

Pour une force F harmonique, le système de densité γ_h admet une solution de la forme :

$$F = -\frac{\gamma_h \partial^2 \varphi}{\partial t^2} \quad (2)$$

L'équation (1) satisfait à deux types d'ondes φ (longitudinales) et φ/T (cisaillement).

Dans cette étude nous n'avons tenu compte que des ondes longitudinales ψ_L .

Si l'on pose $\psi_L = \operatorname{div} \varphi$, il vient :

$$(\lambda + 2\mu) \Delta \psi_L = \frac{\gamma_h \partial^2 \psi_L}{\partial t^2} \quad (3)$$

qui admet une vitesse de propagation

$$V_L = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\gamma_h}}$$

La transformation de l'équation (3) en coordonnées sphériques (ρ, φ, θ) conduit à la relation (4). En effet :

$$\Delta \psi_L = \frac{\partial^2 \psi_L}{\partial \rho^2} + \frac{2}{\rho} \frac{\partial \psi_L}{\partial \rho}$$

d'où :

$$(\lambda + 2\mu) \cdot \left(\frac{\partial^2 \psi_L}{\partial \rho^2} + \frac{2}{\rho} \frac{\partial \psi_L}{\partial \rho} \right) = \gamma_h \frac{\partial^2 \psi_L}{\partial t^2} \quad (4)$$

La solution de la relation (4) est :

$$\psi_L = \frac{A}{\rho} \exp j 2 \pi \left(\frac{t}{T} - \frac{\rho}{\lambda} \right) \quad (5)$$

Ce système décrit la propagation d'ondes dans un milieu élastique. Pour être compatible avec un corps viscoélastique comme la vase, il doit être complété par un terme représentant l'atténuation [4, 5, 6, 7, 8, 9]. Soit, pour une pression acoustique :

P_0 reçue à la distance r ,

$$P = \frac{P_0}{r} \exp j \omega t \cdot \exp + j r [\beta(\omega) + j \alpha(\omega)] \quad (6)$$

Le terme $r_0 \alpha(\omega)$ représente l'atténuation, qui, pour un corps homogène est proportionnelle à la pulsation ω [10]. Les paramètres déduits des mesures *in situ* V_L et α sont représentatifs du caractère viscoélastique du sédiment C_r et de sa résistance au cisaillement ou cohésion dans le cas des vases.

II. MÉTHODE D'ACQUISITION DES DONNÉES (célérimètre *in situ*)

Le matériel construit pour cette étude (fig. 1) [2] permet, de par sa conception :

- de satisfaire aux mesures de temps, de phase et d'amplitude, donc de connaître V_L et α ,
- de prélever par carottage non perturbant (qualités géotechniques conservées) les échantillons nécessaires aux analyses des sols sous-marins.

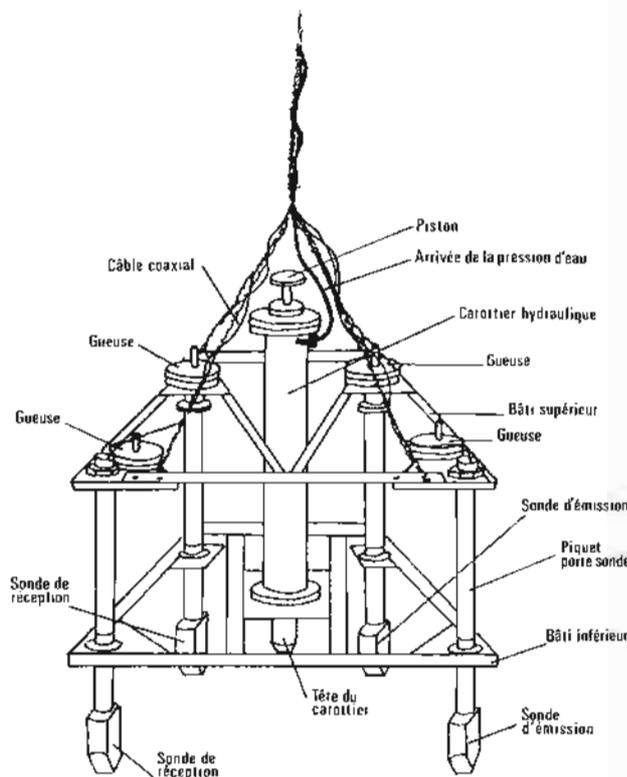


FIG. 1. — Schéma d'ensemble du célérimètre.

Alors que la deuxième catégorie d'opération (géotechnique) des possibilités offertes par ce matériel est simple, la première catégorie d'opération est plus complexe. En effet, le procédé de mesure consiste à évaluer les différences de modalités de parcours occasionnées par une différence de longueur de trajet acoustique Δr soit :

$$V_L = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{r_2 - r_1}{t_2 - t_1} \quad (7)$$

La connaissance de V_L peut être affinée par mesures de phases effectuées en ondes entretenues. La précision ainsi obtenue est meilleure que 1,4 %, et augmente avec la pulsation.

$$V_L = \frac{\omega \Delta r}{2k\pi + \Delta\theta} \quad (8)$$

où :

Δt et $\Delta\theta$ représentent les écarts de temps, de parcours, de déphasage de l'onde influençant les capteurs.

Les transducteurs piézoélectriques utilisés (fig. 2) émettent une vibration de pression (p) proportionnelle à la tension électrique qui leur est appliquée. Dans ces conditions, le coefficient d'atténuation vaut :

$$\alpha = \frac{1}{\Delta r} \cdot \text{Log} \frac{\Psi_{r_1}}{\Psi_{r_2}} - \text{Log} \frac{r_2}{r_1} \quad (9)$$

où :

Ψ_{r_1} et Ψ_{r_2} sont proportionnels aux amplitudes des signaux reçus pour un même niveau de signal émis.

Dans la pratique il y a lieu de tenir compte [11, 2] des gains des chaînes électroniques (G) ainsi que des variations de fonctionnement (S) des jeux de sondes (E_1R_1 , E_2R_2).

III. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les échantillons prélevés à l'aide d'un carottier hydraulique, correspondant aux normes géotechniques, situé au centre du célérimètre, sont étudiés ultérieurement en laboratoire. Les paramètres méca-

Tableau 1

Données géotechniques et acoustiques des sédiments de la baie de Banyuls

Stations expérimentales	C_c	C g/cm ²	γ_d t/m ³	W %	V m/sec	a népers/m	$b \times 10^5$ népers/m/Hz	b calculé népers m/Hz	Z t/m ² /sec
B ₁	0,28	40	1,25	40	1 540	1,5	4,2	4,40	2 782
B ₂	0,177	51	1,27	40	1 608	1,6	5,8	5,67	2 914
B ₃	0,034	102	1,54	26,4	1 646	0	9	10,6	3 209
B ₄	0,032	64	1,42	35,4	1 694	0	10	9	3 060
B _{5H}	0,18	25	1,12	48,6	1 540	0	5,3	5,3	2 556
B _{5B}	0,25	27	1,22	47,1	1 551	0,5	4,2	4,4	2 683
B ₆	0,09	35	1,42	33	1 652	1,2	5,3	6,7	3 122
B ₇	≠ 0	100	1,46	26,4	1 689	0	12,5	11,3	3 378
B ₈	0,159	30	1,32	37	1 618	0,5	4	5,69	2 944
B ₉	0,266	34	1,23	41,5	1 601	1,1	3,9	4,15	2 769
B ₁₀	0,2	24	1,31	38	1 580	0	3,75	5,05	2 859
B ₁₄	0,155	60	1,29	41	1 618	1	6,3	6,3	2 960
B ₁₅	0,33	24	1,27	37	1 590	0,6	3	3,39	2 718
B _{16H}	0,222	36	1,19	47,5	1 600	0	4,7	4,7	2 816
B _{16B}	0,204	38	1,29	40,3	1 607	0	4,9		2 908
B ₁₇	0,23	32	1,3	40	1 550	0,5	3,7	4,6	2 635
					1 558	1	3,6	4,6	
B ₁₈	0,078	30	1,36	36	1 629	1	7	6,98	3 029
B ₁₉	0,284	30	1,28	39,5	1 561	1	5,5	6,25	2 856
B ₂₀	0,09	36	1,34	36	1 632	0,2	7,5	6,8	2 986
B ₂₁	0,168	45	1,26	39,7	1 569	1	2,8	4,68	2 918
B ₂₂	0,19	40	1,32	41	1 579	0	5	5,03	2 826
B ₂₃	0,22	35	1,25	40	1 577	1	5,3	5,4	2 775
B ₂₄	0,2	26	1,24	41	1 541	1,8	5,4	4,76	2 712
B ₂₅	0,16	26	1,29	39	1 608	0,8	5,4	5,57	3 024
B ₂₆	0,17	24	1,19	47	1 580	0	3,3	5,4	2 765
B ₂₇	0,126	32	1,36	41	1 580	1	5,14	6,2	3 017
B ₂₈	0,22	45	1,31	40	1 597	0,27	3,7	4,81	2 938
B ₂₉	0,27	31	1,25	43,5	1 548	0	4	4,04	2 770
B ₃₀	0,24	28	1,27	41	1 550	0,3	4,3	4,64	2 790
STPR ₇	0,079	70	1,4	37	1 640	2	8	8,18	3 148

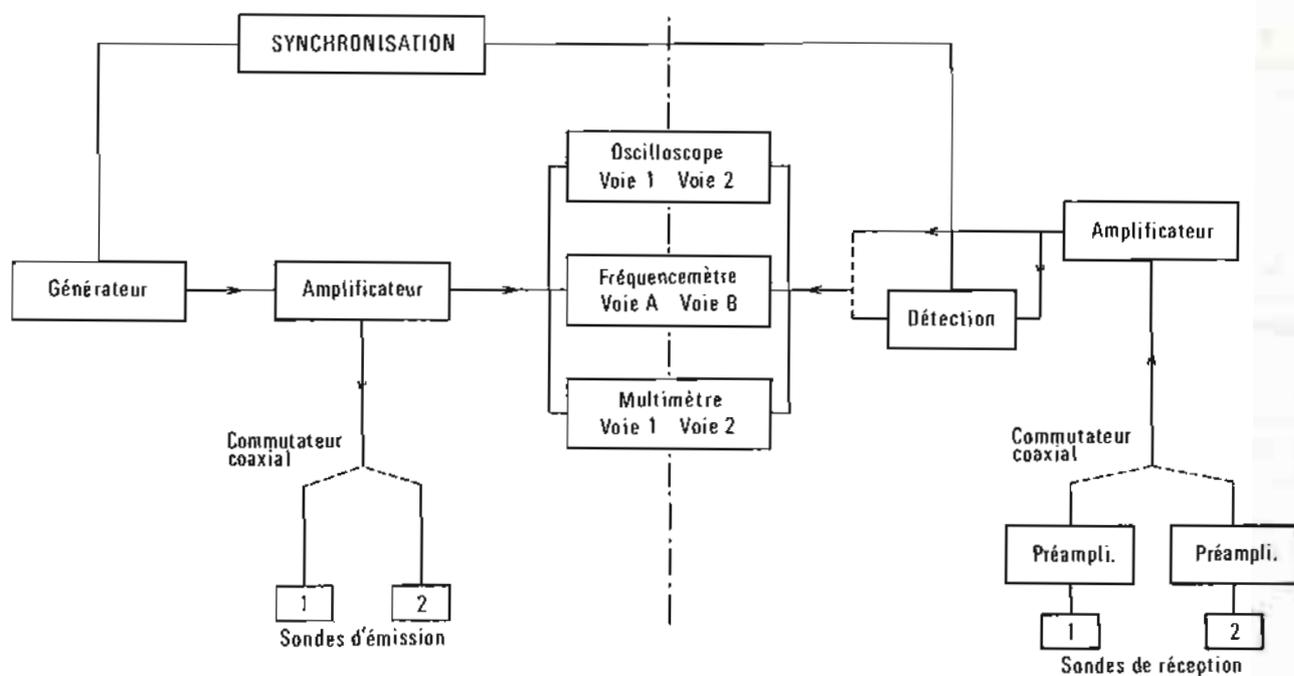


FIG. 2. — Schéma synoptique de la chaîne de mesure.

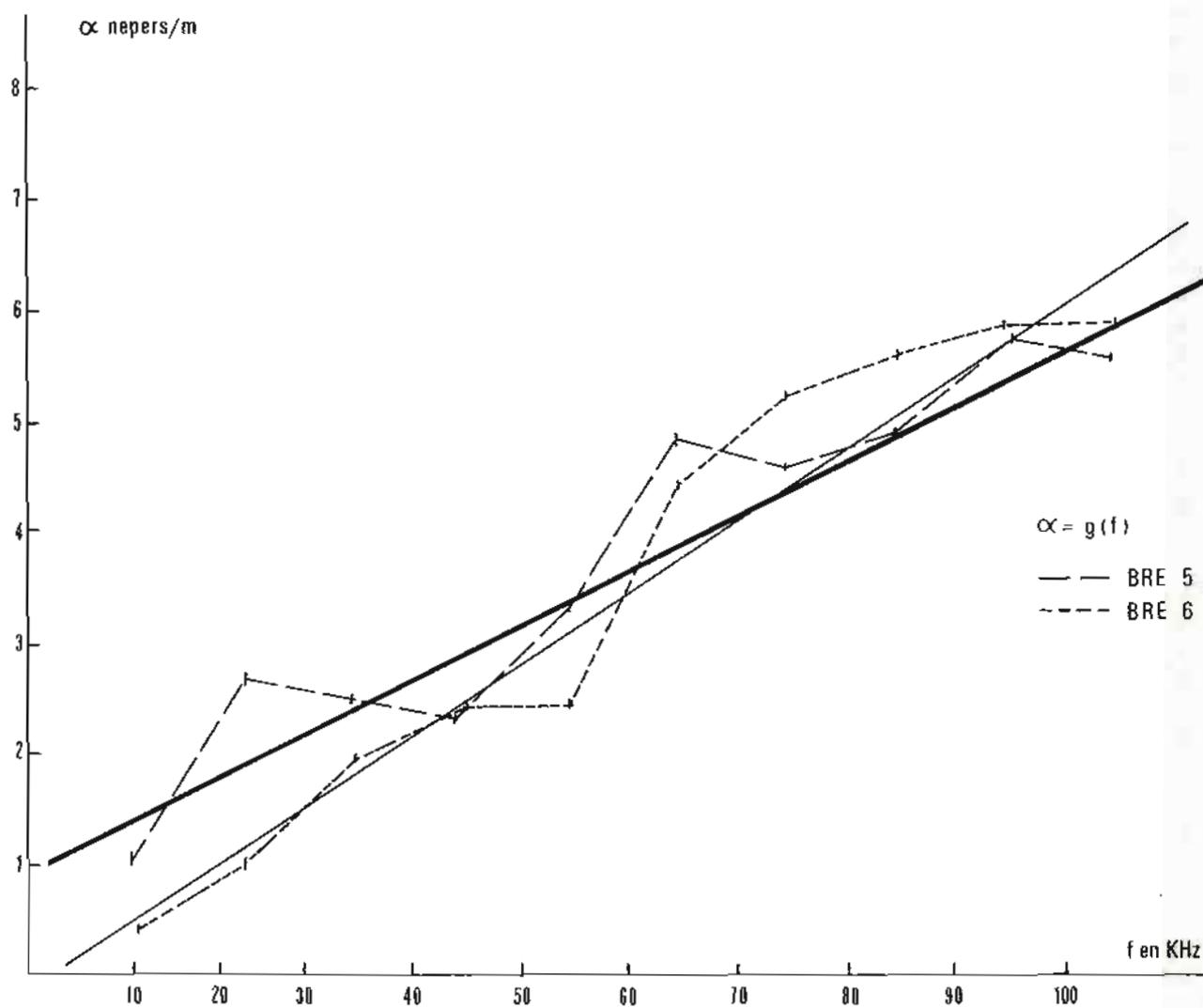


FIG. 3.

Tableau 2

Données géotechniques et acoustiques des sédiments de la rade de Brest et des zones d'essais

Stations expérimentales	C_c	C g/cm ²	γ_d t/m ³	W %	V m/sec	a népers/m	$b \times 10^5$ népers/ m/Hz	b calculé népers m/Hz	Z t/m ² /sec
BR 4	0,67	44	0,97	62	1 562	1,1	8,5	8,65	2 280
BR 7	0,85	45	0,72	101	1 503	1,1	7,6	7,75	2 164
BR 8	0,9	45	0,68	105	1 568	0	6,9	7,5	2 379
BR 11	0,8	50	0,74	97	1 497	0	8	8	2 197
BRE 1	1,7	48	0,64	118	1 474	0	4,12	3,5	2 048
BRE 2	1,26	55	0,60	118	1 498	0	7,5	5,7	2 052
BRE 5	1,3	40	0,67	110	1 538	1,5	5,5	5,5	2 030
BRE 6	1,06	45	0,67	107	1 548	0	7	6,7	2 136
BRP 2	1,21	46	0,62	112	1 570	0	6,8	5,95	2 072
Zones d'essais	0,92	53	0,709	108	1 548	1,5	6,37	7,4	2 274
	0,83	65	0,76	93	1 553	1	6,8	7,85	2 267
	0,96	88	0,701	106	1 576	< 0	6,06	7,2	2 285
	0,87	65	0,784	96	1 601	1,5	6,98	7,65	2 465
	0,99	65	0,707	94	+	< 0	+	7,05	+
	0,706	55	1,136	84	1 500	0	8,7	8,44	2 753
	0,965	60	0,723	101	± 1 500	0	6,46	7,14	2 160
	1,066	50	0,714	101	1 515	0	7,01	6,67	1 263
	0,863	60	0,802	88	1 554	0,6	7,84	7,98	2 337
	+	+	+	+	1 573	0,4	8,54	+	+
	+	+	+	+	1 523	0,3	7,46	+	+
	1,033	60	0,741	93	1 523	1	6,37	6,85	2 234
	0,726	55	0,705	104	1 525	0,4	10,8	8,37	2 300
	1,2	40	0,911	70	1 535	0	5,69	6	2 317
	1,4	35	0,901	78	1 535	0	5,03	5	2 379
	1,2	50	0,986	57	1 540	0	5,69	6	2 387
1,2	50	0,986	57	1 540	0	6,74	6	2 387	

niques ou physiques mesurés sont donc directement comparables aux paramètres acoustiques, propres à des stations expérimentales situées en rade de Brest et en baie de Banyuls.

III.1. Données acoustiques.

Les paramètres déduits des mesures d'amplitude, de temps et de phase sont la vitesse V_L et le coefficient d'atténuation α . L'impédance acoustique (Z) = $V \cdot \gamma_a$ est également présentée dans ce paragraphe.

Pour les fréquences ultra-sonores comprises entre 10 et 100 KHz, V_L est pratiquement indépendant de la fréquence, par contre, la valeur de α est une fonction linéaire de la pulsation :

$$\alpha = a + bf \quad (10)$$

où :

f est exprimée en Hz,

a est exprimée en népers/m,

b est exprimée en népers/m/Hz.

La figure 3 représente pour les deux sites, quelques exemples de variations de α avec f . L'ensemble des résultats est consigné dans les tableaux 1 et 2. Les paramètres déterminés pour chaque station sont les valeurs suivantes :

- moyenne de V_L en m/sec extraite de 10 à 20 mesures,
- b en népers/m/Hz,
- z en t/m²/sec.

La valeur de a qui est pratiquement indépendante des paramètres mécaniques est de 0,48 pour les deux sites. Cette constante pourrait être attribuée au contact sédiment-face parlante des ondes qui ne se fait pas toujours dans les meilleures conditions.

Les variations linéaires de α avec f sont compatibles avec les résultats fournis par d'autres auteurs, soit :

$$\alpha = 2 \cdot 10^{-5} \cdot f, \quad f \text{ en Hz (Hamilton)}$$

$$\alpha = 6,65 \cdot 10^{-5} \cdot f, \quad f \text{ en dB/m (Bernett)}.$$

Pour les stations expérimentales où il a été possible d'acquérir les données à plusieurs niveaux

d'enfoncement des ondes, nous constatons que V , α et z croissent avec la profondeur de pénétration dans le sol (h) à laquelle les mesures ont été effectuées (fig. 4). Le gradient de V , α et z en fonction de h correspond à un gradient croissant de γ_k le long de la carotte.

VARIATIONS DES PARAMÈTRES Z , V , b , EN FONCTION DE LA HAUTEUR

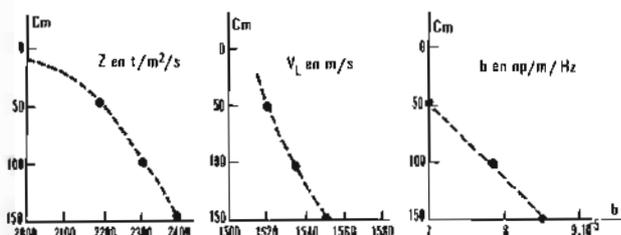


FIG. 4.

III.2. Sites expérimentaux.

Les deux périmètres d'essais (fig. 5 et 6), l'un situé en baie de Banyuls et l'autre en rade de Brest ont été choisis en fonction de leurs caractères sédimentologiques et minéralogiques fort différents. Une troisième zone, l'étang de Salses, a fourni des

données qui sont intermédiaires entre celles de la baie de Banyuls (tableau 1) et de la rade de Brest.

Les valeurs des données mécaniques, déjà publiées [12, 13] sont rappelées dans les tableaux 1 et 2 qui fournissent :

- l'indice de compression C_c ,
- la cohésion C ,
- la densité sèche γ_d ,
- la teneur en eau w .

Les écarts constatés entre les valeurs de C_c , de w et de γ_d en fonction des sites expérimentaux dépendent de la constitution minéralogique des sédiments. Les valeurs de γ_d et de w suivent une variation régulière (cf. courbe $w = g(\gamma_d)$ (fig. 7) tracée pour un poids spécifique de 2,65). Les fortes valeurs de C_c obtenues pour les sédiments de la rade de Brest et de l'étang de Salses restent en accord avec les valeurs de w et γ_d .

Cette courbe renforce la validité des données acquises sur ces types de sédiments saturés. Les vases de la rade de Brest ont une granulométrie plus grossière que celles de la baie de Banyuls, par suite de la présence de débris coquilliers. La présence de mâerl et la forte teneur en eau des sédiments modifient considérablement leur comportement mécanique et imposent une étude séparée des corrélations.

L'obtention d'un indice de décompression C'_c pour ces périmètres d'essais confirme l'existence d'une certaine élasticité (fig. 8 et 9).

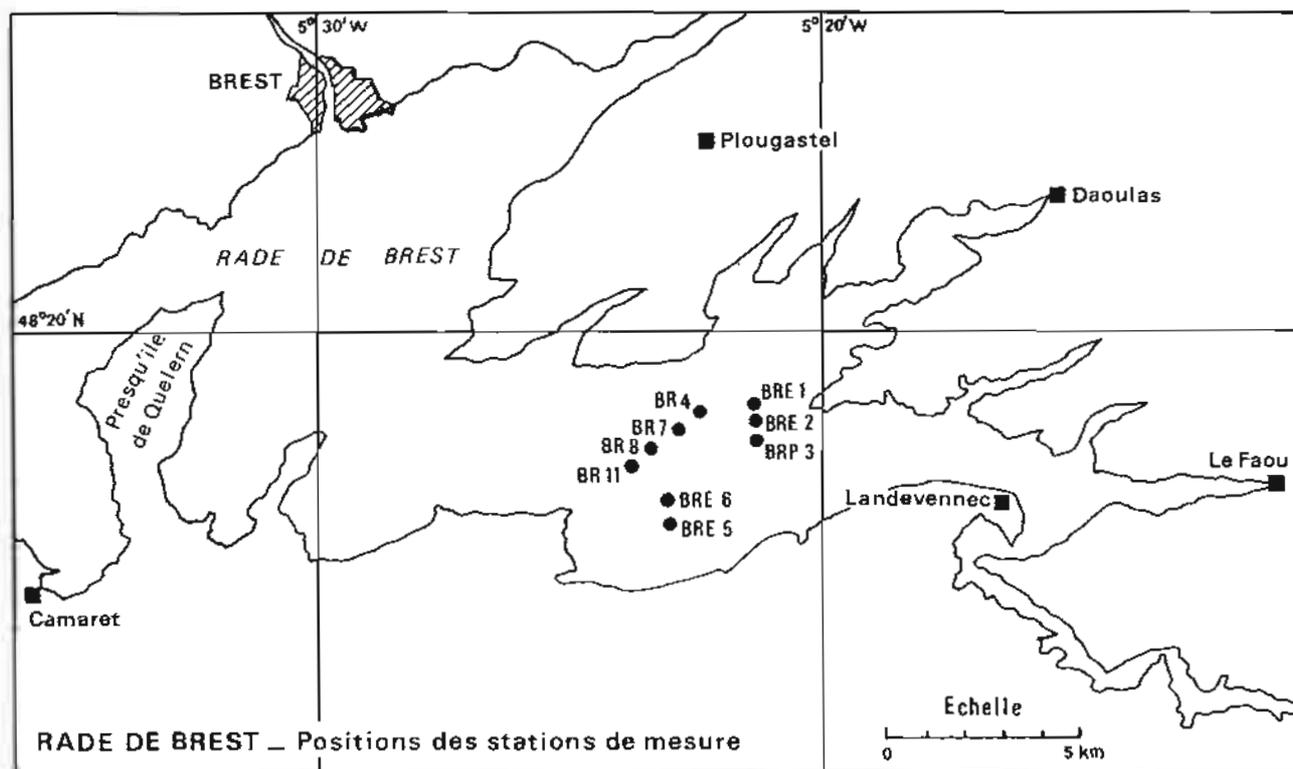


FIG. 5.

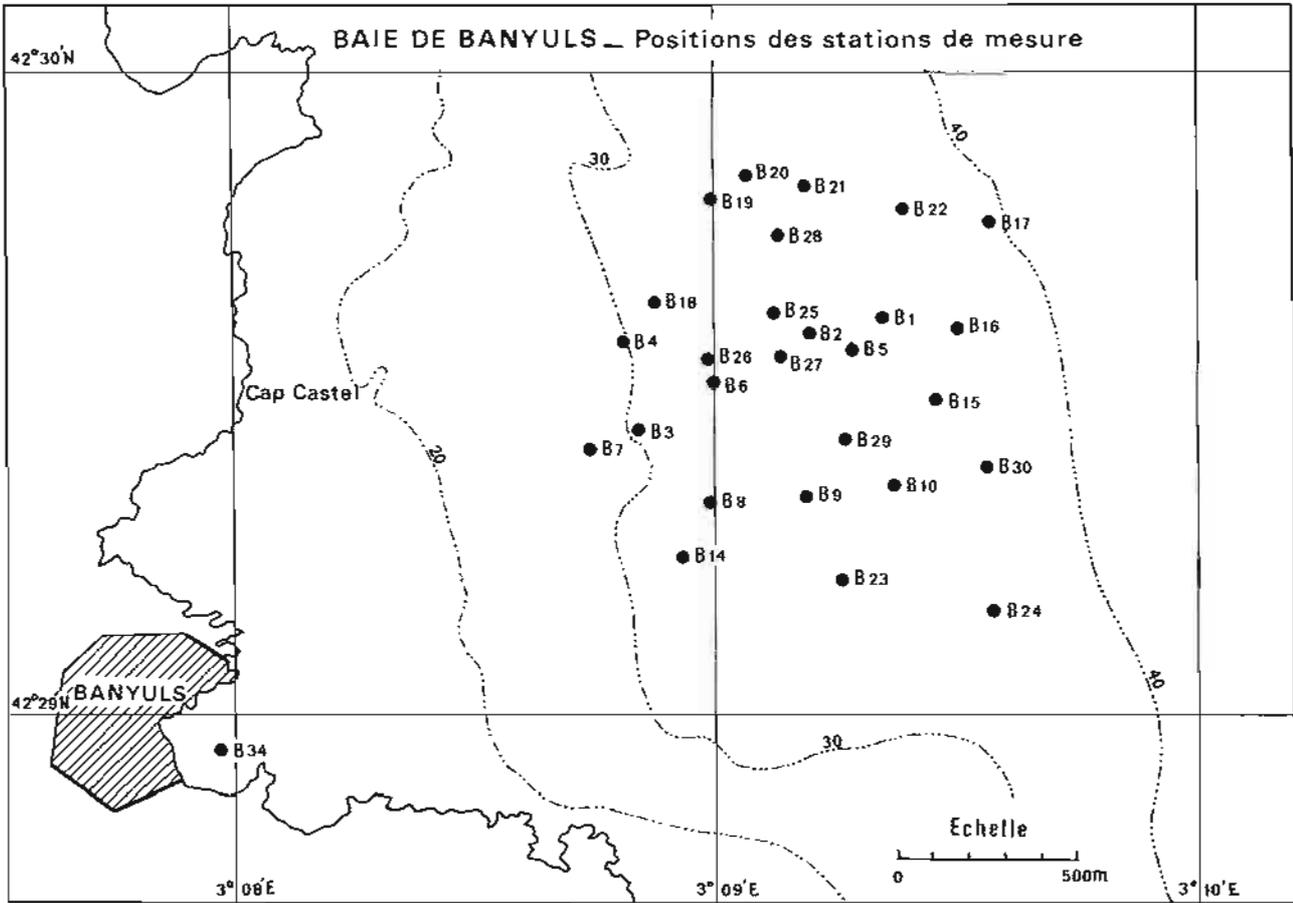


FIG. 6.

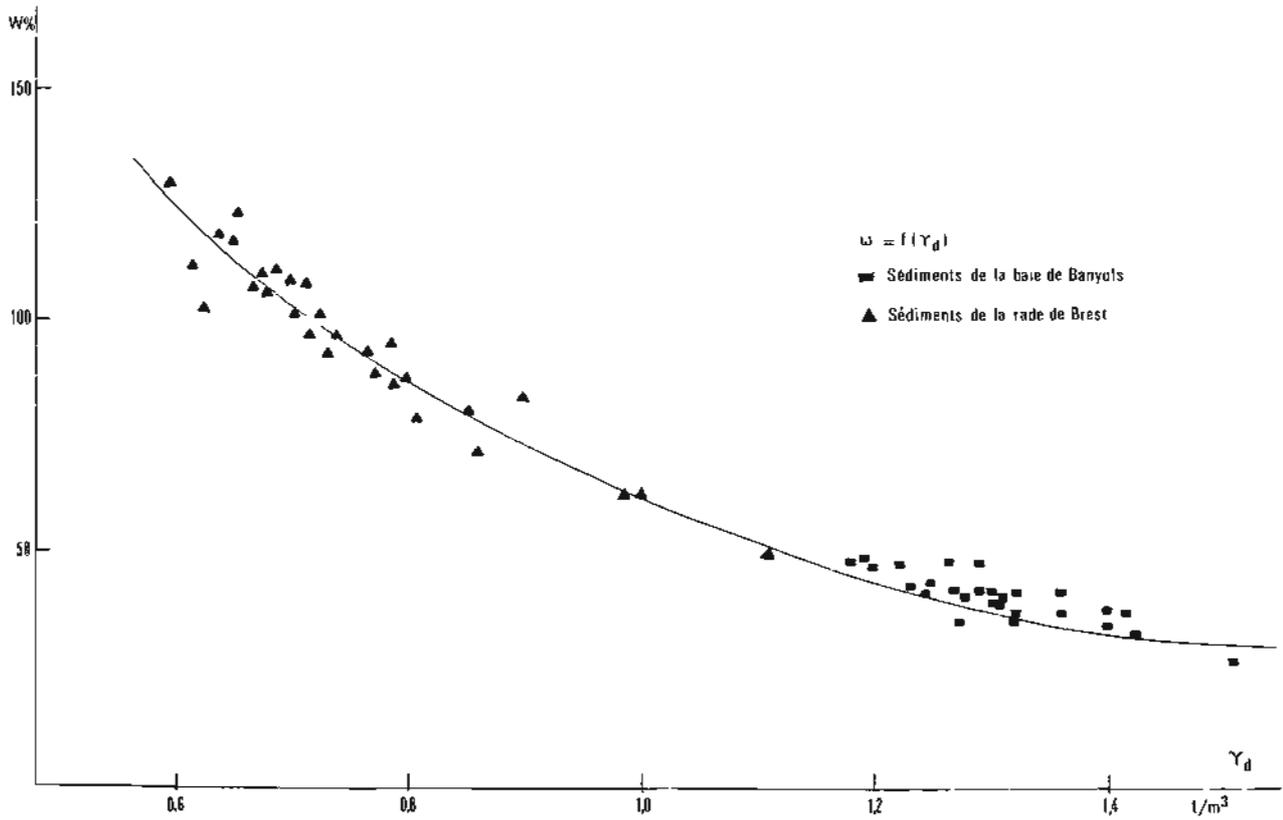
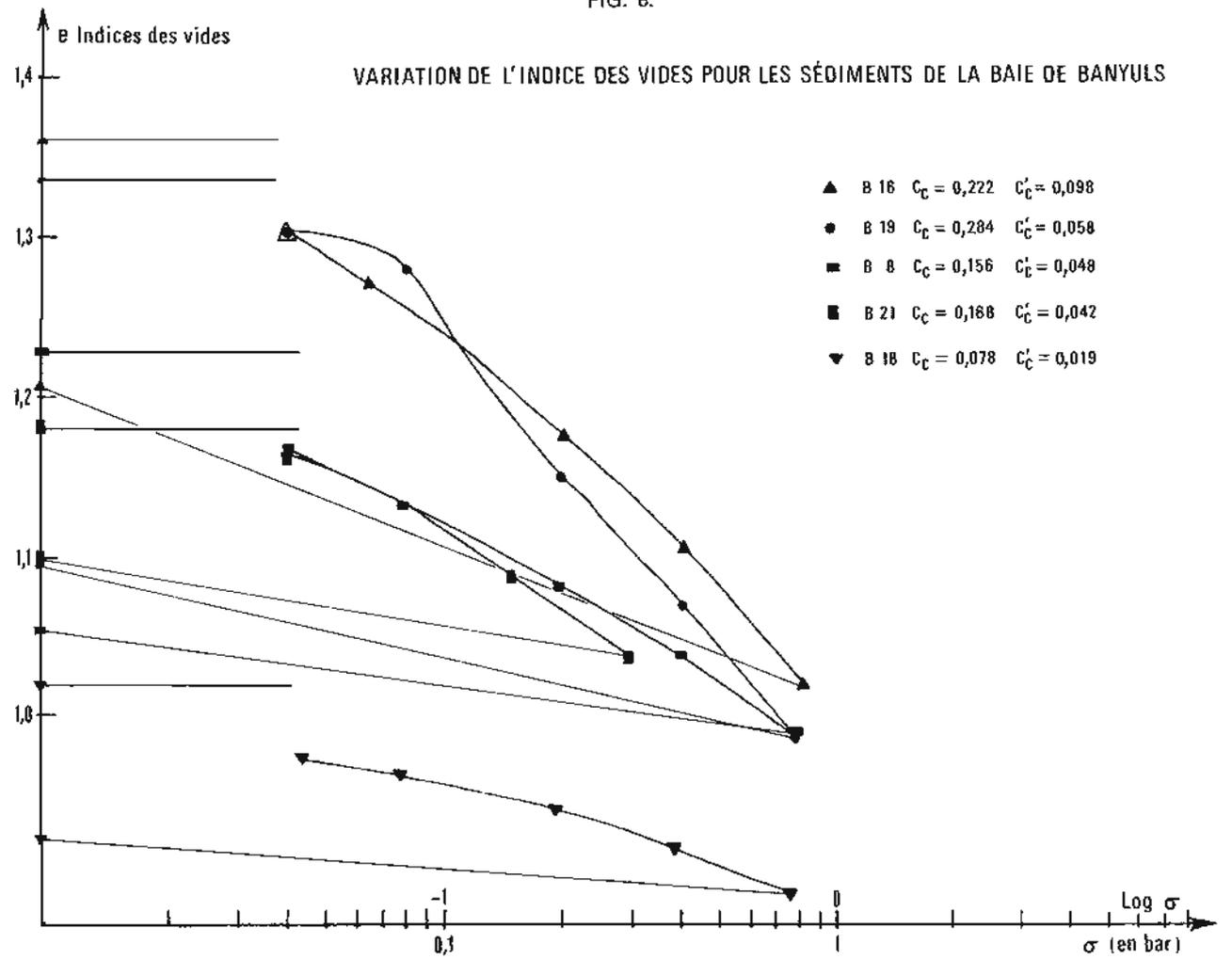
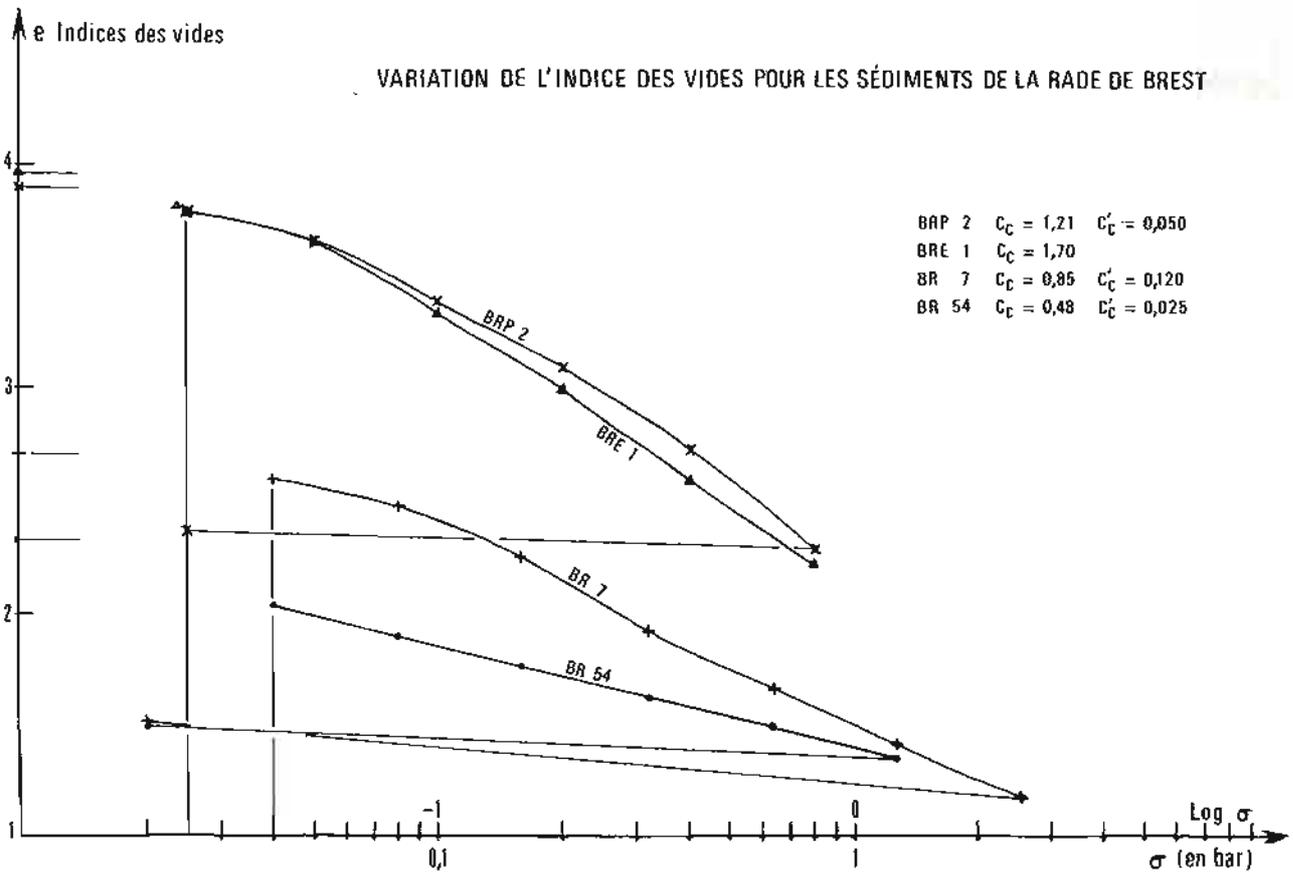


FIG. 7.



IV. CORRÉLATIONS ENTRE α , V_L , C_c et C

Les corrélations peuvent s'utiliser de deux façons :
 — prévisions de α ou de V_L à partir des paramètres mécaniques,
 — détermination de C et de C_c à partir de V_L ou de α .

L'expérience montre qu'il est plus facile de calculer α à partir des paramètres définissant le sol que d'effectuer le contraire. L'application des mesures acoustiques à la connaissance des caractères mécaniques des vases nécessite l'étude des corrélations b ou $V_L = f(C, C_c)$.

IV.1. Détermination de b à partir de C et de C_c .

a. Sédiments de la rade de Brest (Stations BR).

Les vases de la rade de Brest, à forte teneur en eau, permettent d'obtenir directement b en fonction

de w ou de C_c , car C_c est pratiquement proportionnel à w . La figure n° 10a montre une décroissance linéaire de b avec C_c , soit :

$$b = 10^{-5} \cdot [12 - 5 C_c] \text{ népers/m/Hz} \quad (11)$$

La valeur α vaut :

$$\alpha = 0,48 + 10^{-5} \cdot f [12 - 5 C_c] \text{ népers/m/Hz} \quad (12)$$

b. Sédiments de la baie de Banyuls (Stations B).

Si les faibles variations de C dans les sédiments des stations BR, n'ont pas permis de mettre en évidence l'action de C sur b , l'important écart de ce paramètre en baie de Banyuls permet d'en apprécier l'influence (fig. 11).

Dans ce site, b croît avec C_c . Chacun de ces paramètres mécaniques impose séparément une variation qui est pratiquement linéaire. Le calcul de $b = f(C_c, C)$ est plus complexe car généralement les sédiments à fort indice de compression ont une faible cohésion. La fonction expérimentale

$$b = f(C_c, C)$$

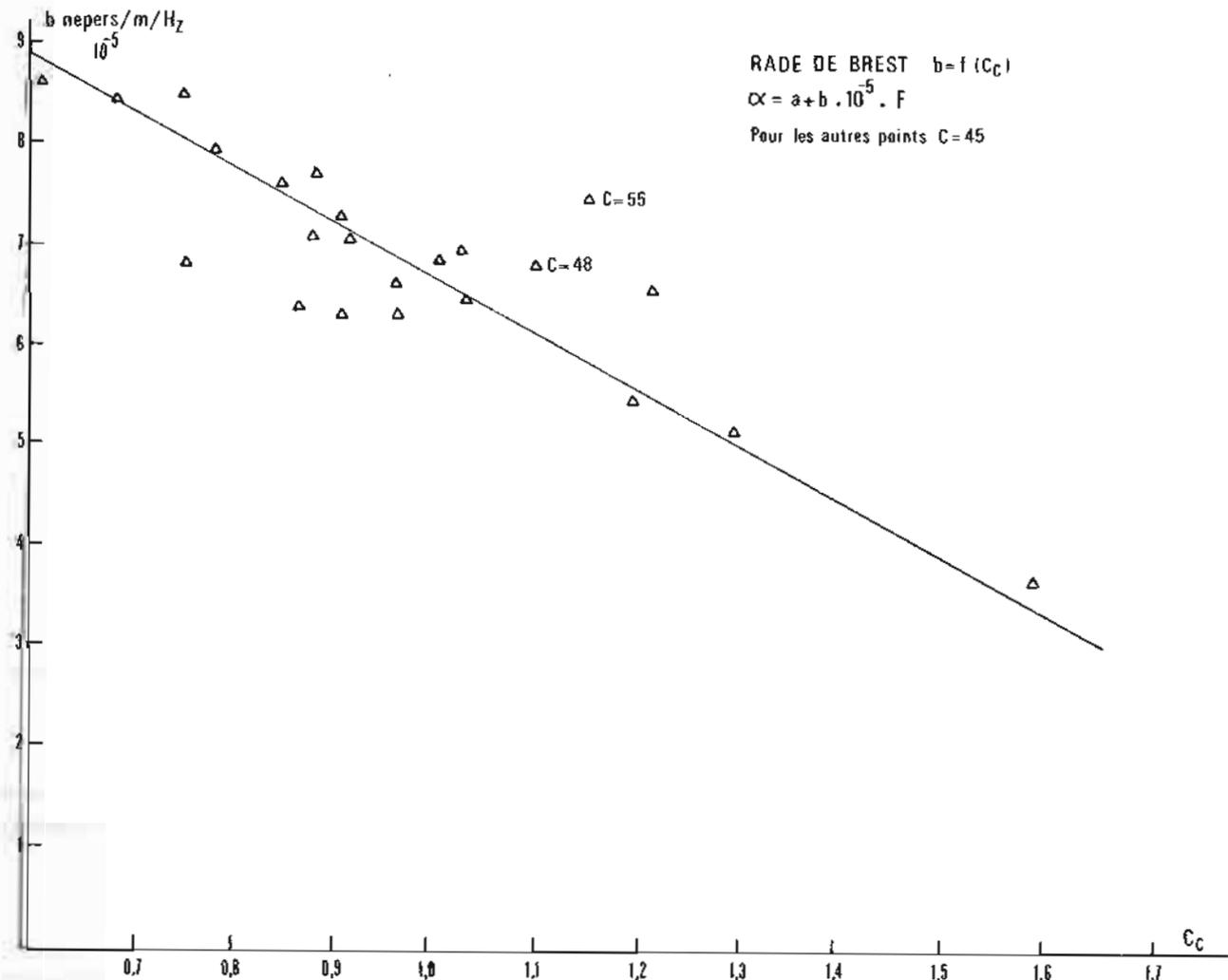


FIG. 10 a.

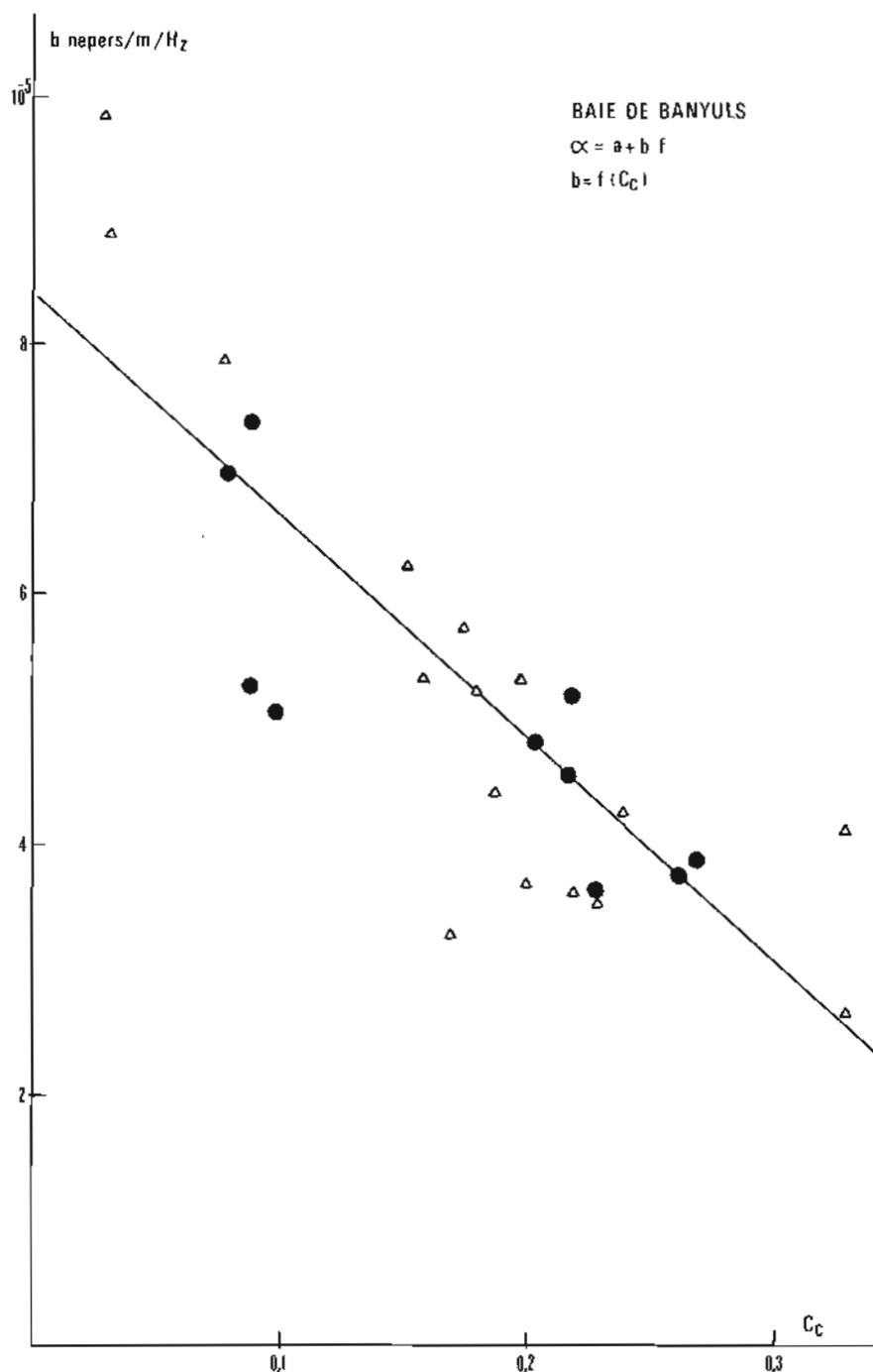


FIG. 10 b.

qui fournit les meilleurs résultats est :

$$b = 10^{-5} \left[6,4 + \frac{C}{20} - 2,6 C^{1/2} \cdot C_c \right] \text{ népers/m/Hz} \quad (13)$$

Elle tient compte des interactions de C sur C_c .

La valeur de α devient :

$$\alpha = 0,48 + 10^{-5} \cdot F \cdot \left[6,4 + \frac{C}{20} - 2,6 C^{1/2} \cdot C_c \right] \text{ népers/m} \quad (14)$$

Les facteurs de corrélation entre b mesuré et

b calculé à partir de (12) et de (13) valent respectivement 0,94 et 0,93.

IV.2. Application à la détermination des paramètres mécaniques et physiques des sédiments.

a. Sédiments de la rade de Brest.

L'application de la formule (11) à la détermination de C_c est directe. Compte tenu des corrélations existant entre C_c et W , il est également possible de

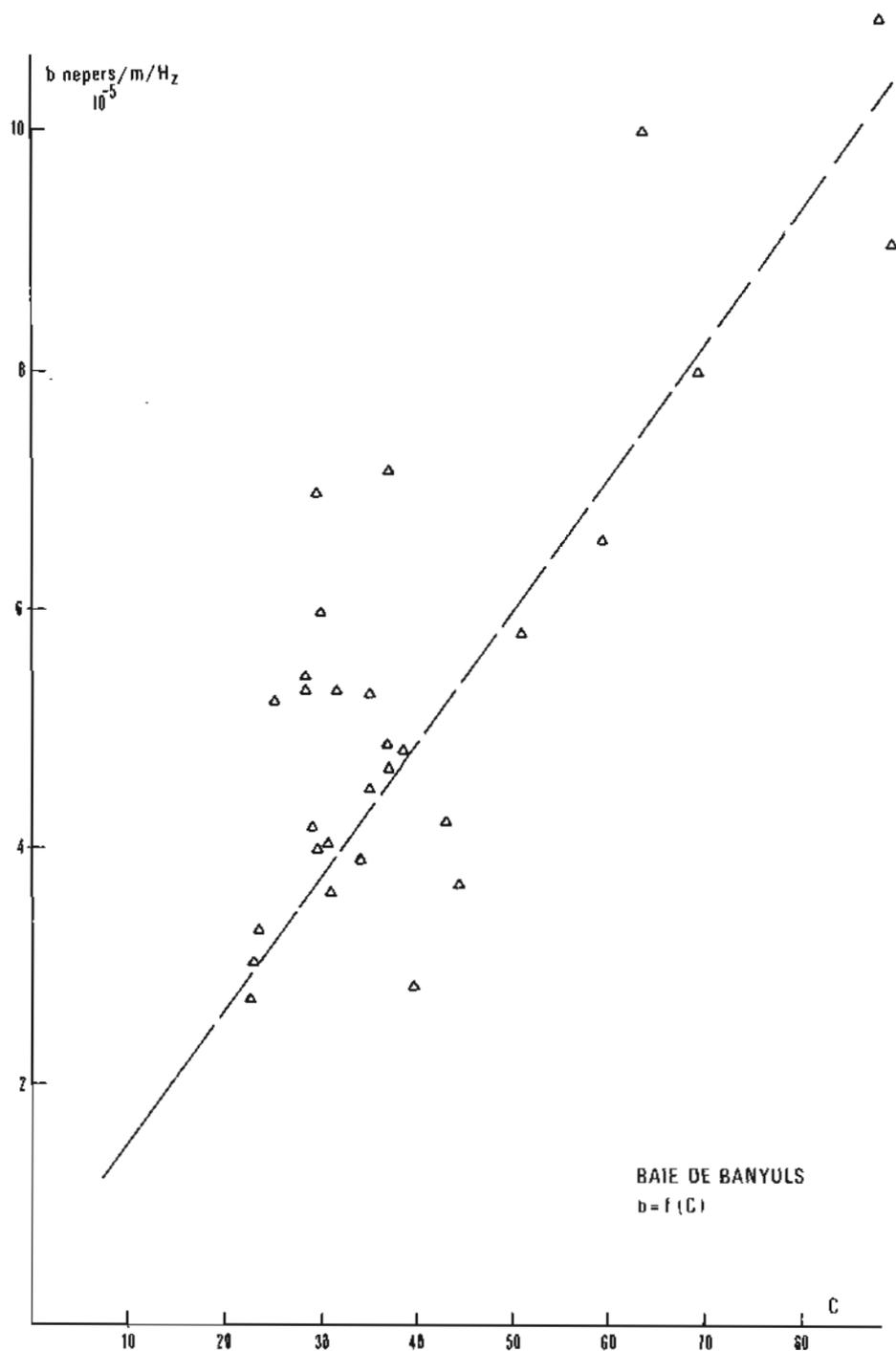


FIG. 11.

connaître W , donc γ_d et par voie de conséquence γ_h .

La relation qui existe entre C_c et W [12] est définie par :

$$C_c = (10^{-3} W - 0,1) \cdot \frac{3}{2} \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}} - f(Q_2) \quad (15)$$

où :

Q_2 est la médiane granulométrique,
 Q_1 et Q_3 sont les quartiles.

Pour les sédiments de la rade de Brest, cette dernière relation se simplifie et peut s'écrire : (fig. 12)

$$C_c = (W_{\%} - 78) \times 0,034 \quad (16)$$

La valeur de W en fonction de b est définie par :

$$W_{\%} = \frac{23,76 - 10^5 b}{0,15} \quad (17)$$

La figure 7, qui illustre $W = f(\gamma_d)$ permet de con-

Tableau 3
Sédiments de la rade de Brest,
valeurs calculées de C_c , W , γ_d , γ_h

Stations	C_c	W %	γ_d t/m ³	γ_h t/m ³
BR ₄	0,7	94	0,75	1,45
BR ₇	0,88	100	0,72	1,44
BR ₈	1,02	105	0,7	1,43
BR ₁₁	0,8	98	0,73	1,44
BRE ₁	1,57	123	0,61	1,36
BRE ₂	0,9	101	0,715	1,43
BRE ₅	1,3	114	0,64	1,36
BRE ₆	1	104	0,69	1,40
BRP ₂	1,04	106	0,67	1,38
	1,12	108	0,68	1,41
	1,04	106	0,67	1,38
	1,18	107	0,675	1,39
	1	104	0,69	1,407
	< 1	104*	0,69	1,407
	1,06	106	0,67	1,38
	1,10	107	0,68	1,407
	0,9	101	0,7	1,4
	1,12	108	0,68	1,414
	0,24	79	0,83	1,485
	1	101	0,715	1,437
	0,83	99	0,725	1,442
	0,69	94	0,75	1,455
	0,44	86	0,805	1,497

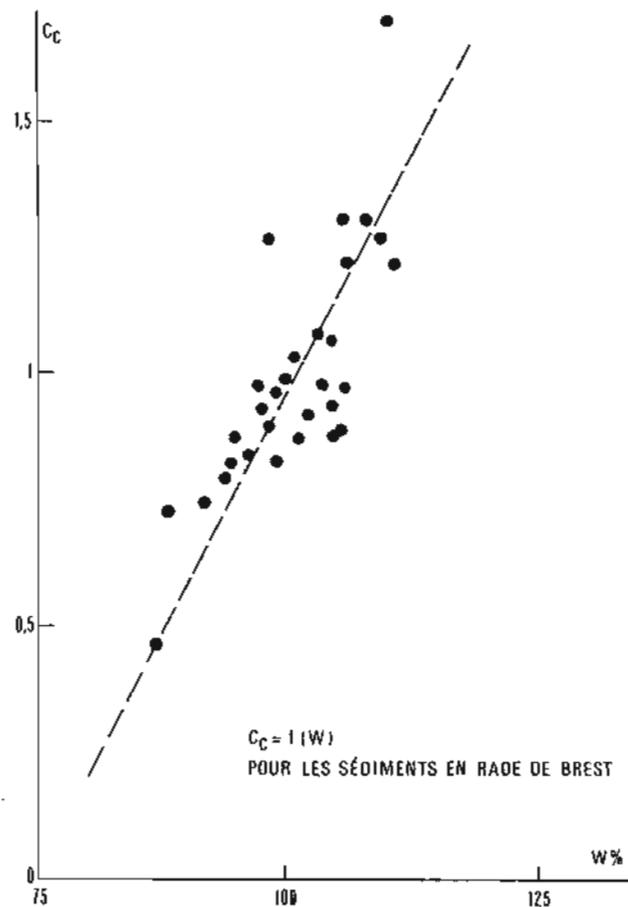


FIG. 12.

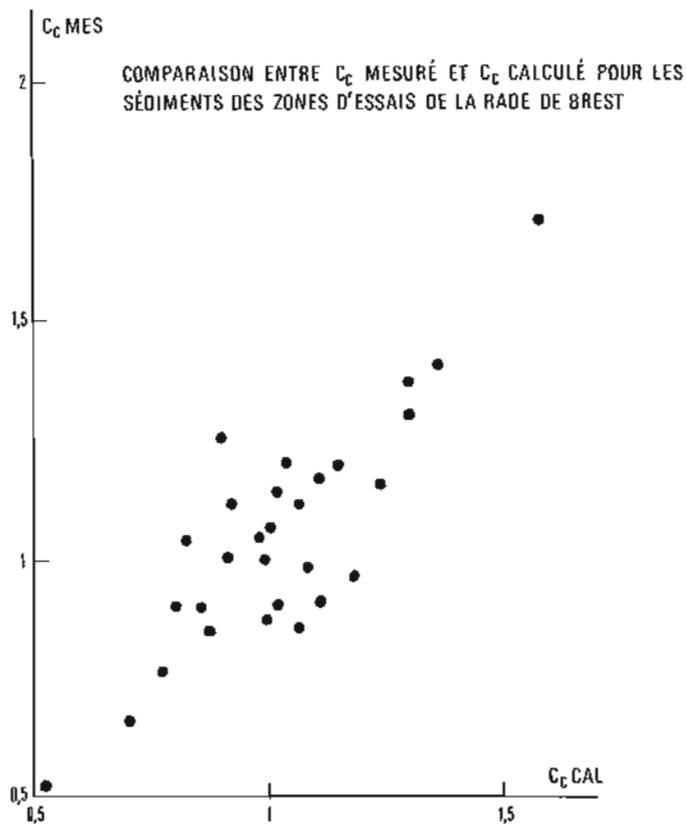


FIG. 13 a.

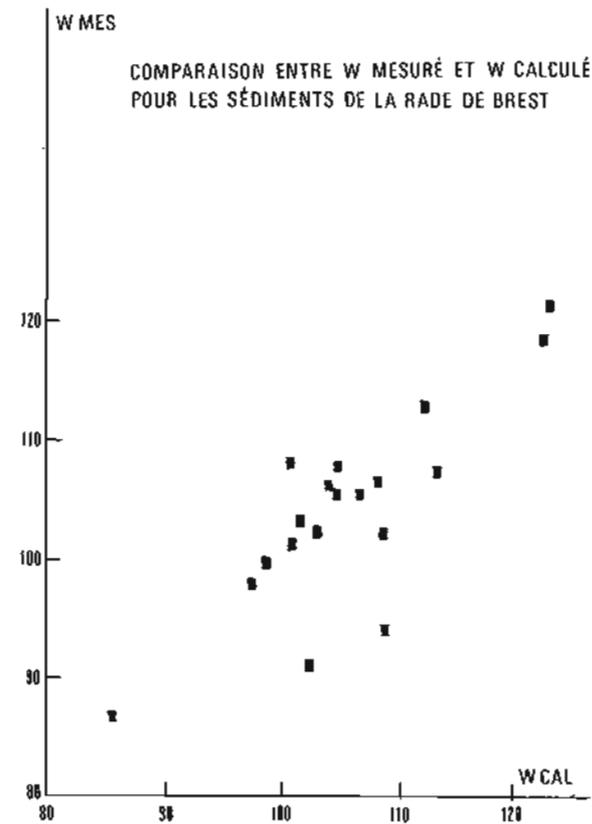


FIG. 13 b.

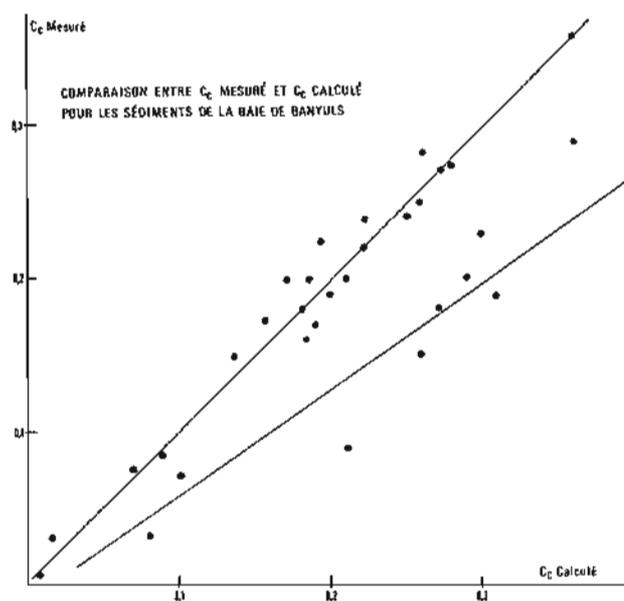


FIG. 14.

naître la valeur théorique de γ_d calculée pour un poids spécifique des grains de 2,65. Dans ces conditions, la valeur de γ_h vaut :

$$\gamma_h = (W + 1) \cdot \gamma_d \quad (17)$$

où :

W est exprimé en valeur relative (sans pourcentage).

Les résultats obtenus par cette méthode sont portés au tableau n° 3. La précision pour chacun de ces paramètres dépend en fait de la teneur en eau (fig. 12). Dans ce procédé il n'est pas tenu compte du rôle de la nature minéralogique des particules du sédiment sur les qualités géotechniques. Le calcul de γ_d et, par voie de conséquence, de γ_h s'en trouve légèrement altéré.

b. Sédiments de la baie de Banyuls.

Les paramètres physiques des vases de ce périmètre de mesure n'ont pas une action aussi déterminante sur les qualités acoustiques que les sédiments de la rade de Brest. La détermination de $b = f(C, C_c)$ passe par la connaissance de deux paramètres. L'application de la relation (13) réclame la connaissance d'un des deux facteurs C ou C_c pour en extraire l'autre. Il est possible d'évaluer C à partir de la courbe $V_L = f(C)$ puis d'extraire C_c de la relation (13).

Le tracé de la courbe $V_L = f(C)$ s'effectue à partir de résultats obtenus sur une quarantaine de stations expérimentales situées dans les vases et de la valeur probable de V_L dans des sables où la résistance au cisaillement est élevée [8].

La valeur numérique de V_L en fonction de C est définie par la formule expérimentale ci-dessous :

$$V_L = 1460 + ac^n \quad (19)$$

où :

a et n sont des constantes ($a = 26$, $n = 0,46$).

Les résultats obtenus à partir des équations (13) et (19), (cf. tableau n° 4) reportés sur la figure 15 font apparaître deux faisceaux de points.

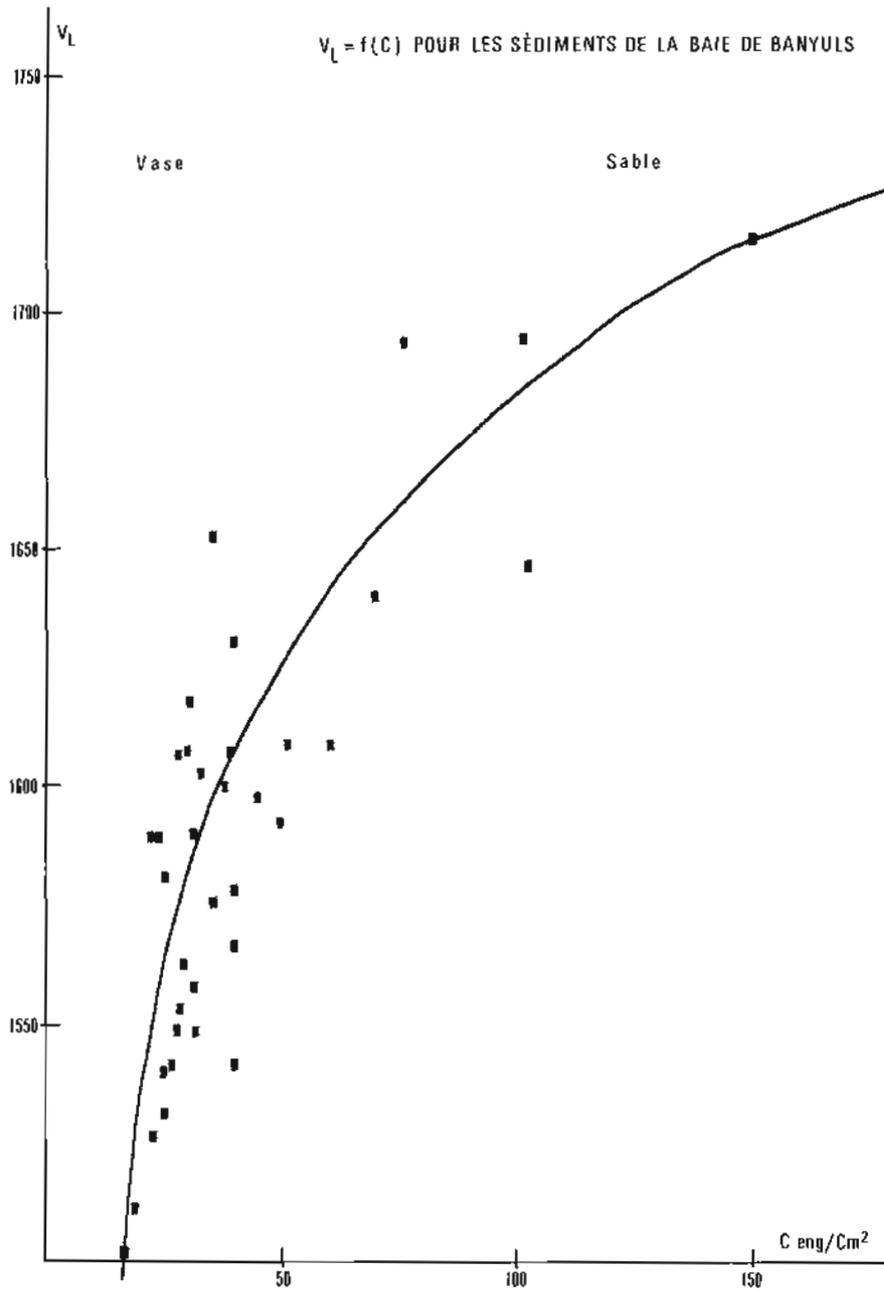
$$C_c = \left[6,4 + \frac{1}{26} (V_L - 1460)^{0,45} - 10^5 \cdot b \right] \cdot \frac{1}{10 (V_L - 1460)^{1,4}} \quad (20)$$

Ce double faisceau implique qu'un autre paramètre devrait compléter C pour le calcul de V_L . Il semble que la densité humide γ_h [14] soit à prendre en considération pour le calcul de V_L , en effet, γ_h tient compte de la densité des minéraux et de la teneur en eau.

Tableau 4

Valeurs calculées de C et de C_c pour les sédiments de la baie de Banyuls

Stations expérimentales	C	C_c
B ₁	24	0,26
B ₂	40	0,158
B ₃	65	0,08
B ₄	120	0,017
B _{5H}	21	0,181
B _{5B}	23	0,27
B ₆	70	0,21
B ₇	110	0,02
B ₈	45	0,26
B ₉	36	0,275
B ₁₀	30	0,29
B ₁₄	46	0,137
B ₁₅	34	0,33
B _{16H}	37	0,224
B _{16B}	41	0,213
B ₁₇	26	0,3
B ₁₈	52	0,106
B ₁₉	25	0,26
B ₂₀	53	0,082
B ₂₁	28	0,36
B ₂₂	30	0,204
B ₂₃	32	0,183
B ₂₄	20	0,172
B ₂₅	41	0,183
B ₂₆	32	0,31
B ₂₇	30	0,19
B ₂₈	36	0,196
B ₂₉	23	0,286
B ₃₀	24	0,25
STPR ₇	60	0,07



V. CONCLUSION

La détermination des paramètres acoustiques V_L et $\alpha = a + bf$ à partir de mesures *in situ* présente deux avantages :

- la connaissance directe des qualités acoustiques des sédiments,
- la possibilité de déduire les qualités mécaniques des vases sous-marines à partir de b et de α .

Les données acquises confirment la variation linéaire de α avec f pour les fréquences ultrasonores inférieures à 100 KHz.

Trois relations expérimentales sont mises en évidence :

- pour les fonds de la rade de Brest, vases à forte teneur en eau

$$\alpha = 0,48 + 10^{-5} (12 - 5 C_c) \cdot f \quad (12)$$

- pour les fonds de la baie de Banyuls, vases relativement compactes

$$\alpha = 0,48 + 10^{-5} \left(6,4 + \frac{C}{20} - 2,6^{1/2} \cdot C \cdot C_c \right) \cdot f \quad (14)$$

$$V_L = 1460 + 26 \cdot C^{0,45} \quad (19)$$

L'emploi des corrélations qui relient les para-

mètres physiques ou sédimentologiques à C et C_v permet de déduire W , γ_h , γ_d . D'autres corrélations en particulier $C_v = g$ (indice de plasticité) pourraient s'utiliser.

Ce procédé d'étude des fonds sous-marins meubles, permet d'obtenir rapidement les paramètres mécaniques qui sont délicats à déterminer en laboratoire à cause des grandes précautions de transport, du traitement immédiat des échantillons et de la durée des mesures, nécessaire à la précision des résultats. La méthode que nous proposons facilite l'établissement de cartes acoustiques et géotechniques, établies à partir de mesures effectuées en réseau dense. Elle permet en particulier d'interpoler avec plus de certitude sur les qualités du sédiment situé entre deux stations de carottage dont les échantillons étudiés en laboratoire servent de repère et doivent être considérés comme des points d'éta-lonnage.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GUEYSSE et SABATE P., 1964. — Acoustique sous-marine. Dunod, 236 p.
- [2] LONGUEMARD J.P., 1977. — Détermination *in situ* de paramètres acoustiques mécaniques et sédimentologiques des fonds marins. Thèse Doct. Etat, Perpignan, 112 p.
- [3] MIZIKOS J.P., 1972. — Propriétés mécaniques et physiques des sédiments marins meubles. Thèse Doct. Etat, Nice, 222 p.
- [4] BERNETT L.C., 1969. — *In situ* measurement of acoustic absorption in in consolidated marine sediments. Ph DT Thèse Urvin Washington, Dept. Oceano. Seattle. Washington 98105. Unpublished.
- [5] CARIN M.D., 1969. — The attenuation of sound in marine sediments. *Geophysics*, 44, n° 6, pp. 882-892.
- [6] HAMILTON E.L., 1972. — Sound attenuation in marine sediments. NUC. San Diego. NUC TP 281. March.
- [7] HAMILTON E.L., 1976. — Sound attenuation as a fonction of depth in the sea floor. *J. Acoust. Soc. Ann.*, vol. 59, n° 3, pp. 528-535.
- [8] SAMADDAR S.N., 1976. — Sound wave propagation in a vertically inhomogeneous ocean. *Journal of Sound and Vibration*, 46, n° 1, pp. 67-78.
- [9] VANECK et KLINA, 1962. — Ultra sonic attenuation of longitudinal waves solid. *Geophysics*, vol. 67.
- [10] BIOT M.A., 1962. — Théorie généralisée de la propagation acoustique dans un solide poreux dispersif. Coll. int. du CNRS. La propagation des ébranlements dans les milieux hétérogènes. Paris.
- [11] ANONYME, 1975. — Equipement for *in situ* measurement of sediment sound. NUC, San Diego, 63 p.
- [12] DUBOUL-RAZAVET C., LONGUEMARD J.P., 1964. — Corrélations entre quelques facteurs géotechniques et sédimentologiques des fonds marins sous-consolidés. *Ann. Hydro. Marine*, vol. 2, fasc. 1, n° 741, pp. 43-47.
- [13] DUBOUL-RAZAVET C., LONGUEMARD J.P. et SIRIEYS P., 1976. — Résistance au cisaillement des sédiments marins de trois sites côtiers (baie de Banyuls, large du delta du Rhône, rade de Brest). *Ann. Hydro. Marine*, vol. 4, fasc. 2, n° 744, pp. 19-29.
- [14] GREFFARD J., 1969. — Contribution à l'étude des relations entre la propagation du son et la nature physico-chimique des sédiments marins. *Cah. Océano.*, 21, n° 2, pp. 145-171.
- [15] DENNESS B. (1977). — Rapid Site Investigation prior to the use of Submarine Vehicles. *Extr. North East Coast Institution of Engineers and shipbuilders transactions*, vol. 93, n° 9, 3, pp. 91-96.
- [16] WOOD A.B. et WESTON D.E., 1964. — The propagation of sound in mud. *Acustica*, 14. Zurich Stuttgart, n° 3, pp. 156-162.

PROBLÈMES POSÉS PAR L'AUTOMATISATION DU DOSAGE POTENTIOMÉTRIQUE DE L'OXYGÈNE DISSOUS DANS LA MÉTHODE DE WINKLER

par

MM. J.L. CARVIN, Pharmacien-Chimiste des Armées
et A. PAITRY, Ingénieur-Chimiste (*)

RÉSUMÉ

La mesure de l'oxygène dissous dans la méthode chimique de Winkler, par potentiométrie à point final prédéterminé, est une mesure semi-automatique. Pour supprimer l'intervention d'un manipulateur entre deux dosages, il est possible d'associer l'appareil composé d'une burette automatique et d'un titrateur, à un passeur d'échantillons et à une calculatrice enregistrant les résultats.

Entre le moment du prélèvement et celui du dosage, le milieu réactionnel ne doit pas être mis au contact de l'oxygène de l'air. A tous les stades de la manipulation, il faut éviter l'introduction de bulles d'air dans l'échantillon; une simple comparaison des volumes de thiosulfate versés permet d'accéder directement à l'erreur introduite.

L'automatisation de la méthode de Winkler ne peut être envisagée que pour des échantillons placés à la température de 3 °C.

ABSTRACT

The determination of dissolved oxygen concentration by end point potentiometry in the Winkler method is a semi-automatic process. It is possible to remove the need of an operator's intervention between two titrations by fitting the automatic burette and titrator together with a sampler and tape-recording computer.

Any contact of the solution with air oxygen must be avoided during the interval between sampling and titration. During the whole process, air bubbles introduction in the sample is prohibited. Any error is revealed by comparing the thiosulfate quantities used.

The automation of the Winkler method cannot be applied but to samples at a 3 °C temperature.

INTRODUCTION

La mesure de l'oxygène dissous dans la méthode chimique de Winkler par potentiométrie à point final prédéterminé est une mesure maintenant au point.

Jusqu'à présent l'intervention d'un manipulateur entre deux dosages est obligatoire. On pourrait la supprimer en associant l'appareil composé d'une burette automatique et d'un titrateur relié à un millivoltmètre, à un échantillonneur automatique et à une calculatrice enregistrant les résultats.

Nous nous proposons de donner un aperçu des différents problèmes posés par une telle automatisation.

1. RAPPELS.

1.1. Rappels théoriques.

— L'oxygène dissous contenu dans l'eau de mer est fixé par formation d'un précipité d'hydroxyde de manganèse (Mn^{3+} et Mn^{4+}). La réaction se passe en *milieu alcalin* en présence d'un excès d'iodure de potassium.

— Après *acidification* par de l'acide sulfurique, il y a une libération d'iode qui est dosé à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium.

(*) Manuscrit reçu en octobre 1977

On a la correspondance suivante :



1.2. Rappels pratiques.

La méthode de l'oxygène dissous est un dosage de nature potentiométrique utilisé couramment. On pratique une potentiométrie à courant imposé. La différence de potentiel entre deux électrodes de platine varie en fonction de l'avancement de la réaction d'oxydo-réduction. L'équivalence se traduit par une brusque variation de la conductivité.

1.3. Problèmes rencontrés dans le cas d'une automatisation totale.

Entre le moment du prélèvement et celui du dosage, le milieu réactionnel ne doit pas être mis en contact de l'oxygène de l'air. A tous les stades de la manipulation, il faut éviter l'introduction de bulles d'air dans l'échantillon.

Le but de ce travail est d'étudier les différentes réactions parasites en fonction du moment où l'analyse est rendue.

1.3.1. Echantillons en contact avec l'air en milieu alcalin.

La réaction au cours de laquelle les hydroxydes se forment peut se poursuivre puisque le chlorure de manganèse et la solution alcaline d'iodure de potassium ont été introduits en excès.

Dans cette hypothèse, on aura une erreur par excès.

1.3.2. Echantillons en contact avec l'air après acidification.

L'iode dégagé par l'acidification peut s'échanger avec l'air et un équilibre peut s'établir entre l'iode du milieu réactionnel et l'iode dans l'air. Le volume d'air étant illimité, la réaction aura lieu dans le sens « milieu réactionnel » à « l'air », introduisant une erreur par défaut.

Mais, on peut avoir une autre réaction : c'est l'oxydation d'iodure en iode en milieu acide, provoquant une erreur par excès.

Les deux réactions parasites peuvent éventuellement se compenser puisque l'une fait disparaître l'iode et que l'autre en fait apparaître.

2. APPROCHE THÉORIQUE DES INCERTITUDES

2.1. La concentration en oxygène dissous dans l'échantillon, exprimée en milligramme par litre est donnée par la formule :

$$[\text{O}_2] = \frac{N_1 V_1}{V_0} \times \frac{16000}{2} \times \frac{V}{V - R}$$

N_1 : normalité du thiosulfate de sodium.

V_1 : volume de thiosulfate de sodium versé.

V_0 : volume de la prise d'essai de l'échantillon (50 ml).

V : volume de l'échantillon (125 ml).

R : volume des réactifs.

2.2. L'incertitude relative sur la mesure d'oxygène dissous est la suivante :

$$\frac{|\Delta[\text{O}_2]|}{[\text{O}_2]} = \frac{|\Delta N_1|}{N_1} + \frac{|\Delta V_1|}{V_1} + \frac{|\Delta V_0|}{V_0} + \frac{|\Delta R|}{V - R} + |\Delta V| \left[\frac{R}{V(V - R)} \right]$$

- a) $-\frac{|\Delta V_0|}{V_0}$ incertitude sur le volume prélevé pour le dosage estimée à 10^{-3}
- b) $-\frac{R |\Delta V|}{V(V - R)}$ incertitude sur le volume des flacons, elle est faible et de l'ordre de 10^{-4}
- c) $-\frac{|\Delta R|}{V - R}$ incertitude sur le volume des réactifs, de l'ordre de 10^{-3}
- d) $-\frac{|\Delta N_1|}{N_1}$ incertitude sur la normalité du thiosulfate, elle est faible.

3. CONDITIONS OPÉRATOIRES

Les échantillons d'eau sont contenus dans des bouteilles à bouchon rodé, en verre teinté, de volume 125 ml. Pour chaque série de mesures, a été utilisée la même solution titrée de thiosulfate et les analyses sont faites en continu.

Sur deux prises d'essai d'un même échantillon, sont effectuées deux mesures comparatives, la première à l'instant T_0 , la seconde à l'instant T_4 .

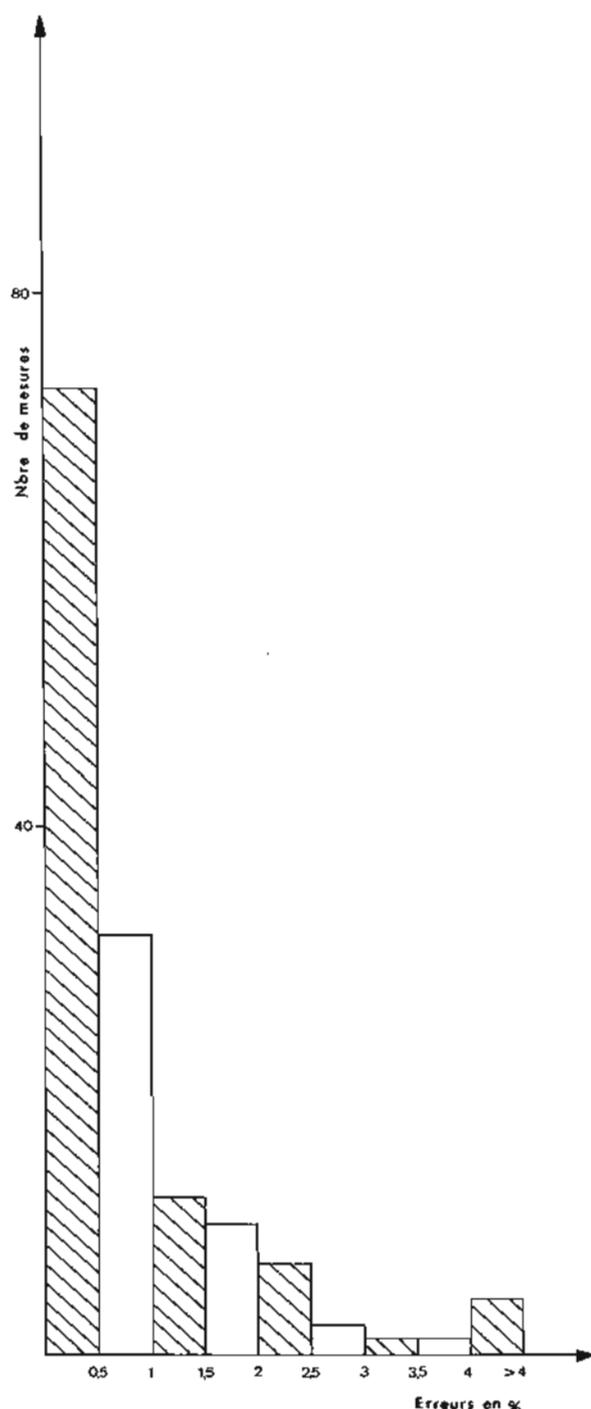


FIG. 1. — Répartition des erreurs.
Erreurs dues aux prélèvements.

3.1. Choix des instants T_0 et T_4 .

Pour déterminer l'intervalle de temps séparant les instants T_0 et T_4 nous émettons l'hypothèse que l'appareil utilisé effectue 20 mesures consécutives sans intervention du manipulateur.

La durée moyenne de chaque mesure, calculée

sur 80 prises d'essais est de 10 minutes. Il y a lieu d'ajouter un temps de préparation des 20 échantillons évalué à 40 minutes.

L'intervalle de temps $T_4 - T_0$ est égal à la somme des temps de mesure et du temps de préparation, soit 240 minutes.

3.2. Erreurs dues aux prélèvements.

Pour calculer celles-ci, nous prélevons simultanément deux à cinq échantillons d'eau de mer provenant de la même bouteille à renversement dans les flacons de 125 ml.

Nous introduisons les réactifs.

La différence observée de volume de thiosulfate versé pour le titrage tient compte de l'incertitude sur le prélèvement, sur le volume des réactifs, sur le volume du flacon et sur la prise d'essai.

Pour le calcul d'incertitude, nous mesurons des volumes de thiosulfate V , nous calculons un volume moyen \bar{V} , puis les erreurs relatives à ce volume moyen, multipliées par 10^3 , soit

$$\frac{V - \bar{V}}{\bar{V}} 10^3$$

Nous considérons, en fait, que le volume le plus proche de la réalité dans l'absolu est un volume moyen obtenu à partir des volumes mesurés.

La figure 1 est l'histogramme représentant la répartition des erreurs dues aux prélèvements.

3.3. Expériences à température ambiante (18 °C) en milieu basique et en milieu acide.

3.3.1. Expérimentation.

Dans cette série d'expériences, nous prélevons quatre échantillons numérotés de 1 à 4 dans des flacons de 125 ml.

A l'instant T_0 , deux mesures d'oxygène dissous sont effectuées sur les échantillons 1 et 3.

Puis sont retirés les bouchons rodés des deux autres échantillons qui sont laissés pendant 4 heures en contact de l'air. A l'instant T_4 , ils sont dosés à leur tour.

3.3.2. But de la méthode.

Nous avons ainsi la possibilité de vérifier s'il est plus intéressant dans le cas d'une automatisation, d'introduire l'acide dans tous les échantillons au début de la manipulation qu'automatiquement avant chaque dosage.

3.3.3. *Présentation des résultats.*

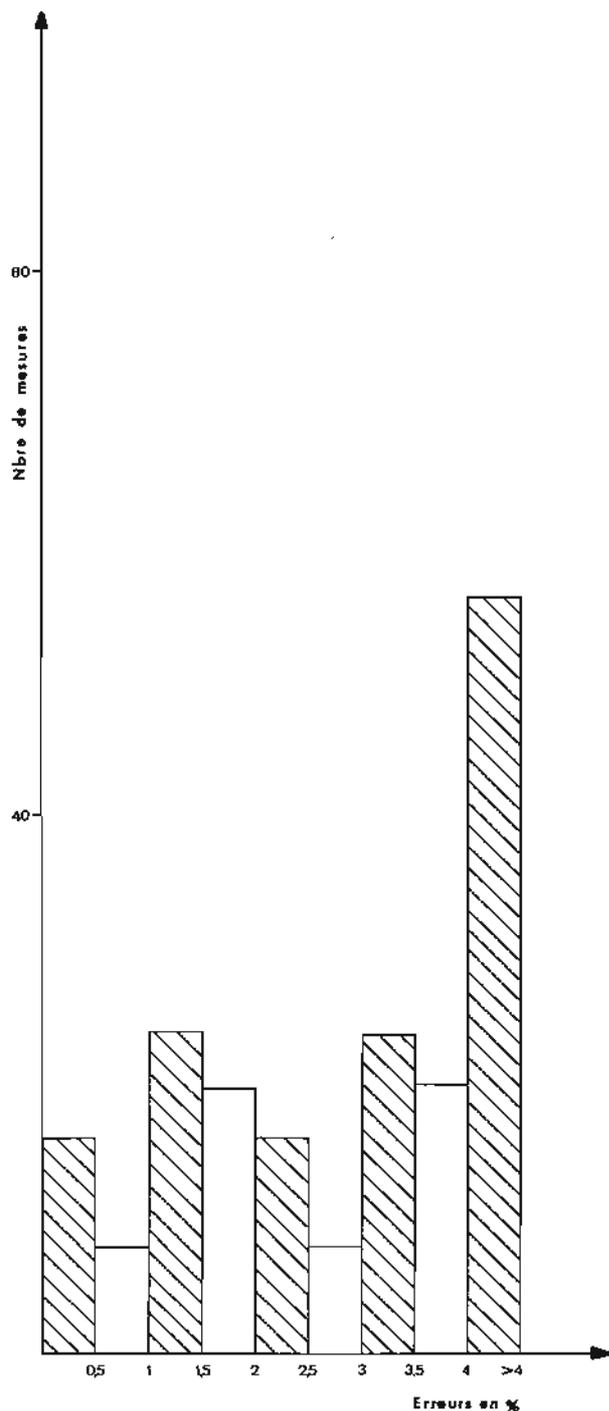
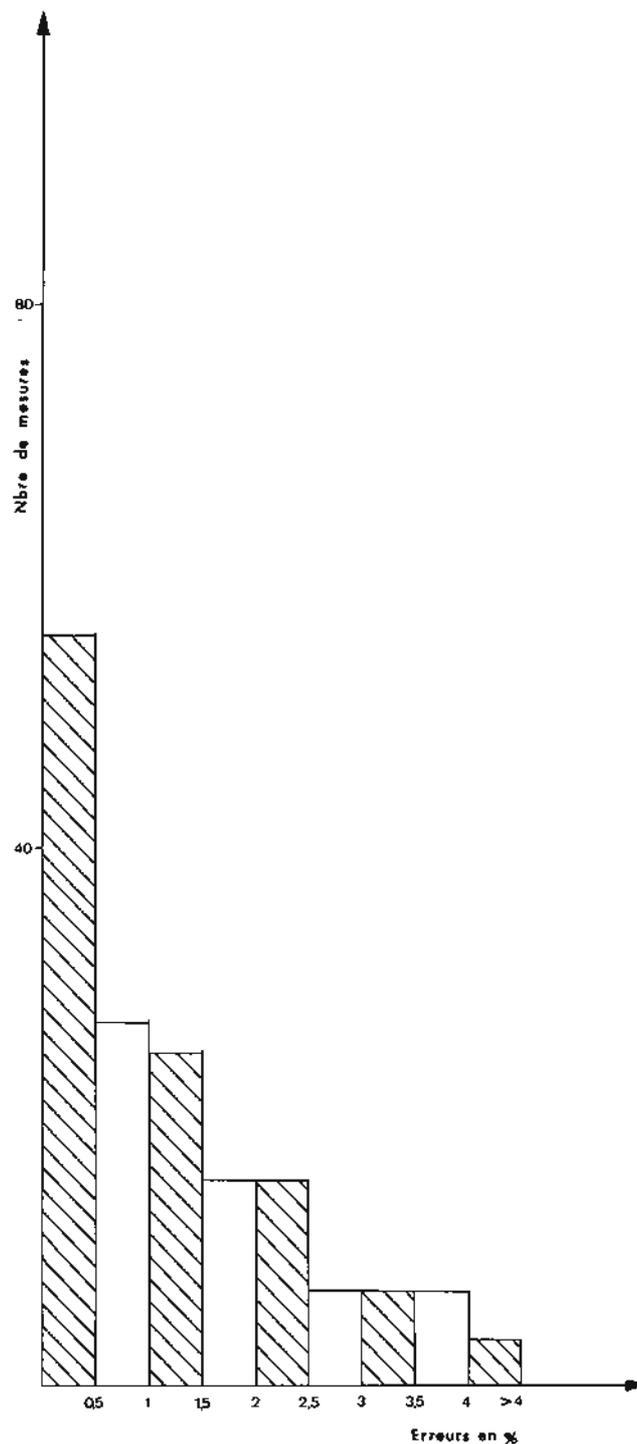
Soit :

 V_0 le volume titrant à l'instant T_0 V_4 le volume titrant à l'instant T_4 .Les tableaux de valeurs n° 1 et 2 donnent V_0 , V_4 et l'erreur relative.

$$\frac{V_0 - V_4}{V_4}$$

Les chiffres soulignés n'ont pas été pris en considération.

La répartition des erreurs relatives a fait l'objet des histogrammes représentés aux figures 2 et 3.

FIG. 2. — Répartition des erreurs.
Mesures en milieu basique à 18°C.FIG. 3. — Répartition des erreurs.
Mesures en milieu acide à 18°C.

3.4. Expériences à basse température.

A basse température, les vitesses de réaction sont plus faibles (loi de Vant'Hoff). On peut supposer que les erreurs sur les mesures seront moins importantes que précédemment.

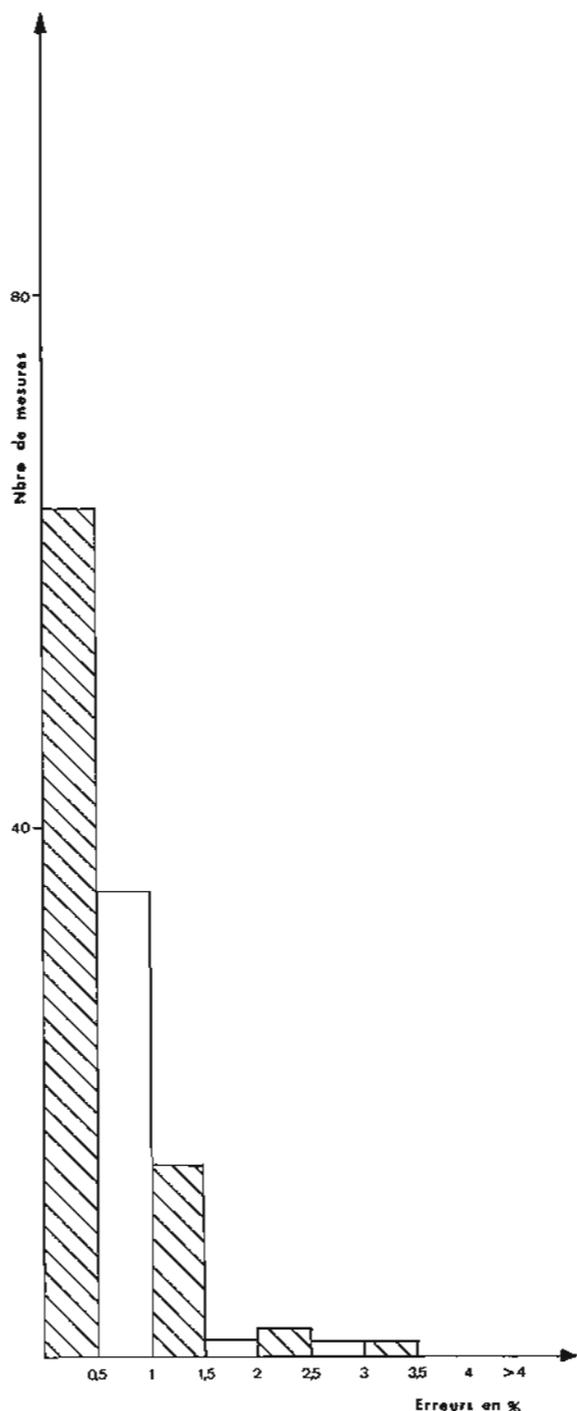


FIG. 4. — Répartition des erreurs.
Mesures en milieu acide à 3°C.

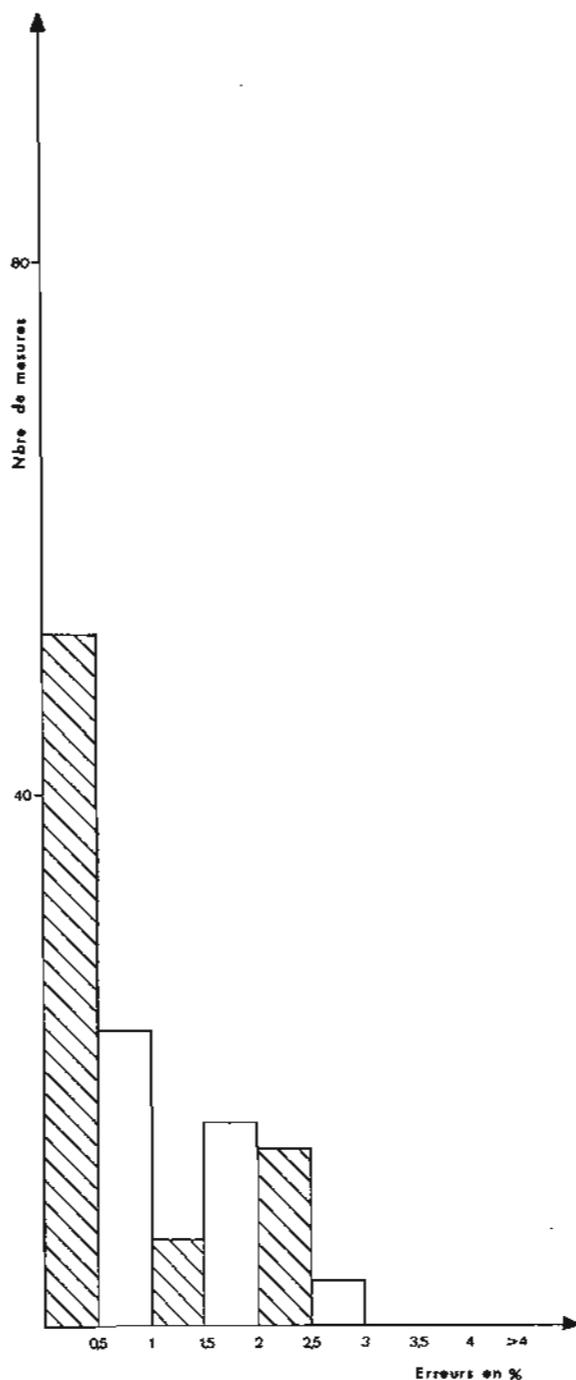


FIG. 5. — Répartition des erreurs.
Mesures sous azote à 18°C.

Le milieu réactionnel étant acide, cette nouvelle série de mesures est faite en abaissant la température des échantillons à 3°C entre les instants T_0 et T_4 . Les résultats sont présentés sous forme d'histogramme (figure 4).

3.5. Expériences sous atmosphère d'azote à température ambiante.

Le milieu réactionnel est placé sous gaz inerte (azote) afin d'éliminer tout risque d'altération de l'échantillon par l'oxygène de l'air.

Pour cette expérimentation, on mesure à l'instant T_0 , le volume V_0 de thiosulfate. L'azote est alors, introduit au-dessus du milieu réactionnel de façon à chasser l'oxygène. Le bouchon rodé est remis en place et l'échantillon est conservé 4 heures.

La mesure est faite à l'instant T_4 . La répartition des erreurs est représentée par l'histogramme de la figure 5.

4. COMPARAISON DES RÉSULTATS

4.1. Comparaison des erreurs relatives à température ambiante en milieu alcalin et en milieu acide.

Bien que les erreurs relatives observées en milieu acide soient assez dispersées, elles sont dans l'ensemble nettement inférieures à celles constatées dans le cas de mesures en milieu alcalin. Le nombre de mesures effectuées dans ces deux cas est faible, mais on voit qu'en milieu alcalin, les erreurs relatives supérieures à 4 % sont majoritaires.

4.2. Comparaison des résultats à 3 °C en présence d'air et à 18 °C sous atmosphère d'azote.

Les mesures sous azote font apparaître deux maximums. Ceci peut être expliqué par un trop fort débit d'azote libérant une certaine quantité d'iode dans l'atmosphère inerte, les erreurs étant toujours par défaut.

Un travail à basse température donne un meilleur résultat avec des erreurs faibles et peu dispersées.

4.3. Comparaison de l'erreur due aux prélèvements avec l'erreur introduite dans la mesure au bout de 4 heures.

Les profils des histogrammes (figures 1 et 4) sont très voisins. L'erreur due à une automatisation complète dans les conditions de l'expérience serait comparable à l'incertitude sur le prélèvement, ce qui resterait dans une limite très raisonnable.

L'histogramme (figure 5) est sensiblement diffé-

rent des deux précédents (figures 3 et 4) et les résultats dans l'ensemble ne sont pas satisfaisants. En particulier, le nombre d'erreurs relatives comprises entre 1,5 et 3,0 % est sensiblement élevé.

Par la superposition des histogrammes 3, 4 et 5 de la figure 6 le pourcentage d'erreurs le moins élevé va aux mesures effectuées en milieu acide à 3 °C.

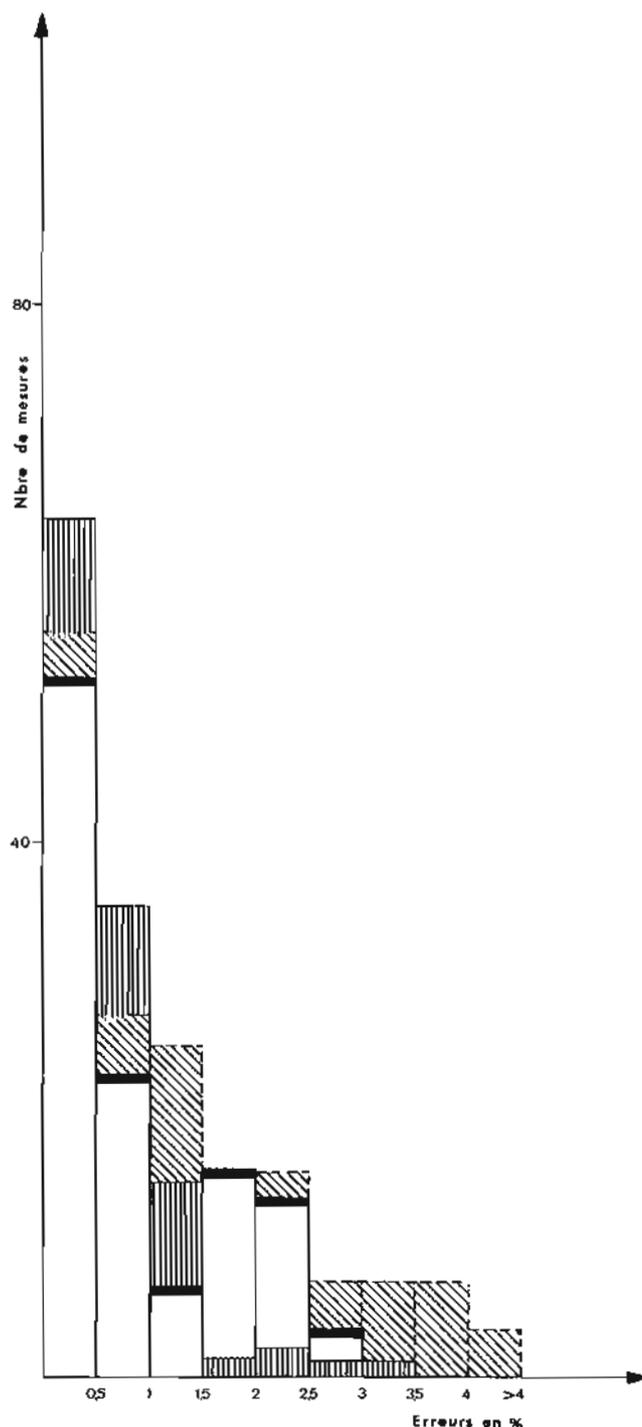


FIG. 6. — Répartition des erreurs. Superposition des histogramme des figures 3, 4, 5.
 Fig. 3. --- Mesures en milieu acide à 18 °C.
 Fig. 4. ——— Mesures en milieu acide à 3 °C.
 Fig. 5. ■■■■ Mesures sous azote à 18 °C.

5. APPAREILLAGE NÉCESSAIRE A L'AUTOMATISATION TOTALE

Dans le cas de l'automatisation envisagée, en-dehors de l'appareil composé :

- d'une burette automatique,
- d'un titrateur relié à un millivolmètre,

il faudrait ajouter le matériel suivant :

- un compteur électronique additif,
- une imprimante,
- un plateau distributeur avec des prises d'essai, non pas de 50 ml mais de 100 ml,
- un ensemble électronique nécessaire à l'automatisation.

CONCLUSION

La mesure d'oxygène dissous par la méthode de Winkler sert de référence. De ce fait, elle ne peut être comparée à aucun autre mode de détermi-

nation. On ne peut donc pas juger de la valeur des résultats, mais uniquement de leur reproductibilité.

Que ce soit à 3 °C à l'air, ou à 18 °C sous atmosphère d'azote, la reproductibilité des résultats est suffisamment bonne entre les instants T_0 et T_4 pour que l'automatisation totale soit appliquée à des mesures précises.

Et, il est vraisemblable que si celle-ci était adoptée, la reproductibilité des résultats serait améliorée.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Norme AFNOR, « Dosage de l'oxygène », NFT 90 - 106, novembre 1973.
- [2] Rapport I.S.T.P.M., « Mesure de l'oxygène dissous par la méthode de Winkler ». Avantages d'une méthode électrochimique pour le dosage final de I_2 par $S_2O_3^{2-}$.
- [3] PONCIN J. (E.P.S.H.O.M.). — « Dosage de l'oxygène dissous par potentiométrie dans la méthode chimique de Winkler ». Août 1975, n° 375, EPSHOM/E/OC.
- [4] RUAL P. & VOITURIEZ B. (O.R.S.T.O.M.). — « Modification et automatisation de la méthode de Winkler pour le dosage en mer de l'oxygène dissous ».

DEUXIÈME PARTIE

—

MISSION OCÉANOGRAPHIQUE DE L'ATLANTIQUE

(Octobre 1972 - Octobre 1974)

par

M. Bernard SCHRUMPF

Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe)

SOMMAIRE

Chapitre premier. — GÉNÉRALITÉS.

Organisation, Travaux effectués, Personnel, Matériel utilisé.

Chapitre 2. — LEVÉ DES ABORDS DE LA GRANDE SOLE.

Localisation, Bathymétrie, Gravimétrie, Magnétisme, Hydrologie, Localisation Oméga.

Chapitre 3. — RECHERCHES D'OBSTRUCTIONS EN MANCHE OCCIDENTALE.

Correction des sondages, Recherches des épaves au sonar, au magnétomètre, Performances de ces procédés de recherche, Etude des dunes de sable.

Chapitre 4. — LEVÉ FAMOUS.

Organisation, Travaux effectués, Localisation acoustique, Positionnement absolu, Comparaison des équipements Transit Navisat et Magnavox, Résultats obtenus.

Chapitre 5. — LEVÉ SONAL EN IROISE.

Emploi du sonal, Exploitation des enregistrements, Levé effectué, Localisation, Mesures et résultats.

Chapitre 6. — SONDAGES CÔTIERS A L'EMBOUCHURE DU BELON.

Chapitre 7. — CAMPAGNES HYDROLOGIQUES ET ACOUSTIQUES — TRANSIT VERS FAMOUS.

Mesures effectuées en route, Stations hydrologiques, Gravimétrie, Mouillage grand fond du *D'Entrecasteaux*.

Chapitre 8. — ACTIVITÉS DIVERSES.

Carottages en Iroise, Dragage hydrographique en rade-abri de Brest, Reconnaissance d'amers sur la côte atlantique, Etude de l'utilisation de la localisation Transit, Comparaison Toran-Transit dans la zone Sole, Etude de la localisation Oméga.

Annexe. — CALCUL DE LA LOCALISATION SUR CHAMP DE BALISES.

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS

Organisation générale.

La Mission Océanographique de l'Atlantique (M.O.A.) a fonctionné à bord du bâtiment océanographique *D'Entrecasteaux* pendant les deux années durant lesquelles j'ai assuré les fonctions de Directeur de Mission (du 3 octobre 1972 au 6 octobre 1974), à la suite de l'Ingénieur en Chef Comolet-Tirman. Installée essentiellement à bord du *D'Entrecasteaux*, la M.O.A. a aussi utilisé les locaux et les facilités de la Base des Missions Hydrographiques de l'Atlantique (B.M.H.A.) d'une façon marginale, pour y stocker du matériel ou y laisser une petite équipe de rédaction.

Travaux effectués (voir fig. 1.1).

L'activité de la mission, assez diverse, est regroupée dans les chapitres suivants :

2. Levé des abords de la Grande Sole (octobre 1972, juin - juillet 1973);
3. Recherches d'obstructions en Manche occidentale (avril, octobre, novembre 1973);
4. Levés Famous au S.W. des Açores (mai et juin 1973 et 1974);
5. Mise au point, essais et utilisation du Sonal en Iroise (1973 et mars, avril 1974);
6. Sondages côtiers à l'embouchure du Belon (mai 1974);

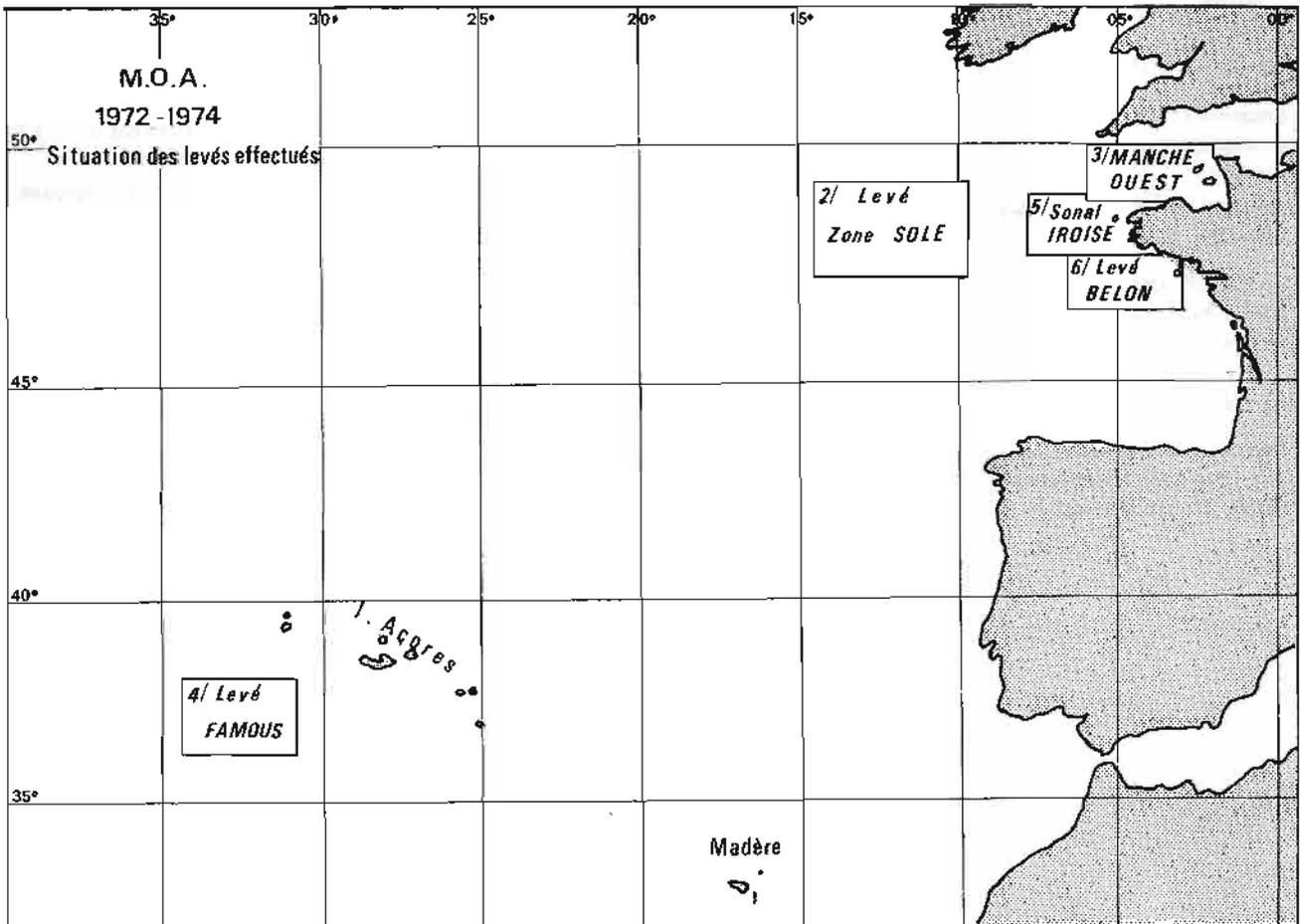


Fig. 1.1

7. Recherches acoustiques et travaux bathy-gravi-magnétométriques (novembre 1972, juillet 1973, août 1974) ;
8. Activités diverses : évaluation de carottiers (octobre 1972), dragage en rade-abri de Brest (septembre 1974), reconnaissances d'amers (1^{er} trimestre 1974), études des systèmes de localisation Transit et Oméga.

Personnel de la mission.

Le Directeur de Mission était assisté d'un Ingénieur hydrographe adjoint, l'Ingénieur Principal Cailliau jusqu'au 1^{er} mars 1974, l'Ingénieur Guyon après cette date. L'I.E.T.A. Pellé, électronicien, avait en charge tout le matériel électronique. L'Etat-Major de la M.O.A. comprenait également un élève officier de réserve (branche recherche scientifique), poste rempli successivement par M.M. Vatry, Corman et Gournay et un élève Ingénieur de l'Armement de réserve, successivement MM. Goubly et Gouraud.

Les officiers-mariniers hydrographes étaient 10 à 12, sous la direction du Premier-Maître Lalanne.

Personnel du D'Entrecasteaux.

Le D'Entrecasteaux fut commandé successivement par MM. Guyot, Gayardon de Fenoyl et Marqueze-Pouey, Capitaines de Frégate, secondés par MM. Furet puis Celli, Lieutenants de Vaisseau. L'ensemble de l'Etat-Major du bâtiment était étroitement mêlé aux travaux scientifiques, mais tout particulièrement le L.V. Laporte chargé des transmissions, des sondeurs, sonar, bathythermographe, ... et l'Officier de navigation et manœuvre, qui fut successivement M. Météyé, Officier des équipages Hydrographe, et M. Anriot, Officier technicien.

Si l'Etat-Major du D'Entrecasteaux fut assez stable pendant cette période, l'équipage a connu la même instabilité que la plupart des unités de la Marine, c'est-à-dire un renouvellement annuel de presque tout le personnel.

Le bâtiment océanographique D'Entrecasteaux.

En service depuis 18 mois à mon arrivée, le D'Entrecasteaux est sorti peu à peu de ses maladies de jeunesse. Son équipement scientifique et ses possibilités se sont accrus tout au long de ces deux années, et un certain nombre de matériels ont cessé de poser un problème. C'est le cas, peut-on dire, de tout matériel indispensable aux travaux en cours ; le problème sur le D'Entrecasteaux est l'abondance de matériels, parmi lesquels certains peuvent ne pas être utiles pendant de longues périodes. Avec l'instabilité du personnel signalée ci-dessus il est

difficile d'effectuer convenablement l'entretien du matériel inutilisé ; souvent d'ailleurs les normes d'entretien sont mal définies. En outre du matériel devait fréquemment être mis en dépôt à Brest et restait alors sans entretien : ce fut le cas notamment pour le sonar et deux des vedettes.

Sans passer en revue l'ensemble du matériel du bâtiment, disons un mot de ceux qui ont fait parler d'eux :

— A la suite de fêlures, les arbres d'hélice ont dû être changés en 1974.

— La fixation des propulseurs auxiliaires fut réparée et renforcée en 1974 et a fonctionné ensuite convenablement.

— Le bouilleur a nécessité des réparations importantes et multiples. Jusqu'en 1974 (l'autonomie du bâtiment sans bouilleur est d'environ 5 jours).

— Les trois sondeurs Edo et les deux sondeurs Atlas ont fonctionné convenablement. Quelques améliorations leur ont été apportées.

— Le sonar Duba 1 E à 25 KHz, utilisé pour des recherches en Manche occidentale (voir chapitre 3), n'a pas fait preuve de performances très satisfaisantes.

— Le dispositif de mouillage grand fond a été essayé en août 1974 ; il n'a pas donné satisfaction (voir chapitre 7).

— Les vedettes réutilisées en 1974 pour le levé côtier à l'embouchure du Belon après une longue période d'inutilisation étaient en mauvais état et leurs défaillances ont fait perdre beaucoup de temps.

Le matériel scientifique.

La plupart des enregistreurs des appareils de mesure scientifiques sont regroupés dans le « PC scientifique ». La disposition de ce local fut modifiée en 1974 en prévision de l'installation de l'ensemble de calcul Satad. Les principaux matériels utilisés ont été les suivants, outre le Toran :

Localisation Transit.

Jusqu'en juillet 1974 la Mission a été équipée d'un récepteur SAT sans calculateur, et le positionnement Transit n'était donc connu qu'en temps différé, après traitement des données à l'ÉPSHOM. Un récepteur Magnavox fut utilisé pendant les deux campagnes Famous (voir chapitre 4), et un ensemble Navisat avec calculateur fut employé pour la campagne en mer de Norvège d'août 1974.

Les deux récepteurs SAT étaient en comptages longs.

La localisation Transit a été très utilisée, et on s'est attaché à préciser (voir chapitre 8) :

— Les éléments permettant d'apprécier la qualité d'un point.

- La détermination de l'écart de fréquence ΔF .
- Le calcul de l'estime Transit.

Localisation Omega.

Equipée depuis 1969 de récepteurs Sercel type M2, la Mission a reçu en 1973 un récepteur du type M3, très supérieur aux premiers : ceux-ci étaient en effet sujets à des dérèglages progressifs des circuits d'asservissement de phase, de telle sorte que les deux récepteurs branchés sur le même couple et la même antenne fournissaient des lectures différentes (de 10 à 20 centièmes), et d'écart variable. Phénomène très gênant, puisqu'il peut passer inaperçu avec un seul récepteur, et qu'il est difficile d'y porter remède à la mer.

Le récepteur type M3 est en outre beaucoup plus commode d'emploi. Il lui a été adjoint en 1974 un « calculateur de corrections » ; on introduit dans les mémoires de cet appareil le contenu des tables U.S.N.O.O. pour la zone et la quinzaine considérés, et il interpole et applique les corrections ; l'utilisateur fait ainsi directement des lectures corrigées.

Localisation acoustique : voir chapitre 4.

Gravimètre.

Toutes les mesures ont été faites avec le gravimètre Askania GSS 2 N° 24 en place sur la plateforme n° 1 (face des commandes vers l'avant). Il n'avait pas de calculateur de cross-coupling. Sa dérive a généralement été faible, + 0,3 mgal durant la campagne Madère 73, — 0,3 mgal durant Famous 74. Les valeurs d'étalonnage déterminées par A. Comolet-Tirman ont été utilisées ; les valeurs de la pesanteur obtenues en plusieurs ports ont toujours présenté un accord satisfaisant avec les déterminations antérieures.

Sondeurs.

Les 2 sondeurs Atlas de petits fonds, de fréquences 30/210 KHz et 100 KHz, et les 3 sondeurs Edo pour grands fonds ont fonctionné convenablement.

Le sondeur Edo stabilisé a 3 fréquences, 34, 25 et 16 KHz. La première donne la définition la plus fine, mais la portée est limitée : moyennant un réglage d'accord très soigné et beaucoup d'habileté de l'opérateur on a pu utiliser cette fréquence jusqu'à 2 600 m de profondeur ; la fréquence 25 KHz est d'un usage beaucoup plus sûr au-delà de 2 000 m. Le tiroir numériseur Digitrak, qui perd très fréquemment l'écho de fond et qui ne connaît que les pieds et brasses, a été peu utilisé.

Les enregistreurs Edo appartenaient également à la version non métrique de l'appareil, et les lignes de calibration étaient espacées de 37,5 ou 75 m. Un changement très simple d'oscillateur doit permettre de donner à ces intervalles les valeurs 50 et 100 m.

Les angles d'ouverture des faisceaux de sondeurs sont en principe les suivants (angles $2\theta_3$).

		Angle d'ouverture	
		longitudinal	transversal
Sondeurs pour petits fonds :	Atlas PC, 30 KHz	7.5°	14.5°
	210 KHz	5°	9°
	Atlas passerelle 100 KHz	4°	
Sondeurs pour grands fonds :	Edo 12 KHz (bases de coque ou base remorquée)	30°	
	Edo { 16 KHz	6.7°	
	25 KHz	4.7°	
	Stabilisé { 34 KHz	2.7°	

Sur le sondeur stabilisé la largeur du pinceau a pu être contrôlée d'après les bandes d'enregistrement de la campagne Famous 73. La figure 1.2 représente les résultats, qui concernent surtout la fréquence 25 KHz. Entre 0 et 2 300 mètres on retrouve assez bien la valeur 4°7 indiquée par le constructeur pour l'angle d'ouverture à la fréquence 25 KHz. Les deux points de mesure à 34 KHz fournissent un angle d'ouverture de 1°9.

Les valeurs obtenues résultent en fait de plusieurs phénomènes : directivité du transducteur, oscillations de la stabilisation (assurée à 1° près en principe, ses écarts peuvent expliquer la largeur apparemment trop faible des échos entre 1 200 et 1 400 mètres), affaiblissement du pinceau (qui peut expliquer la diminution de largeur au delà de 2 500 mètres), réfraction. Il est intéressant de constater que ces phénomènes ne produisent pas un élargissement du faisceau mais plutôt une diminution.

Le sondeur stabilisé ne donne de bons résultats qu'au-dessous de 10 nœuds. Il a été utilisé en 1974 entre 7 et 9 nœuds.

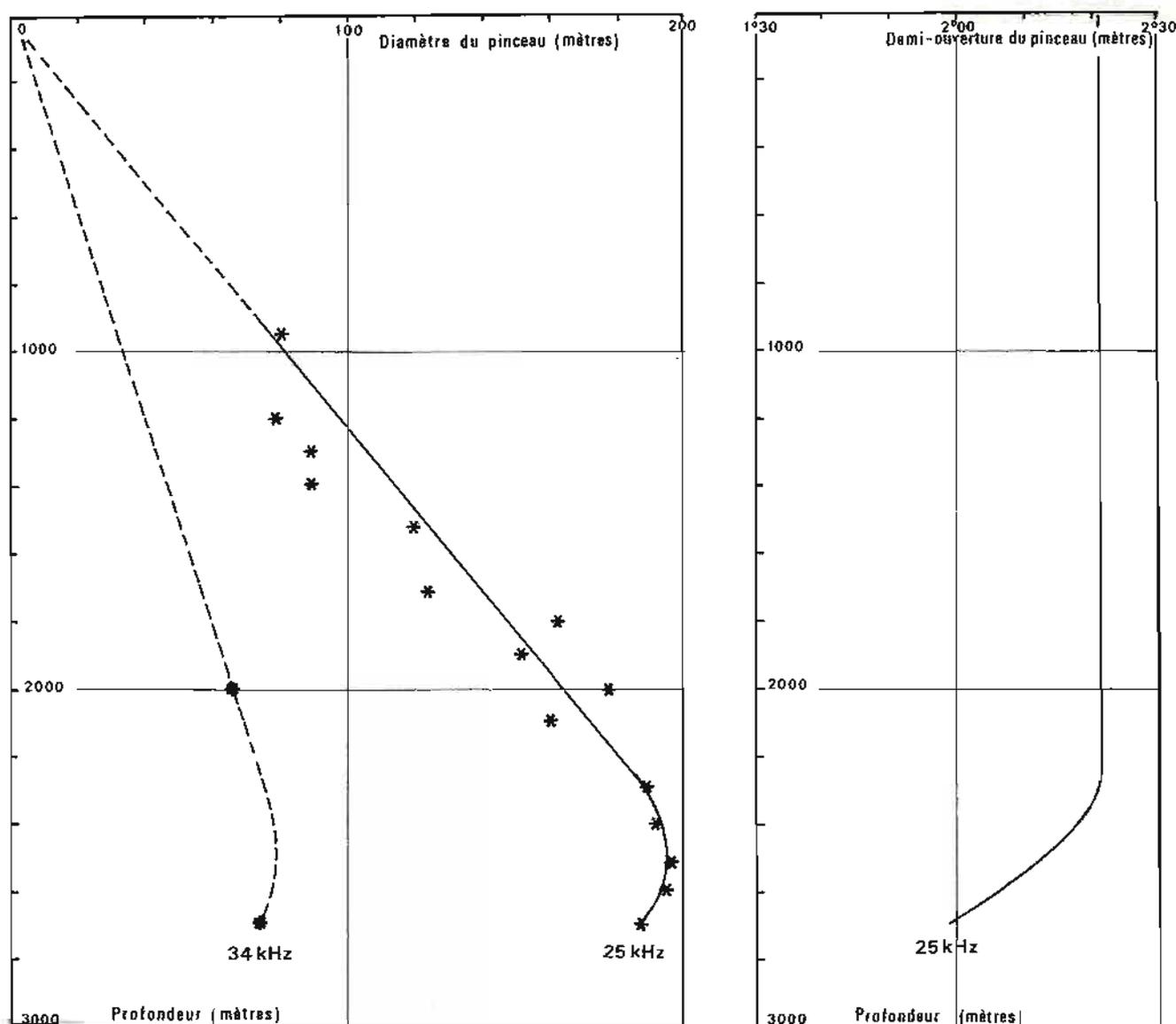
Retour sur le problème de l'étalonnage des sondeurs.

Avec les sondeurs actuellement en service, le problème de l'étalonnage ne se pose plus dans les mêmes termes qu'autrefois, et le classique étalonnage au plomb ou à la barre peut apporter plus d'erreur qu'il n'en élimine.

En désignant par P la profondeur, par P_0 l'immersion du transducteur, par v la vitesse moyenne réelle du son dans l'eau, le sondeur mesure le temps

$$T = (P - P_0)/v$$

L'immersion P_0 est liée au tirant d'eau et en est



SONDEUR EDO STABILISÉ

Etude de la largeur du pinceau d'après les enregistrements

Fig. 1.2

voisine. Pour les sondeurs Atlas et Edo stabilisé du *D'Entrecasteaux* on a

$$P_0 = E + 0,3 m$$

E étant le tirant d'eau milieu du bâtiment. La même expression peut être aussi employée pour les bases Edo ordinaires situées plus à l'avant, l'écart avec la valeur précédente étant négligeable par rapport aux profondeurs où ces sondeurs sont utilisés.

La mesure de profondeur lue sur l'enregistreur est

$$m = v_0 T + m_0$$

en désignant par v_0 la vitesse pour laquelle le sondeur est réglé, 1 500 m/s d'ordinaire, et m_0 le déca-

lage entre le zéro de l'enregistrement et les lignes de calibration du papier; m_0 est la lecture à l'instant d'émission. C'est une constante, qui peut varier lentement avec l'usure des styliés et des contacts et n'est pas strictement la même pour les différentes gammes des sondeurs Atlas. Avec ceux-ci, le décalage m_0 est réglable et sur le *D'Entrecasteaux* on veillait à conserver $m_0 = 0$ pour la gamme centrale (I) de ces sondeurs. L'écart m_0 sur les gammes extrêmes reste alors négligeable si l'usure des contacts n'est pas trop accentuée. La vitesse v_0 est invariable sur les sondeurs Edo, réglable mais stable sur les Atlas.

L'étalonnage du sondeur est la détermination de $(P_0 - m_0)$ à une certaine profondeur, et d'après les formules ci-dessus

$$P_0 - m_0 = P - m - m \frac{dv}{v_0}$$

en désignant par dv l'écart entre la vitesse réelle du son et sa valeur nominale 1 500 m/s. L'exploitation habituelle de l'étalonnage à la barre ignore le terme

$$m \frac{dv}{v_0}$$

qui peut pourtant atteindre 0,3 mètre, et détermine P à 0,2 mètre près. On obtient ainsi d'une façon laborieuse un résultat moins exact au total que celui fourni par la lecture du tirant d'eau E et du décalage m_0 et le calcul de :

$$P_0 - m_0 = E + 0,3 - m_0$$

Des mesures sur plusieurs mois ont d'ailleurs montré que le tirant d'eau milieu du *D'Entrecasteaux* ne variait guère de plus de 0,1 mètre par rapport à sa valeur moyenne 3,8 mètres. Par conséquent si on a maintenu $m_0 = 0$, et ceci peut être vérifié à chaque instant, on peut adopter pour correction

$$P_0 = 4,1 \text{ mètres}$$

pour tous les sondeurs du *D'Entrecasteaux*, et l'erreur ainsi commise est inférieure à celle d'un étalonnage à la barre.

Si l'on effectue néanmoins ce dernier, il est indispensable de déterminer la correction de célérité mdv/v_0 ; elle peut atteindre 0,3 mètre.

Autre possibilité de contrôle de l'étalonnage des sondeurs.

L'utilisation du double écho est un procédé de contrôle utilisable pour le sondeur Atlas, à condition que le fond soit plat et la profondeur supérieure à 40 mètres; au-dessous de 40 mètres en effet, la coque du *D'Entrecasteaux* intercepte entièrement le pinceau acoustique lors de la réflexion intermédiaire tandis qu'aux profondeurs plus grandes une partie de la réflexion se produit à la surface de l'eau et une partie sur la coque. Celle-ci étant plate et au même niveau que les bases Atlas, on enregistre donc les quantités :

m' pour la réflexion intermédiaire sur la coque;

m'' pour la réflexion intermédiaire sur l'eau;

et l'on a (sur le *D'Entrecasteaux*) :

$$m'' - m' = P_0 \quad \text{et} \quad m'' - 2m = P_0 - m_0$$

Par conséquent aux profondeurs supérieures à 40 mètres le double écho est dédoublé sur les sondeurs Atlas; la différence des deux traces est égale à l'immersion P_0 du transducteur, tandis que la différence $(m'' - 2m)$ entre la deuxième trace et le double de l'écho direct fournit la correction d'étalonnage $(P_0 - m_0)$

Ce procédé a été utilisé. La précision est d'environ 0,2 mètre.

Magnétomètre.

Le magnétomètre Varian a été très utilisé, dès que la livraison d'un nouveau câble en octobre 1973 lui a permis à nouveau de fonctionner. Il était remorqué entre 250 et 300 mètres sur l'arrière.

Il s'est montré un outil hors pair dans les recherches d'épaves, et a été mis en œuvre de façon systématique. Seules les anomalies magnétiques étaient dépouillées en général.

Etant donné la légèreté du magnétomètre et le poids du sonal IFP, le remorquage simultané des deux appareils est aisé; en plaçant assez haut le point de remorquage du magnétomètre, le câble de celui-ci plonge toujours dans l'eau au-delà du sonal.

Comme l'indique le chapitre 3, la mesure du champ et le déplacement du style de l'enregistreur du magnétomètre ne sont pas instantanés, et il existe un retard d'environ 3 secondes, dont il est nécessaire de tenir compte dans une rédaction à grande échelle.

Le magnétomètre fournit la valeur en gammas du champ total, qui est de l'ordre de 50 000 gammas; pour la rédaction des travaux, il est plus pratique de réduire les mesures de leur valeur théorique, fournie par l'International Geomagnetic Reference Field (I.G.R.F. 65). C'est ce qui fut fait à partir de 1973. La formulation de l'I.G.R.F. 65 est contenue dans un sous-programme Fortran, qui peut être utilisé pour calculer le champ magnétique soit tout au long d'un profil soit sur une grille de points d'une zone.

La variation diurne du champ magnétique, qui est assez faible et surtout difficile à déterminer, n'a pas été corrigée, sauf dans le levé de la zone Sole (voir chapitre 2).

Sonal.

Après la perte du *poisson sonal* en 1971, la Société Géomécanique a livré un nouvel appareil au début de 1973 puis un autre au début de 1974. Par rapport à la version de 1971 les principales modifications apportées à ce matériel étaient les suivantes :

- La tête d'ancrage a été considérablement renforcée. Son poids est d'environ 75 kg. Elle contient un capteur d'immersion.

- Un moteur commande le positionnement en site des transducteurs, dont l'inclinaison peut ainsi être modifiée et contrôlée en route.

- La possibilité d'utiliser une seule rangée de transducteurs a été supprimée, et l'ouverture verticale du faisceau est maintenant toujours de 10°.

- Un compartiment est disponible pour l'installation d'un dispositif de sécurité, comprenant un pinger acoustique et une bouée pouvant remonter en surface.

L'adjonction du moteur de site à l'avant du poisson a dû être compensée par un lest à l'arrière. Mise à l'eau et relevage s'effectuent alors bien, et par ailleurs les lectures d'immersion et les enregistrements montrent que le poisson navigue convenablement.

Le capteur d'immersion serait un accessoire précieux s'il était fiable; il ne l'est malheureusement pas, du fait probablement de variations de sa tension d'alimentation, et ses indications doivent être contrôlées par l'abaque (câble fité — vitesse — immersion). Celui-ci a été refait par la M.O.A. en avril 1974 pour les nouveaux poissons (voir figures 5-2 et 5-3) et pourra sans doute être perfectionné dans l'avenir (*).

Une graduation a été portée sur le câble; son zéro est au niveau des transducteurs, et les lectures sont rapportées à la sortie de la poulie du portique complètement débordé; il est toutefois plus commode de faire la lecture de la graduation au niveau du trancanage du treuil et d'enlever 9 mètres.

Le dispositif de sécurité conçu en 1973 ne fonctionnait pas; sa modification est à l'étude.

Bouteilles à renversement.

Un nouveau type de bouteilles à renversement Mécaboliér a été essayé. Un certain nombre d'améliorations à apporter à ce matériel ont été proposées.

Bathysonde.

Une bathysonde Guildline fut reçue juste avant la campagne d'août 1974 au cours de laquelle elle fut essayée et sa procédure d'utilisation mise au point.

La sonde mesure avec une grande sensibilité la pression, la température et la conductivité de l'eau et transmet ces données en surface par un câble à 7 conducteurs. On dispose à bord d'un enregistrement tant analogique que digital (ruban perforé). La cadence de mesure, limitée par le perforateur, était de 2 secondes, soit un point de mesure tous les 2 mètres environ à la vitesse utilisée.

En l'absence du multi-échantillonneur non encore reçu, deux bouteilles d'hydrologie classique ont été utilisées pour les étalonnages de la sonde en profondeur et en surface. Elles ont servi à déterminer les constantes d'étalonnage des capteurs.

Un bathycélérimètre du laboratoire du Brusac fut utilisé conjointement à la sonde CTD, mais ses résultats ne furent pas probants et la célérité fut en définitive calculée à partir de la profondeur, de la température et de la conductivité.

La bathysonde a très bien fonctionné, au cours des 65 stations exécutées en août 1974. Après contrôle sommaire à bord, l'exploitation complète des résultats fut faite à l'E.P.S.H.O.M. par l'I.S.C. Camus, qui a rédigé un rapport très détaillé (Rapport n° 60 E.P.S.H.O.M./E/OC du 3 février 1975) donnant toutes précisions sur les méthodes et les formules employées. Il convient de s'y reporter pour plus de détails.

(*) Il devra l'être si le lest est changé ou si le câble est équipé de profilés, ce qui paraît souhaitable.

CHAPITRE 2

LEVÉ DES ABORDS DE LA GRANDE SOLE

La M.O.A. a achevé en 1973 sa part du levé des atterrages de Brest, entreprise l'année précédente sous la direction d'A. Comolet-Tirman dans la zone de la Grande Sole. Trois sorties du D'Entrecasteaux

ont été consacrées à ce travail : Sole — 4 du 10 au 15 octobre 1972, Sole — 5 du 18 au 29 juin 1973, Sole — 6 du 3 au 12 juillet 1973. Le travail a comporté deux parties (voir fig. 2.1) :

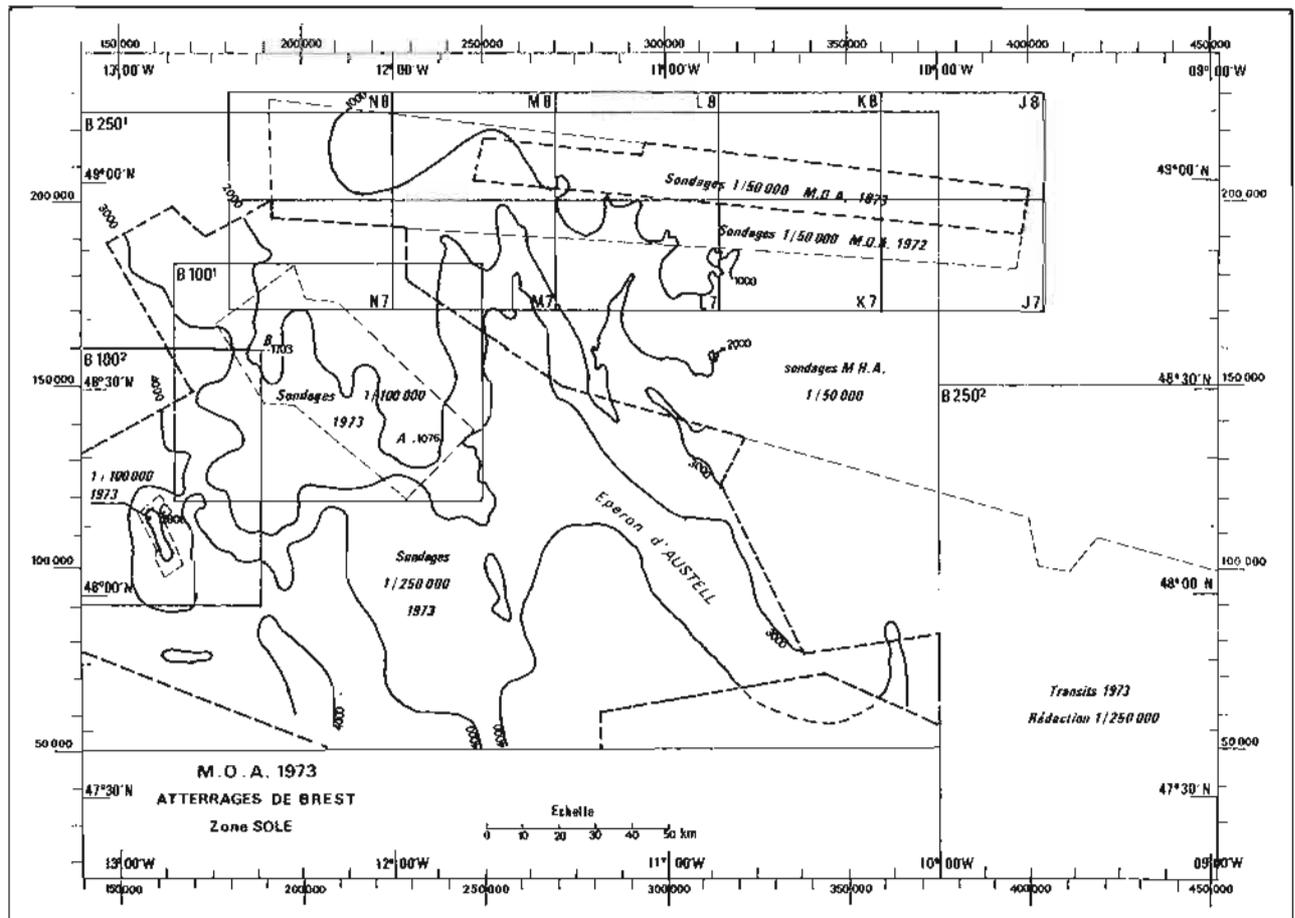


Fig. 2.1

a) Achèvement du levé régulier du plateau continental, avec localisation Toran et rédaction au 1/50 000, selon les méthodes de la Mission Hydrographique de l'Atlantique (M.H.A.), responsable de l'ensemble de ce travail.

b) Exploration du talus continental, très accidenté entre 12°W et 13°W, avec localisation Transit ou Toran et rédaction au 1/250 000 et au 1/100 000. L'exploration devait particulièrement préciser les relèvements du fond A, B, C (voir fig. 2.1) baptisés

respectivement crête de 12°W, crête de 12°30', crête de 13°W.

Les deux tâches ont été menées de front, la première de jour pendant les heures de fonctionnement du Toran, la seconde d'abord de nuit au Transit puis toute la journée à l'achèvement du levé au 1/50 000.

Outre le sondeur, le gravimètre et le magnétomètre ont constamment été mis en œuvre. Une station hydrologique a été faite le 10 juillet au milieu de la zone.

L'exploration a été poursuivie par des profils complémentaires à chaque trajet du *D'Entrecasteaux* entre Brest et les Açores; la localisation a alors été assurée par le Transit.

Localisation.

Les réseaux Toran 1, 2, 3 assuraient de jour une localisation très précise, et ont pu être utilisés en juin jusqu'à 12°20'W (590 km des émetteurs du réseau 3) et même jusqu'à 13°00'W en juillet (640 km des émetteurs).

Le calage quotidien des phasemètres était assuré conjointement par les cycles de levé d'ambiguïté et par des reliefs sous-marins caractéristiques, dès que les profondeurs sont devenues trop grandes pour qu'une bouée puisse être mise en œuvre. Une croupe ou une vallée sous-marine à peu près perpendiculaire au réseau de profils suivis et dont la cote maximale (ou minimale) varie régulièrement d'un profil à l'autre permet un calage topographique assez précis.

Si l'espacement du réseau initial est de 1 000 mètres, le recalage peut ainsi être assuré à mieux que 500 mètres près, soit deux chenaux Toran du réseau 1.

Le Transit était utilisé sans calculateur de bord, et les positions n'étaient donc connues qu'au retour à Brest.

La précision des localisations Transit et Toran est analysée plus loin au chapitre 8. Les points Transit montrent l'excellente précision absolue du Toran avec les constantes utilisées. Les positions sont données dans le système Europe-50 (Ellipsoïde international); tous les documents sont rédigés en projection de Mercator.

Bathymétrie.

La célérité du son utilisée est de 1 500 m/s. La célérité réelle a été calculée à partir des données de la station hydrologique, et la figure 2.2 fournit la correction qu'il faut apporter aux profondeurs nominales pour obtenir des profondeurs réelles.

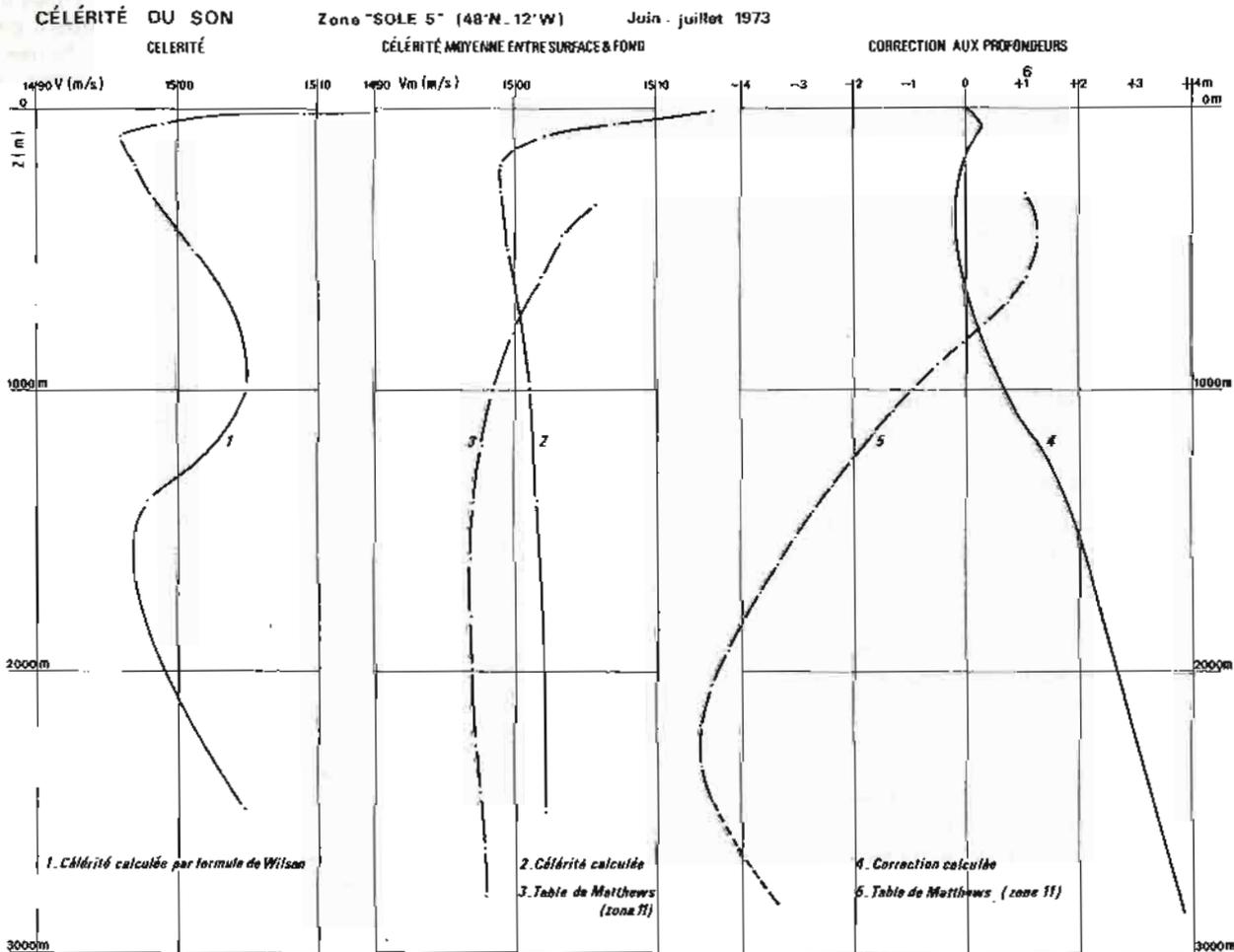


Fig. 2.2

Les sondes inférieures à 200 mètres sont corrigées de la marée par la formule :

$$h_t = 0.37 H_{(t+15)}$$

H étant la hauteur d'eau observée au Conquet 15 minutes plus tard.

Le sondeur Atlas a été utilisé sur le plateau, le sondeur Edo-12 KHz sur le talus.

La bathymétrie a été rédigée au 1/50 000 sur le plateau (Minutes J7, J8, K7, K8, L7, L8, M7, M8, qui complètent celles de 1972) et au 1/250 000 sur le talus (Minute de reconnaissance B 250-1).

La minute au 1/250 000 montre un fond très accidenté entre 1 000 et 4 000 mètres de profondeur, avec plusieurs grands mouvements de terrain d'orientation générale 165°-345°. Le point le plus remarquable de la zone est le sommet A (crête de 12°W) qui culmine à 1 076 m par 48°22,7'N, 11°56,0'W, au-dessus de fonds de 2 000 à 4 000 mètres. Le sommet est sensiblement circulaire, de 1 500 mètres de diamètre. Ce relief ainsi que deux autres, B (crête de 12°30') et C (crête de 13°W) a été sondé au 1/100 000 par des profils réguliers espacés d'environ 1 km et quelques profils en étoile : rédaction sur les minutes B 100-1 et B 100-2.

La minute B 250-1 est le seul levé bathymétrique cohérent dans la zone qu'elle couvre : on ne possédait jusque-là dans cette région que quelques profils obtenus au cours de transit du *Théodore Tissier*, de la *Thalassa*, et du *Jean Charcot*, rassemblés par L. Berthois et R. Brenot sur la carte 66-4 du C.N.R.S. En comparant les deux documents on constate qu'il est possible de recalcr les différents profils de la carte 66-4 sur le levé M.O.A.-73. La correction de recalage varie d'un profil à l'autre, mais il faut en moyenne retrancher 1.4' aux latitudes et ajouter 5.3' aux longitudes Ouest des profils « Berthois » pour les mettre en accord avec le levé de 1973. Quelques profils M.O.A.-72 ont également été recalés sur le levé de 1973. Le tracé des courbes de niveau de la minute B 250-1 tient ainsi compte des travaux antérieurs chaque fois que cela a été possible. Des profils de transit M.O.A. ultérieurs vers les Açores y ont également été incorporés.

Quelques transits plus à l'Est figurent sur une autre minute au 1/250 000, repérée B 250-2.

Les relèvements de fond A, B et C ne sont pas les seuls de la zone; au Sud de A en particulier il s'en trouve d'autres d'importance comparable à C. Ce dernier est néanmoins remarquable par sa situation extrême à l'Ouest. Les pentes de ces reliefs atteignent 25 à 30 %.

Les reliefs A, B et C ont été représentés sur quatre planches sous forme d'une suite de profils espacés de 1 000 mètres environ. Ces profils sont les enregistrements obtenus au sondeur Edo-12 KHz (largeur du faisceau $2\theta_3 = 30^\circ$) sur l'échelle 750 mètres. L'échelle horizontale dépend de la vitesse sur le fond du *D'Entrecasteaux*, 12 à 14 nœuds, et en raison des vents, des courants ou de changements d'allure elle varie d'un profil à l'autre.

L'épave M.O.A.-73-1 a été recherchée au magnétomètre, au sondeur et au sonal. Position 10°20.3'W, 48°59.1'N. Profondeur 148/159 m. Anomalie magnétique ± 30 gammas.

Gravimétrie.

La pesanteur a été mesurée pendant tout le levé avec le gravimètre Askania GSS 2 N° 24. Les mesures sont rattachées aux points de référence de Brest, eux-mêmes rattachés au repère B.R.G.M. de la porte Cafarelli pour lequel $g = 980\,950.92$ dans le système européen 1962.

La dérive du gravimètre a été faible : + 1.8 mgal du 18 au 29 juin, et + 0.9 mgal du 3 au 12 juillet.

L'erreur de cross-coupling n'est pas corrigée, sauf dans la zone déjà parcourue en 1972, où une correction de mer a été adoptée pour chaque profil, qui compense en partie l'erreur de cross-coupling.

Cette correction est en moyenne de + 5 mgal pour les profils dirigés vers l'Ouest et de - 2 mgal pour les profils vers l'Est. On constate donc une influence très nette de l'angle d'incidence de la houle sur la valeur de la correction. L'influence en question n'était pas apparue sur les résultats de 1972 (Rapport 71/M.O.A. du 13 avril 1973), résultats regroupant des données mesurées dans des conditions diverses. Les 10 profils de juin 1973 dont il est question ici ont été parcourus en une semaine dans des conditions de mer très homogènes (houle de 1 à 2 m venant juste de l'avant ou de l'arrière), de sorte que l'effet apparaît beaucoup plus nettement.

La correction est résumée dans le tableau suivant :

Angle d'incidence K de la houle		0°	180°
Hauteur cr/cr (mètres)	1.0	+ 2 mgal	- 2 mgal
	1.5	+ 5 mgal	- 2 mgal
	2.0	+ 6 mgal	

Le gravimètre 24, monté sur la plate-forme 1, avait sa face de commande à l'arrière.

Les mesures obtenues sur routes diverses dans la zone du talus continental n'ont pas été compensées. La mer ayant été très belle dans l'ensemble, on peut estimer que l'erreur due au cross-coupling est toujours inférieure à 5 mgal, l'erreur sur la correction Eötvös un peu moindre, et les mesures valables à 7 mgal près.

L'ensemble des résultats obtenus est représenté sur la minute d'anomalie à l'aire libre G 250-1; les courbes de niveau tiennent compte des profils suivis l'année précédente. Quelques transits vers l'Est figurent sur une minute G 250-2. Les anomalies gravimétriques, généralement positives dans la zone étudiée, varient entre + 126 et - 40 mgal. Le relèvement de fond A (crête de 12°W) crée l'anomalie la plus forte : + 126 mgal, avec un gradient de 5 mgal/km au voisinage.

Magnétisme.

Les minutes M 250-1 et M 250-2 contiennent les valeurs du champ total, obtenues avec le magnétomètre Varian.

Les mesures faites de jour ont subi la correction diurne suivante (en gammas) :

Heure TU + 1	Correc-tion	Heure TU + 1	Correc-tion
09H30 - 10H30	+ 10	13H30 - 14H30	+ 30
10H30 - 11H30	+ 20	14H30 - 15H30	+ 20
11H30 - 12H30	+ 40	15H30 - 16H30	+ 20
12H30 - 13H30	+ 40	16H30 - 17H30	+ 10

Les mesures faites de nuit n'ont pas été corrigées.

Le champ varie de près de 600 gammas dans la zone étudiée : 46 780 à 47 340 gammas.

Hydrologie.

— Des bathythermogrammes Sippican ont été relevés toutes les 6 heures et la figure 2.3 représente les moyennes des résultats obtenus en juin et en juillet, sur le plateau continental (profondeur inférieure à 00 m) et sur le talus (profondeur supérieure à 200 m).

On note un léger réchauffement au cours des

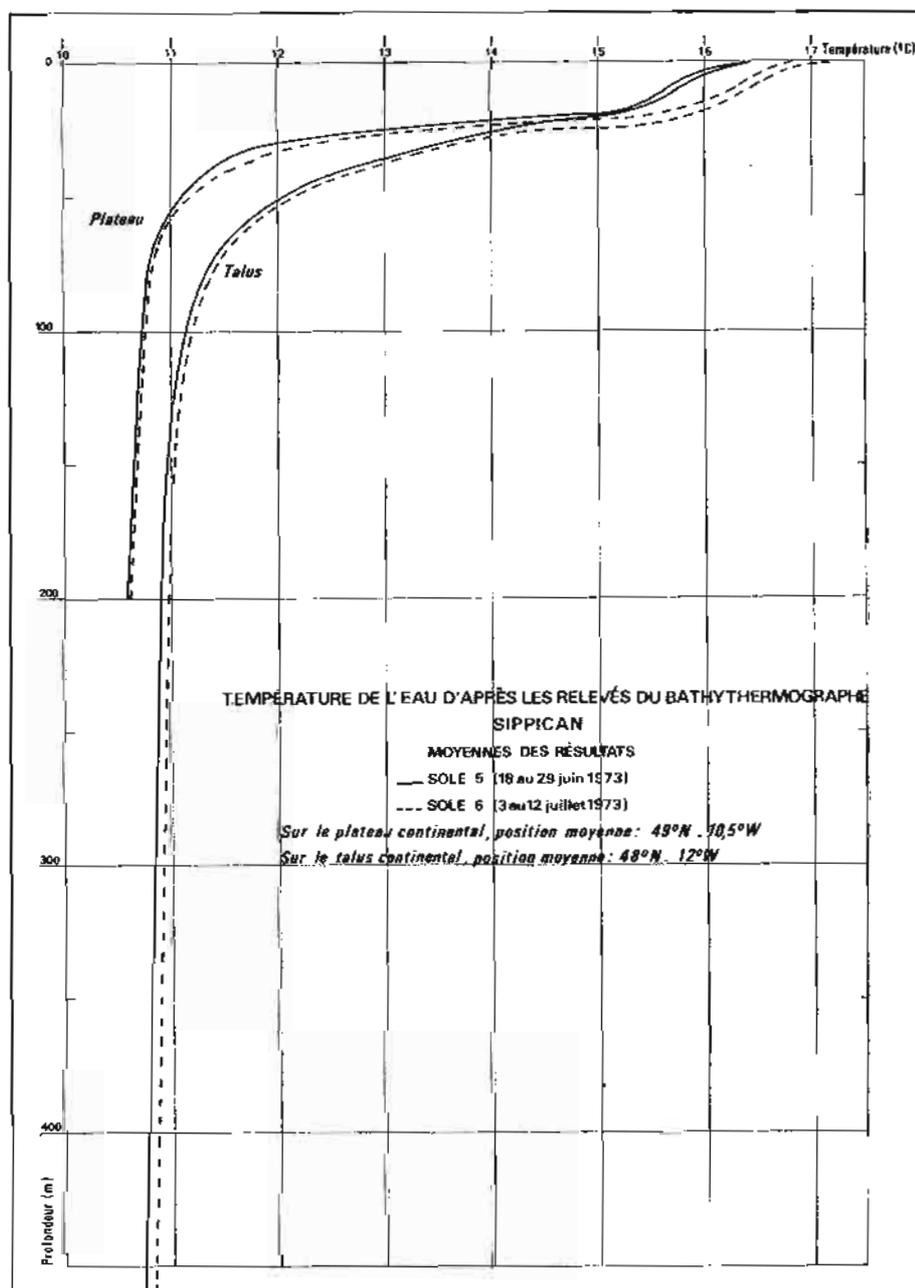


Fig. 2.3

deux semaines qui séparent les deux sorties, surtout important dans la couche d'eau superficielle située au-dessus du plateau.

On remarque surtout la température plus basse et le gradient plus élevé des eaux du plateau, plus refroidies en hiver que celles du talus.

— Une station d'hydrologie a été effectuée le 10 juillet autour du point (48°22' N, 12°27' W) par 2565 m de profondeur. Destinée à l'entraînement, elle n'a comporté de mesures T, S, P qu'aux 12 immersions standards :

0, 10, 20, 50, 100, 200, 300, 500, 800, 1000, 1500, 2500.

La figure 2.2 contient les paramètres acoustiques résultant de cette mesure :

— courbe 1 : célérité du son en fonction de la profondeur, d'après la formule de Wilson ;

— courbe 2 : célérité moyenne du son entre la surface et la profondeur indiquée. La courbe 3 représente la quantité analogue fournie par la table de Matthews pour la zone 11 ;

— courbe 4 : correction à apporter aux sondes nominales (réglage 1500 m/s) pour obtenir des profondeurs réelles. On note que la correction est faible et de signe opposé à celle de Matthews pour la zone 11 (courbe 5). Les profondeurs figurant sur les minutes n'ont pas été corrigées.

Localisation Oméga.

Au cours de la sortie de juin 1973 a été faite une évaluation du système de localisation Oméga utilisé normalement ou en mode différentiel. Un récepteur de référence avait été installé dans ce but à Touï-broc'h, non loin de Brest. Le rapport particulier n° 190/M.O.A. du 16 décembre 1973 décrit l'essai dans le détail ; ses conclusions sont les suivantes :

— En utilisation indépendante avec la correction des tables U.S.N.O.O., la valeur (A-D) est en moyenne assez exacte (écart : 2 centièmes), tandis que la valeur (B-D) présente un écart systématique plus important : 9 centièmes. La dispersion est d'environ 5 centièmes pour les deux réseaux. La localisation a ainsi une précision absolue de 4 milles

et une précision relative de 2 milles. Par conséquent si l'erreur systématique des réseaux peut être éliminée par une calibration préalable, la précision du point est de 2 milles.

— En utilisation différentielle à 500 km, l'écart systématique est plus faible, 0 pour (A-D) et 4 centièmes pour (B-D), et la dispersion également : 4 centièmes environ. La localisation a alors une précision absolue de 2 milles et une précision relative de 1,5 mille. Si le décalage systématique du réseau (B-D) a pu être éliminé par une calibration préalable, la précision du point est de 1,5 mille.

En résumé, on obtient un gain de précision notable par une calibration locale préalable de l'Oméga. L'utilisation différentielle à la distance 500 km améliore aussi la précision, dans le rapport 3/4. C'est ce que résume le tableau suivant, donnant la précision dans chaque cas (valeurs moyennes quadratiques).

	Calibration locale	
	Sans	Avec
Utilisation		
normale	4 milles	2 milles
différentielle	2 milles	1.5 mille

On n'a pas trouvé d'effet diurne sur la précision.

Il faut bien noter que l'autocorrélation des lectures Oméga est très faible, c'est-à-dire que l'erreur peut varier rapidement d'un instant à l'autre : le système Oméga ne peut donc pas être utilisé valablement pour interpoler entre des points Transit.

Les résultats obtenus sont plus favorables que ceux de novembre 1972, décrits plus loin au chapitre 7. En utilisation indépendante l'erreur systématique est plus faible, et surtout la dispersion est moitié moindre, sans qu'apparaisse clairement la cause de l'amélioration intervenue. En mode différentiel, à 500 km la valeur de la correction n'est plus excellente, mais l'amélioration apportée par la correction de référence n'est pas absolument négligeable.

CHAPITRE 3

RECHERCHES D'OBSTRUCTIONS EN MANCHE OCCIDENTALE

La M.O.A. a poursuivi en 1973 une campagne de recherches d'obstructions entreprise par la Mission Hydrographique de Dragage (M.H.D.) en Manche occidentale (voir fig. 3.1). La M.H.A. avait fait l'année précédente un levé bathymétrique de la même zone

puis l'a repris en 1974 pour en doubler la densité.

La M.O.A. a mis en œuvre le sondeur, le sonar et le magnétomètre, et a suivi la méthode de prospection préconisée par la M.H.D. pour les recherches au sonar, soit deux réseaux croisés de profils

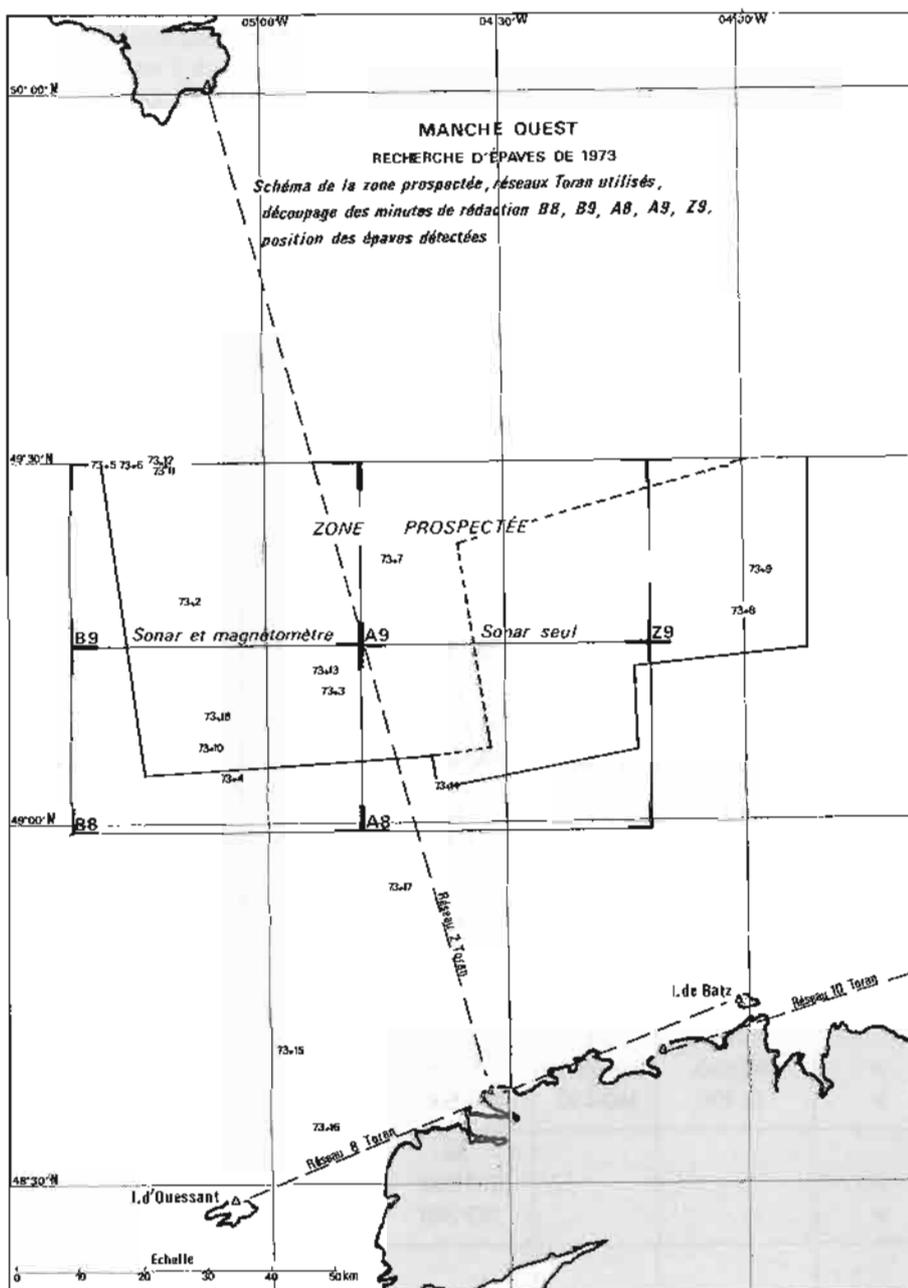


Fig. 3.1

espacés de 1 000 à 1 200 mètres, à la vitesse de 10 nœuds : 9 000 km ont ainsi été parcourus, et 35 jours ont été consacrés à ce travail.

Après la prospection systématique, 44 recherches ponctuelles ont été entreprises, qui ont consisté généralement en trois profils espacés de 300 mètres puis en cas de détection cinq profils espacés de 50 mètres.

La localisation a été assurée par les réseaux Toran n° 2, 8 et 10 de la M.H.A. Le calcul des positions a été fait en projection Mercator dans le système Europe-50 et les profils réguliers ont été rédigés sur cinq projections au 1/50 000 baptisées Z9, A8, A9, B8, B9. Les recherches ont été rédigées au 1/5 000.

Sondages.

Les profondeurs ont été mesurées au sondeur Atlas. Elle sont rapportées à la célérité réelle du son dans l'eau, qui fut de 1 490 m/s en mars et avril, 1 500 m/s les 8 et 9 octobre, 1 497 m/s du 22 au 31 octobre, 1 495 m/s en novembre et décembre.

Adopter une célérité constante de 1 500 m/s tout

au long de l'année entraînait en effet des hiatus pouvant atteindre 0,8 m aux intersections des profils ; la pente moyenne du fond étant très faible (1 m pour 5 km), ceci entraînait de grandes difficultés dans le tracé des courbes de niveau. Tout le levé est donc à considérer comme fait en octobre, mois où la célérité réelle est égale à la célérité nominale de 1 500 m/s.

Les sondes sont réduites de la marée calculée par le programme MAN 2 de l'E.P.S.H.O.M. à partir de la marée observée au Conquet, où le zéro des sondes est à 20,57 m au-dessous du repère N.G.F. n° 44 (soubassement du bâtiment des phares et balises). Le programme M.A.N. 2, mis au point par la Mission Hydrographique de l'Atlantique en 1973, calcule la hauteur en mètres,

$$h(x, y, t) = k(x, y) [H(t - \theta(x, y)) - 0,29]$$

dans laquelle les fonctions $k(x, y)$ et $\theta(x, y)$ sont des polynômes de degré 3 en x et y , et $H(t)$ représente la marée observée au Conquet. Le terme 0,29 rend compte du décalage des zéros hydrographiques de Roscoff et du Conquet. Les coordonnées (x, y) sont celles du système Mercator des levés de Bretagne. Les coefficients des développements et la variation de k et θ dans la zone sont reproduits dans les tableaux ci-dessous. La figure 3.2 fournit le découpage en zone de marée.

Zones de marée

Numéro de chaque zone et position du centre selon les valeurs des coefficients $k(x, y)$ et $\theta(x, y)$

		$\theta_1 = 0 \text{ h } 50$	$\theta_2 = 1 \text{ h}$	$\theta_3 = 1 \text{ h } 10$	$\theta_4 = 1 \text{ h } 20$	$\theta_5 = 1 \text{ h } 30$	$\theta_6 = 1 \text{ h } 40$	$\theta_7 = 1 \text{ h } 50$
$k_0 = 0,85$	x	10 722 050	20 746 000					
	y	243 000	266 600					
$k_1 = 0,90$	x	11 735 850	21 756 450	31 774 500	41 788 500			
	y	227 350	246 600	261 500	273 300			
$k_2 = 0,95$	x	12 750 300	22 767 000	32 782 700	42 795 900	52 808 100	62 819 800	
	y	210 500	225 600	240 600	251 400	261 350	268 500	
$k_3 = 1,00$	x	13 765 200	23 778 100	33 791 850	43 803 900	53 816 400	63 827 350	73 837 850
	y	195 350	208 650	220 600	231 600	240 650	247 300	254 800
$k_4 = 1,05$	x	14 778 600	24 790 000	34 801 000	44 812 600	54 824 600	64 835 600	
	y	182 200	193 550	205 000	214 650	223 700	231 100	
$k_5 = 1,10$	x	15 790 900	25 800 800	35 810 100	45 822 200	55 833 000		
	y	172 400	182 150	192 500	202 900	211 400		
$k_6 = 1,15$	x			36 819 600	46 829 750	56 839 000		
	y			182 200	192 900	202 100		
$k_7 = 1,20$	x				47 836 100			
	y				183 600			

Polynomes d'interpolation des fonctions $k(x, y)$ et $\theta(x, y)$

$$k(xy) = ay^3 + bxy^2 + cx^2y + dx^3 + ey^2 + fxy + gx^2 + hy + nx + p$$

$$a = -0,453 \ 048 \ 941 \ 347 \ 603 \ 900 \ 10^{-8}$$

$$b = 0,125 \ 625 \ 439 \ 581 \ 342 \ 900 \ 10^{-6}$$

$$c = -0,140 \ 915 \ 574 \ 975 \ 120 \ 900 \ 10^{-6}$$

$$d = 0,264 \ 659 \ 070 \ 744 \ 817 \ 100 \ 10^{-7}$$

$$h = -0,378 \ 317 \ 911 \ 394 \ 642 \ 000 \ 10^{-1}$$

$$n = 0,608 \ 266 \ 301 \ 032 \ 902 \ 300 \ 10^{-2}$$

$$e = -0,930 \ 382 \ 344 \ 356 \ 314 \ 700 \ 10^{-4}$$

$$f = 0,154 \ 165 \ 777 \ 517 \ 170 \ 100 \ 10^{-3}$$

$$g = -0,284 \ 669 \ 572 \ 817 \ 230 \ 200 \ 10^{-4}$$

$$p = 0,153 \ 498 \ 601 \ 566 \ 428 \ 900 \ 10^{-1}$$

x et y sont exprimés en kilomètres

$$\theta(x, y) = \alpha y^3 + \beta xy^2 + \gamma x^2 y + \delta x^3 - \epsilon y^2 + \zeta xy + \eta x^2 + Ky + Vx + \pi$$

$$\alpha = +0,133 \ 177 \ 350 \ 082 \ 662 \ 900 \ 10^{-4}$$

$$\beta = 0,120 \ 772 \ 218 \ 280 \ 442 \ 100 \ 10^{-4}$$

$$\gamma = 0,217 \ 141 \ 524 \ 896 \ 151 \ 900 \ 10^{-4}$$

$$\delta = -0,233 \ 815 \ 150 \ 812 \ 364 \ 400 \ 10^{-5}$$

$$K = 0,196 \ 895 \ 942 \ 158 \ 277 \ 000 \ 10^{-2}$$

$$V = 0,878 \ 358 \ 268 \ 679 \ 746 \ 200$$

$$\epsilon = -0,201 \ 709 \ 173 \ 281 \ 705 \ 900 \ 10^{-1}$$

$$\zeta = -0,382 \ 470 \ 296 \ 303 \ 383 \ 200 \ 10^{-1}$$

$$\eta = 0,270 \ 949 \ 911 \ 486 \ 619 \ 200 \ 10^{-2}$$

$$\pi = -0,145 \ 614 \ 060 \ 434 \ 379 \ 300 \ 10^{-4}$$

x et y sont exprimés en kilomètres.

3.1. RECHERCHES D'ÉPAVES.

Exploration sonar.

Le sonar Duba 1 E à 25 KHz a été utilisé selon la procédure M.H.D. : cadence 4 s correspondant à une portée maximale pratique de 2700 mètres, bords de 5° depuis l'arrière du travers jusqu'à l'avant, alternativement de chaque bord, arrêt de balayage sur tout écho suspect pendant trois émissions au maximum au cours de la phase prospection. Site entre -2° et 0°, selon les observations bathythermiques ; les conditions rencontrées ont été en fait presque toujours isothermes jusqu'au fond.

La portée réelle doit être dans ces conditions supérieure à 2300 mètres, et tout point balayé une dizaine de fois ; c'est bien ce qu'on vérifie sur les épaves ayant de bonnes qualités réflectrices.

Les échos signalés par l'opérateur sont qualifiés par lui soit de douteux soit de probables. Ils ont été reportés sur les projections les premiers en tirets, les seconds en trait plein.

A noter que malgré les réglages, l'échelle des distances du sonar a fréquemment été décalée, et parfois de 1000 yards. Les relèvements indiqués sont donc plus fiables que les distances ; ils sont cependant sujets à erreurs de l'opérateur, erreurs qui peuvent atteindre 10°, parfois plus.

Exploration au magnétomètre.

Le magnétomètre a été utilisé pendant la deuxième partie de la prospection. Sa sonde était remorquée

à 290 mètres de l'arrière au début, et 260 mètres ensuite, à partir du 30 novembre 1973. La cadence de mesure fut toujours prise égale à 6 secondes.

Magnétisme.

La mesure du champ et le déplacement du style de l'enregistreur ne sont pas instantanés et sur l'échelle 100 gammas, l'enregistreur a l'allure indiquée ci-dessous :

$$t_0 t_1 = 3 \text{ S}$$

$$t_1 t_2 = 6 \text{ S}$$

Le dépouillement étant effectué comme l'indique la figure 3-3 (mesure $F(t_1)$ prise à la fin du palier $t_1 t_2$), on a constaté qu'il existait un retard supplémentaire d'environ 3 secondes ; la mesure $F(t_1)$ devrait être rapportée à l'instant t_0 et non pas t_1 . Ce retard de 3 s a été traduit par un accroissement de 12 m de la distance de la sonde au bâtiment.

La position du magnétomètre a donc été prise 331 mètres en arrière de l'antenne Toran (301 mètres à partir du 30 novembre 1973). Il n'a pas été tenu compte d'un éventuel décalage latéral de la sonde. Un tel décalage est cependant reconnaissable sur plusieurs recherches, où l'anomalie magnétique est excentrée par rapport à l'épave.

Seules les anomalies magnétiques ont été dépouillées. Elles ont été réduites des valeurs théoriques de l'International Geomagnetic Reference Field (I.G.R.F. - 65). Aucune correction de variation diurne n'a été faite ; l'ensemble des profils d'une même recherche ayant été parcouru dans un court laps de temps, on peut admettre que l'erreur diurne est restée constante dans l'intervalle et que la forme de l'anomalie est correcte.

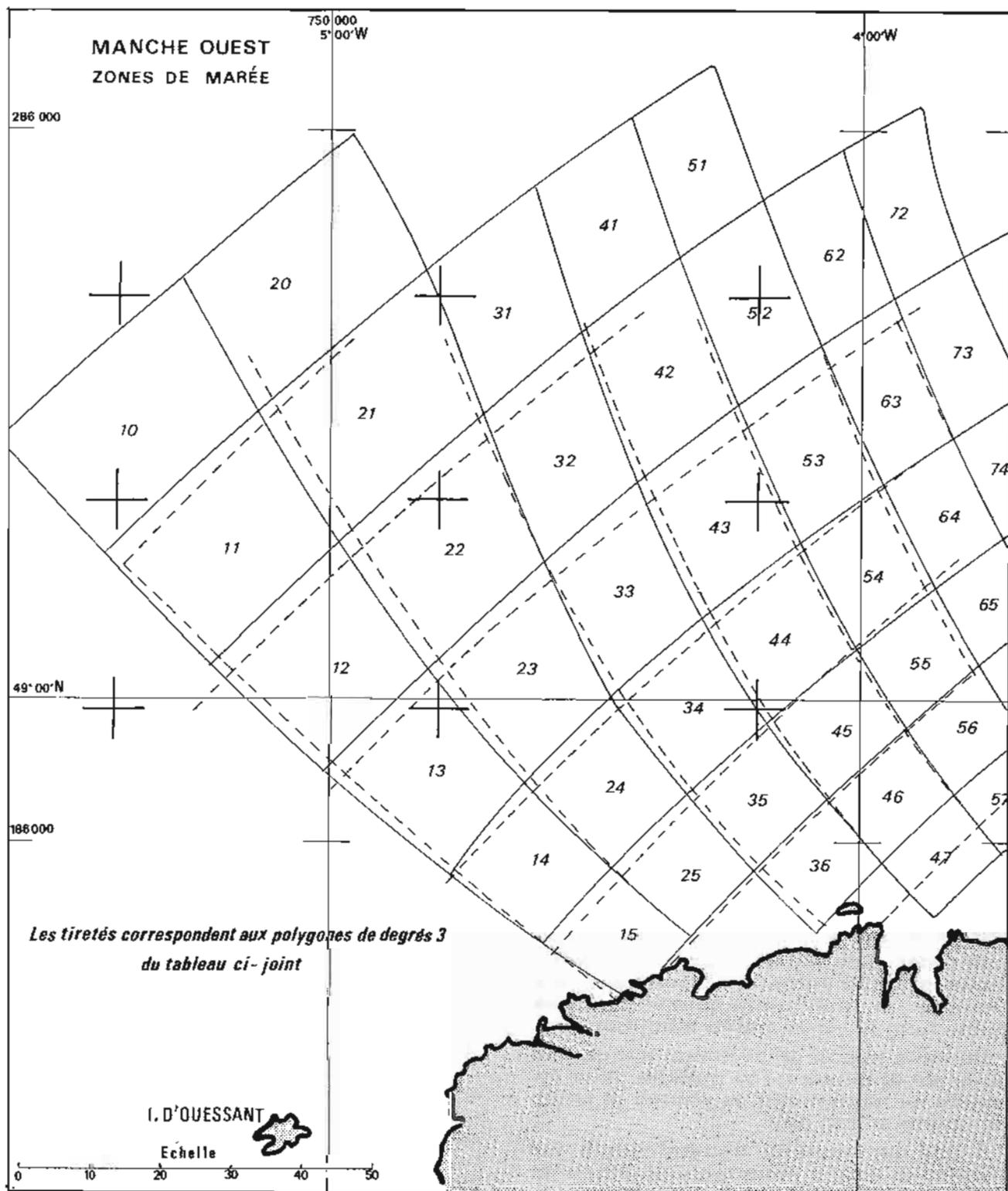


Fig. 3.2

Détection des épaves par magnétomètre.

L'anomalie magnétique a été étudiée en détail pour 14 épaves de la zone et 2 hors zone (voir fig. 3.4 et tableau ci-après), toutes par 100 mètres de profondeur environ.

Une anomalie d'épave est constituée d'une anomalie négative au Nord et d'une anomalie positive au Sud de l'épave. L'orientation de l'axe de ces anomalies est en moyenne le méridien magnétique : l'écart par rapport au méridien géographique a une valeur moyenne quadratique de 35°.

La zone d'anomalie est un peu plus grande dans

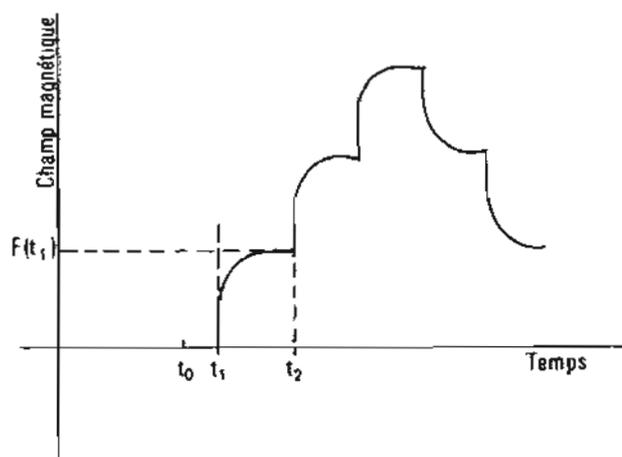


Fig. 3.3

le sens de son axe que dans le sens perpendiculaire, cependant la largeur Nord-Sud et la largeur Est-Ouest sont assez équivalentes : 408 m et 397 m respectivement pour les limites de l'anomalie à 10 gammas. Dans une recherche au magnétomètre il y a donc un avantage, mais très minime, à suivre des profils perpendiculaires au méridien magnétique.

Les dimensions de la zone d'anomalie sont sensiblement proportionnelles au cube de l'anomalie (à profondeur constante), et les dimensions de l'anomalie à 10 gammas sont 1,2 fois en moyenne celles de l'anomalie à 20 gammas, dans la zone étudiée.

En considérant que le seuil pratique de détection est un écart de 10 gammas, la portée de détection par 100 mètres de profondeur et pour une direction quelconque est sensiblement

$$l_{10} = 36 \sqrt[3]{A} \quad (\text{voir courbe de la fig. 3.5})$$

Si deux réseaux de profils croisés, espacés chacun de 1000 m, ont été suivis, la probabilité de détection d'une épave dont l'anomalie a une largeur l est :

$$p = \frac{2l}{1000} \left(2 - \frac{2l}{1000} \right)$$

Elle varie de 47 % pour une épave de 50 gammas à 88 % pour une épave de 750 gammas et la probabilité moyenne est de 61 % ; sachant que 11 épaves ont été rencontrées au cours de la prospection systématique de la partie Ouest, il est probable qu'il en existe environ 18 dans cette zone (sur lesquelles 12 ont été trouvées (voir fig. 3.6) et 12 environ dans la partie prospectée sans magnétomètre, sur les-

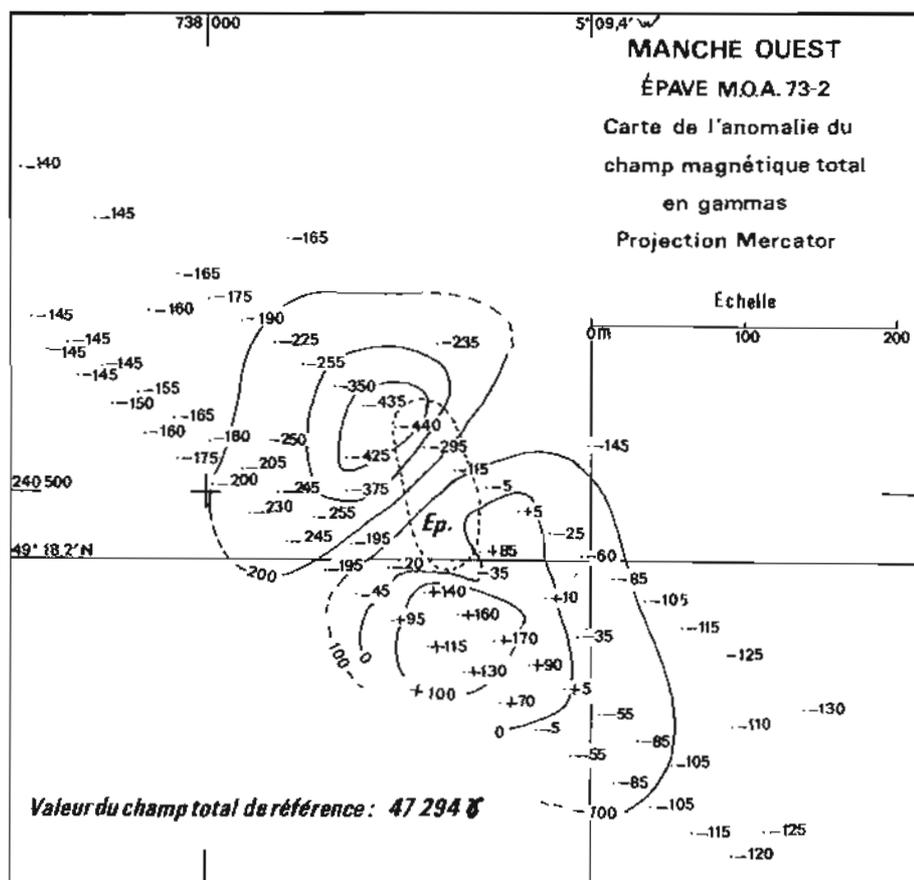


Fig. 3.4

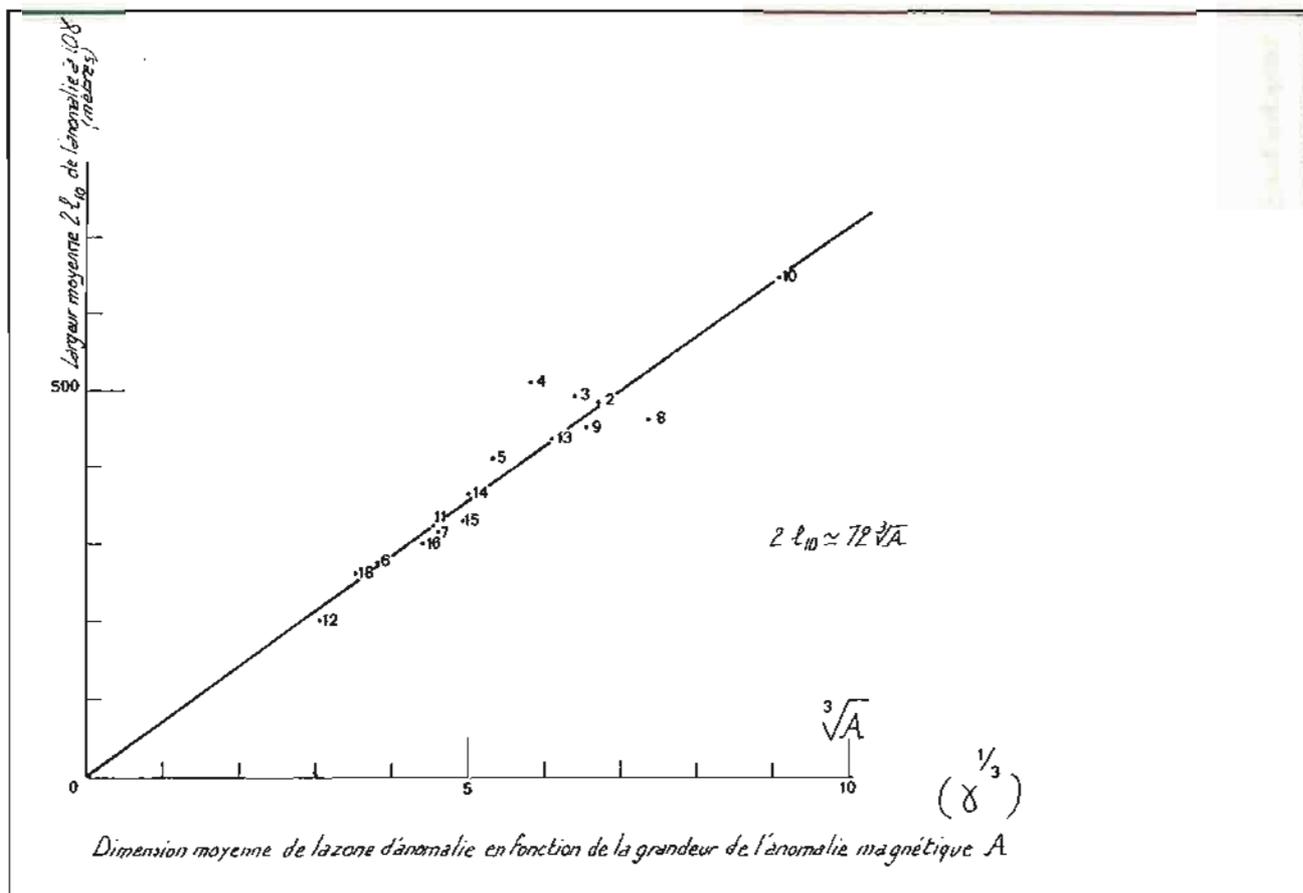


Fig. 3.5

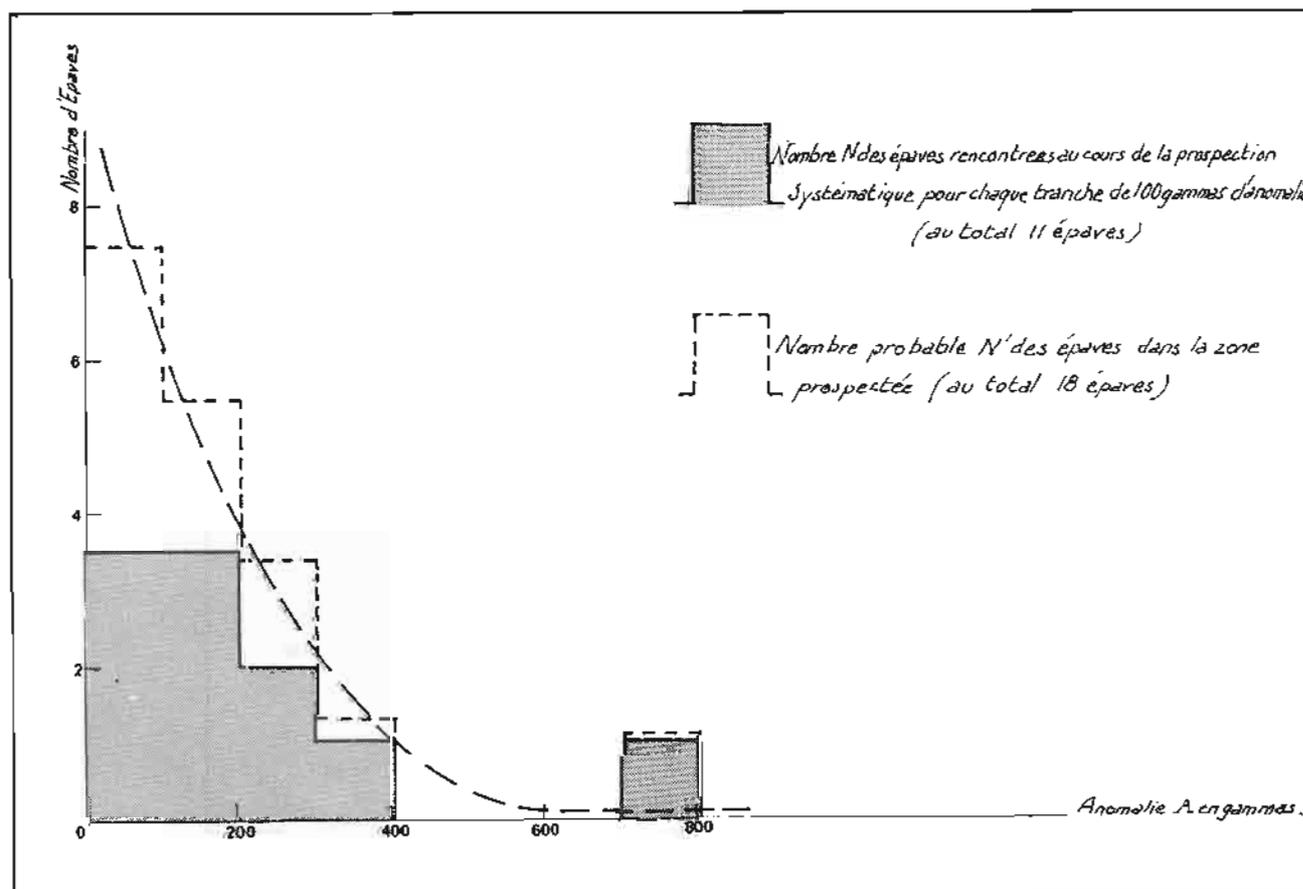


Fig. 3.6

quelles 2 ont été trouvées par la M.O.A. et 3 autres par la M.H.A.

Si les profils suivis avaient été parallèles et non pas croisés, 75 % des épaves auraient été trouvées lors de la prospection systématique, et non pas 61 %, pour une durée de prospection équivalente.

Si le réseau de prospection a un espacement de 300 mètres au lieu de 500 mètres la quasi-totalité des épaves est obtenue.

Le taux de fausse alarme a été de 23 % : 3 recherches infructueuses sur 13 recherches entreprises. Un examen plus attentif des enregistrements aurait d'ailleurs évité probablement d'entreprendre ces trois recherches.

Remarque :

Trois épaves ont été trouvées au sondeur pendant la prospection systématique. Sachant que la surface du fond balayée par le sondeur Atlas a 25 mètres de large, un calcul analogue au précédent fournit encore une valeur de l'ordre de 30 comme nombre probable d'épaves existantes :

$$p = \frac{1}{a} \left(\frac{l \sqrt{2}}{\pi} + 25 \right) = 0.113 \quad \text{et} \quad \frac{3}{0.113} = 27$$

avec :

$$l = \text{longueur moyenne d'une épave} = 95 \text{ mètres} \\ a = \text{demi-pas de réseau} = 600 \text{ mètres}$$

Epaves rencontrées

N°	Position		Taille h x l m	Prof. m	Anom. γ	Orient. degrès	larg. moy. 10 γ m	long. mérid. 10 γ m	Détection		
	Lat. Nord	Long. Ouest							sondeur	magn.	Sonar
2	49° 18,22'	5° 09,48'	8 x 100	95/103	305	155	490	560	—	x	x (8)
3	49° 10,78'	4° 51,71'	6 x 100	96/102	265	190	500	500	x	x	— (3)
4	49° 03,68'	5° 04,77'	8 x 150	98/106	195	190	515	560	—	x	— (0)
5	49° 29,76'	5° 19,19'	7 x 100	94/101	150	225	415	420	x	x	x (3)
6	49° 29,77'	5° 16,13'	4 x 50	94/98	55	140	280	330	—	x	— (2)
7	49° 21,54'	4° 43,74'	6 x 60	89/95	100	175	320	290	x	x	x (5)
8	49° 17,03'	3° 59,46'	10 x 100	74/84	395	160	470	490	x	—	x (4)
9	49° 20,72'	3° 57,50'	5 x 100	82/87	280	140	460	490	x	—	— (1)
10	49° 05,85'	5° 06,92'	8 x 130	96/104	755	155	655	700	—	x	x (8)
11	49° 29,70'	5° 12,33'	3 x 50	98/101	95	110	325	270	—	x	x (9)
12	49° 29,60'	5° 12,00'	4 x 100	97/101	30	?	205	220	—	—	— (0)
13	49° 12,43'	4° 52,51'	11 x 150	87/98	225	215	445	410	—	x	— (1)
14	49° 02,37'	4° 37,48'	5 x 100	96/101	125	175	370	395	—	x	— (2)
15	48° 40,95'	4° 57,16'	12 x 100	96/108	120	130	335	320	hors zone	—	—
16	48° 34,26'	4° 52,65'	8 x 100	88/96	85	225	305	260	hors zone	—	—
18	49° 08,56'	5° 05,83'	3 x 40	102/105	45	130	265	310	—	x	— (2)
Moyennes					201	168	397	408			

Désignation des quantités :

N°	Numéro de l'épave.
Position	Position du centre de l'épave (Europe 50).
Taille	Hauteur et longueur de l'épave en mètres.
Profondeur	Profondeur apparente (sonde + marée) du sommet et du pied de l'épave.
Anomalies	Moyenne des anomalies extrêmes, positive ou négative, dues à l'épave.

Orientation	Direction du centre de l'anomalie négative au centre de l'anomalie positive.
Larg. moy. (10 γ)	Largeur moyenne de l'anomalie à 10 γ. C'est sensiblement 1,2 fois la largeur de l'anomalie à 20 γ.
Long. mérid (10 γ)	Longueur maximale de l'anomalie à 10 γ selon le méridien magnétique.
Détection	Une croix indique l'appareil (ou les appareils) ayant fourni le renseignement initial sur l'épave. Pour le sonar est indiqué entre parenthèses le nombre total d'échos obtenus.

Détection des épaves par sonar.

Six épaves ont été détectées au sonar dans la zone sur les 30 qui s'y trouvent probablement, ou sur les $14 + 3 = 17$ qui s'y trouvent certainement. Le taux de détection est donc de 20 %.

Les 6 épaves détectées l'ont été avec respectivement 8, 3, 5, 4, 8 et 9 échos. En l'absence de magnétomètre au cours de la prospection de la zone Est, tout ce qui pouvait apparaître comme une petite concentration d'échos sonar a été recherché. Aussi le taux de fausse alarme est-il très important : 18 recherches infructueuses sur 24 recherches entreprises, soit 75 %.

Recherches sur renseignements.

Aucune n'a été retrouvée des épaves suivantes qui figurent dans le fichier de l'E.P.S.H.O.M. :

94 - 5	Danevirke	1917	49° 14' N	, 04° 16' W
94 - 2	Akarda	1917	49° 21' N	, 04° 24' W
94 - 3	2 épaves ?		49° 18' N	, 04° 32' W
94 - 6	Anna	1919	49° 12' N	, 04° 26' W
94 - 8	Setubal	1917	49° 08' N	, 04° 34' W
95 - 6	Vapeur	1917	49° 09' N	, 05° 08' W
95 - 8	Allendale	1919	49° 05' N	, 05° 05' W
95 - 4	?	1954	49° 15' N	, 05° 16' W
95 - 3	Cargo	1918	49° 17' N	, 05° 05' W
95 - 9				

On a admis que l'épave 95 - 6 pouvait être la 11 voisine,
la 95 - 8 pouvait être la 18
la 95 - 9 pouvait être la 14.

Epaves étudiées par la mission hydrographique de l'Atlantique.

L'épave M.O.A. 73-9 est identique à l'épave M.H.A. n° 5.

Les épaves M.H.A. n° 3, 4 et 9, n'ont pas été détectées; elles se trouvaient dans la zone prospectée avec sonar seul.

Comparaison des procédés de détection.

La campagne de 1973 a fait apparaître la grande supériorité du magnétomètre sur le sonar pour la détection des épaves. Le tableau ci-dessous indique pour chaque procédé :

— le nombre R de recherches entreprises à la suite de la prospection systématique;

— le nombre N de celles qui ont été fructueuses.

Une épave peut être détectée par deux procédés à la fois, et son existence est alors certaine : ce fut le cas pour les 6 épaves indiquées par le sonar.

	R	N		R	N
Sonar	24	6	seul	18	0
			avec magnétomètre	3	3
			avec sondeur	1	1
Magnétomètre	14	11	avec sondeur et magnétomètre	2	2
			seul	8	5
			avec sonar	3	3
			avec sondeur	1	1
			avec sonar et sondeur	2	2

La supériorité du magnétomètre est encore plus grande que ne le fait apparaître le tableau car :

— le procédé de balayage de la zone était adapté à la recherche au sonar, beaucoup plus qu'à la recherche au magnétomètre;

— le magnétomètre n'était pas disponible pendant la première partie de la prospection.

Les résultats peuvent être résumés sous la forme suivante :

Les résultats peuvent être résumés sous la forme suivante :

Type de prospection	Espacement	Taux de détection	Taux de fausse alarme
Sonar, 2 réseaux croisés	1 000 m	20 %	75 %
Magnétomètre, 2 réseaux croisés	1 000 m	61 %	23 %
Magnétomètre, réseau unique de même longueur	500 m	75 %	10 % (?)

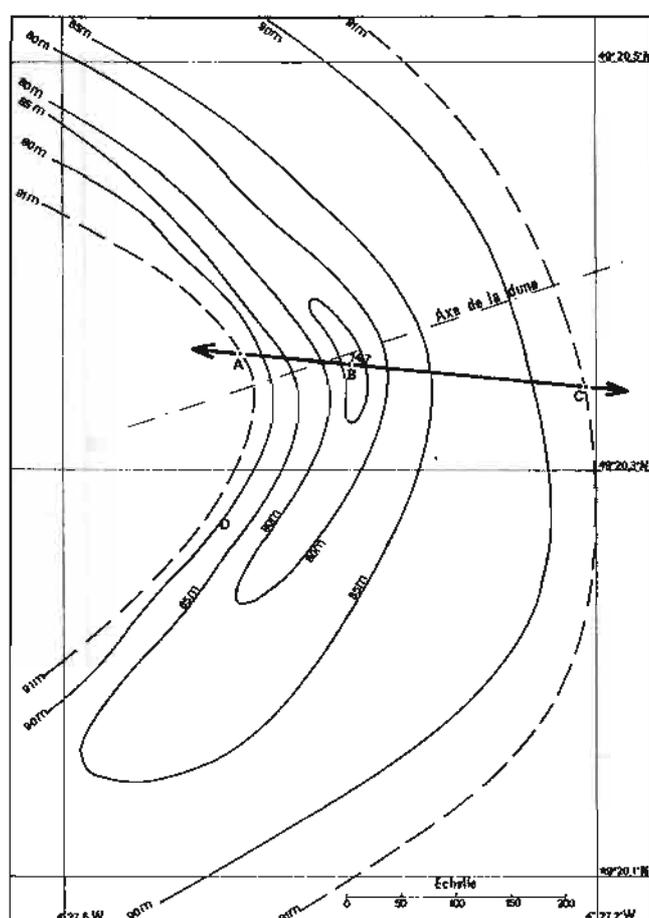
La prospection sonar, beaucoup plus astreignante, a donc été extrêmement décevante. On peut sans doute trouver des raisons à cette situation, dunes de sables, mauvais réglages, opérateurs peu formés, mais elles n'enlèvent rien à la supériorité de la prospection au magnétomètre dans les mêmes conditions. Ce dernier est en outre le seul à fournir indiscutablement la classification « épave » aux accidents détectés.

Les nombreuses dunes de sable qui se trouvent dans la zone explorée (voir ci-dessous) sont peut-être une cause d'échos sonar épisodiques, mais n'ont pas produit de concentrations d'échos identifiables.

Avec magnétomètre, et pour des profondeurs de 100 m, un taux de détection proche de 1 doit être obtenu avec un réseau de 300 m d'espacement. Si la profondeur atteint 150 m, le même taux nécessitera sans doute un espacement de 200 m.

3.2. ÉTUDE DES DUNES DE SABLE.

Outre des épaves, les sondages de 1973 en Manche occidentale ont fait apparaître l'existence de nombreuses dunes en croissant. Elles se reconnaissent aisément sur les enregistrements de sondeur à leurs pentes dissymétriques. La figure 3.7 en fournit un exemple, avec un relèvement de fond de 16,3 m, pour une profondeur de 91 m à la base; elle représente à droite l'enregistrement obtenu le long du profil ABC qui traverse la dune de type barchane dont la partie centrale est cartographiée à gauche. Le croissant est ouvert au Sud-Ouest, et la pente Ouest est la plus raide : 20 % contre 8 % environ sur la pente Est.



MANCHE OUEST

Partie centrale d'une grande dune située en : $49^{\circ}20,4'N$ - $004^{\circ}27,4'W$

Hauteur : 16,3 m

Profondeur au pied : 91 m

Largeur : 290 m

Pente W : 20 %

Pente E : 8 %

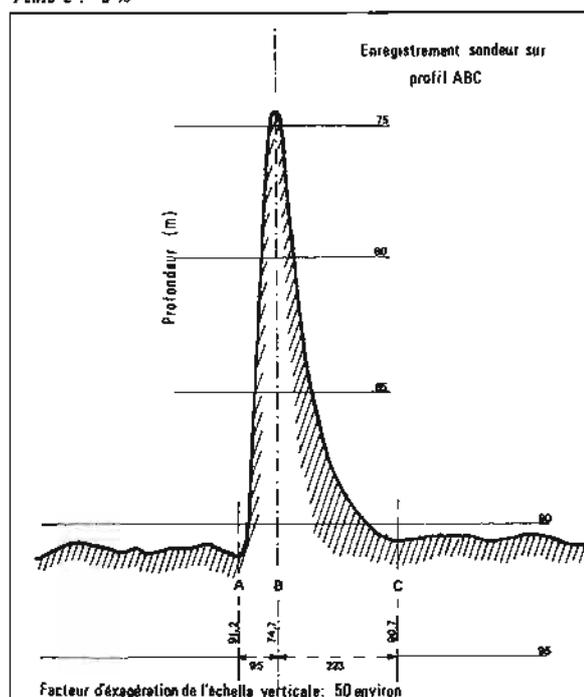


Fig. 3.7

Plusieurs autres croissants ont ainsi été étudiés en détail, et le levé systématique en a croisé un bien plus grand nombre encore.

L'allure générale et la dissymétrie des pentes montrent qu'il s'agit toujours de croissants ouverts

au Sud-Ouest, dont l'axe général est orienté au $55^{\circ}/235^{\circ}$, avec la pente raide à l'intérieur du croissant, c'est-à-dire au Sud-Ouest. Leur largeur est de 200 à 300 mètres, leur longueur peut atteindre plusieurs kilomètres.

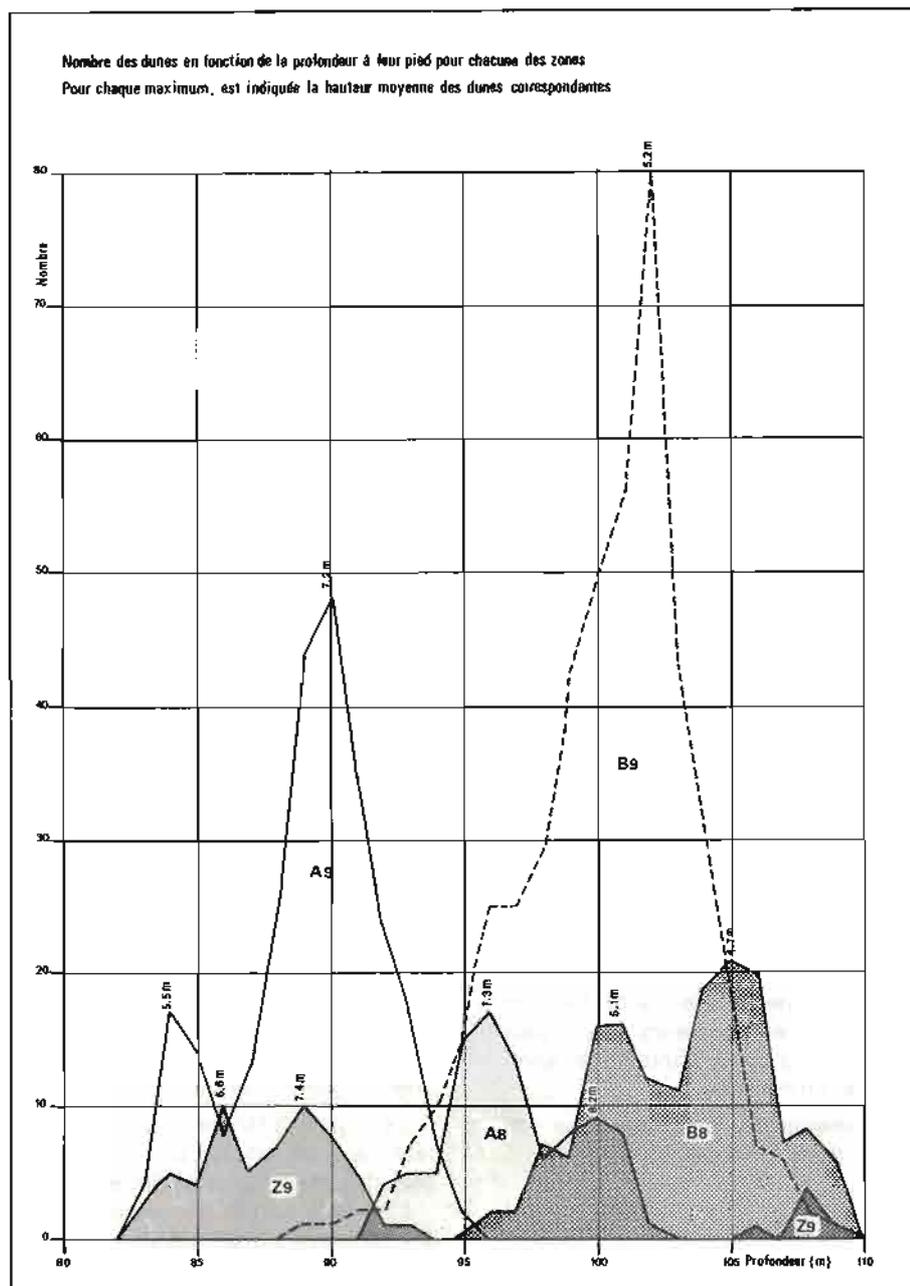


Fig. 3.9

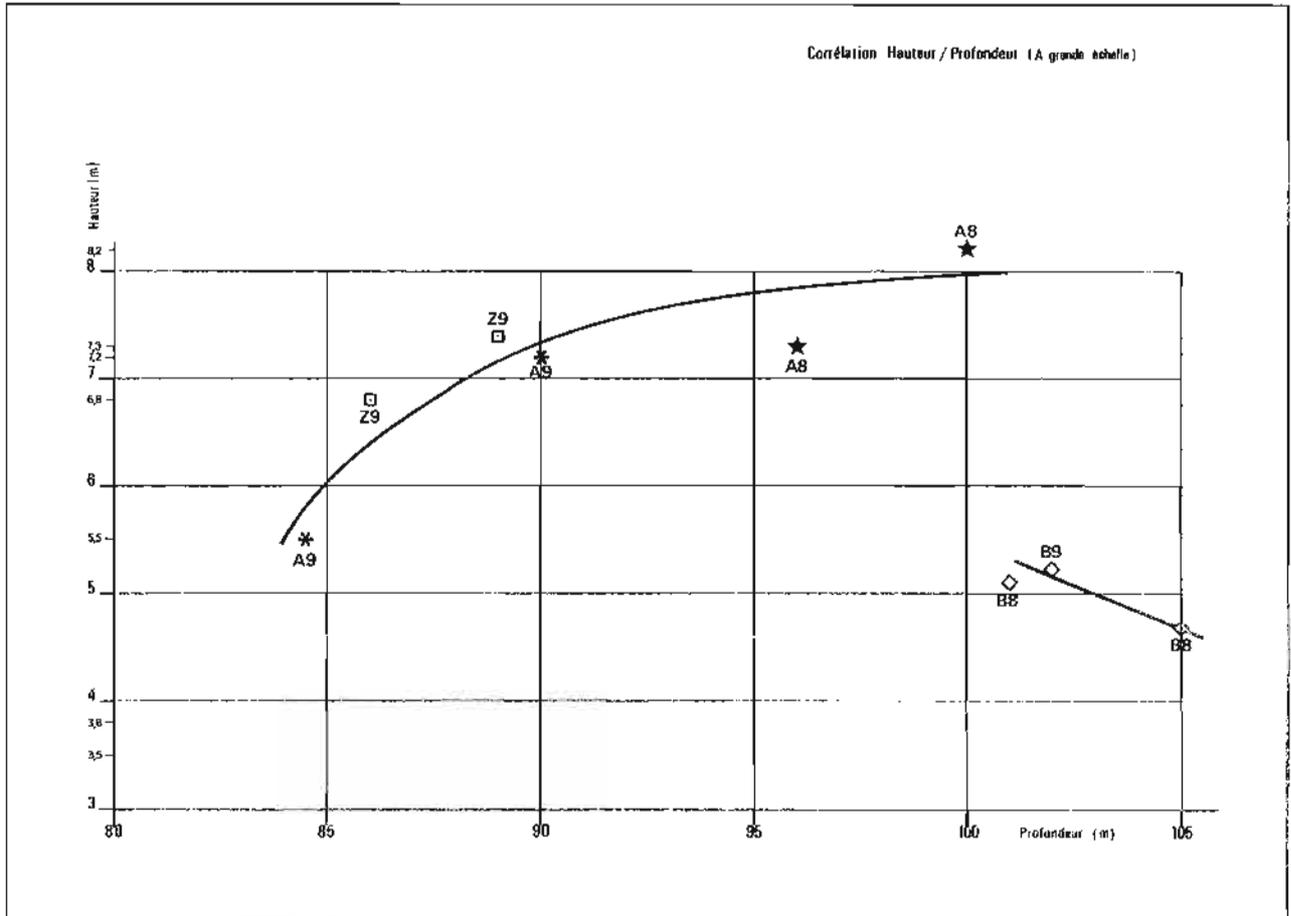


Fig. 3.10

Ces reliefs ont d'ailleurs déjà été étudiés, et notamment par G. Auffret (*) (**).

La figure 3.8 montre la répartition des dunes trouvées au cours du levé de 1973. On y a rencontré les dunes les plus hautes au Sud de la ligne XY, où leur hauteur croît en moyenne avec la profondeur et peut atteindre 18 m. Les hauteurs sont plus faibles en moyenne au Nord de la ligne XY et semblent décroître avec la profondeur.

Près de mille relèvements de fonds dunaires ont été identifiés au total dans la zone étudiée.

(*) G. Auffret, L. Berthois, L. Cabioch, J.L. Douville, N.H. Kenyon. Aperçu sur les structures sédimentologiques à grande et petite échelle et les processus sédimentaires actuels au Sud de la Manche occidentale. (*Ann. Inst. Oceanogr.*, 1972, Paris XLVIII (2), p. 157 à 172).

(**) Une nouvelle synthèse a été établie par G. Auffret sur cette question en 1975; elle a été publiée dans la revue « *La Houille Blanche* » n° 7/8-1975 et tient compte des résultats obtenus par le S.H.O.M.

Pour chacune des zones de rédaction Z9, A8, A9, B8, B9, la figure 3.9 indique le nombre de dunes en fonction de la profondeur à leur pied. Les dunes paraissent plus fréquentes aux profondeurs 85 m, 90 m, 96 m, 100 m et 105 m, sauf dans la zone B9 où le maximum est à 102 m. Etant donné la pente moyenne du fond, 0,023 %, la période de 5 à 6 mètres qui apparaît curieusement ici correspond à une longueur d'onde horizontale de 22 à 24 km.

La figure 3.10 représente la répartition des hauteurs et profondeurs moyennes des dunes pour chacun des maximums indiqués figure 3.9.

La pente douce des dunes, orientée au Nord-Est, est en moyenne de 4 à 8 %. La pente Sud-Ouest est plus raide; plus difficile à apprécier, elle peut être de 20 %.

Certaines de ces dunes sont vraisemblablement à l'origine de faux échos sonar obtenus dans la zone, en particulier lorsque le bâtiment se trouve du côté de la pente raide. La carte des faux échos est cependant très loin de se superposer avec celle des dunes.

CHAPITRE 4

LEVÉ FAMOUS

Organisation.

En mai 1973 puis en juin 1974 la Mission Océanographique de l'Atlantique a effectué un levé bathymétrique détaillé d'une petite portion du rift atlantique située à 300 milles au Sud-Ouest des Açores. Il s'agissait, dans le cadre de la campagne franco-américaine Famous, d'établir une carte bathymétrique précise de la zone pour en comprendre la topographie et permettre les plongées du bathyscaphe.

Le Centre National pour l'Exploitation des Océans (C.N.E.X.O.), maître d'œuvre du projet pour la France, avait demandé le concours de la M.O.A. en raison du sondeur à pinceau étroit dont était équipé le *D'Entrecasteaux*. De son côté le S.H.O.M. était intéressé par l'expérimentation du système de localisation par balises acoustiques nécessaire à ce travail. Ce matériel, appartenant au C.N.E.X.O. était installé dans un conteneur mis en place sur l'aire milieu du *D'Entrecasteaux*. Étaient à bord pour la sortie de 1973 M. Renard, représentant le C.N.E.X.O. et MM. Farcy et Plasseraud qui assuraient le fonctionnement des appareils de localisation du conteneur; ils furent remplacés en 1974 par M. Sibuet et MM. Plasseraud et Vernet.

Travaux effectués (voir fig. 4.1.).

L'objectif de 1973 était le levé de la vallée centrale du rift dans une zone de 7 milles sur 6 entourant le point (36°49'N, 33°16'W). Celui de 1974 était plus étendu et comportait l'extension vers le Nord du levé de la vallée centrale, et l'étude de la faille transformante centrée en (36°56'N, 33°06'W) et du raccordement de celle-ci avec la vallée centrale.

Les opérations sur zone ont duré 14 jours en 1973, et 13 en 1974. Elles ont chaque fois comporté :

- la mise en place, la calibration et le positionnement absolu d'un champ de balises acoustiques;
- un sondage détaillé à l'échelle 1/10 000 ou 1/20 000;
- des profils de reconnaissance autour de la zone balisée.

Calendrier.

En 1973, après installation du matériel à bord, du 30 avril au 5 mai et une sortie d'essais le 8 mai, le *D'Entrecasteaux* a quitté Brest le 9 mai, fait escale à Horta le 14 mai et effectué le levé du 17 au 30 mai. Au cours d'une escale à Ponta-Delgada du 1^{er} au 4 juin les résultats étaient mis au net et le matériel du C.N.E.X.O. débarqué, en vue des plongées du bathyscaphe qui devait arriver peu après. Retour à Brest le 8 juin.

En 1974 le déroulement des opérations fut analogue : installation du matériel du 20 au 22 mai et appareillage de Brest le 22, escale à Horta le 27, levé du 30 mai au 12 juin, escale à Ponta-Delgada du 13 au 17 juin, retour à Brest le 21 juin. Remise au C.N.E.X.O. de l'ensemble de la rédaction bathymétrique le 21 juin.

Matériel utilisé.

Outre le sondeur à pinceau étroit stabilisé (voir chapitre 1) et deux récepteurs de satellites Transit, le levé comportait l'utilisation d'un ensemble de localisation sur balises acoustiques sous-marines C.S.F., qui comprenait :

- Un interrogateur de bord situé dans un poisson O.R.E. immergé à 10 mètres sous la surface et accroché au portique tribord du *D'Entrecasteaux*. Il était ainsi à 10 mètres de l'axe du bâtiment et de la base du sondeur stabilisé.
- Des balises mouillées à 30 mètres au-dessus du fond et comportant un lest de 80 kg, un orin terminé par une chaîne, un boulon explosif de largage, la balise acoustique elle-même, et un flotteur avec 12 boules de verre protégées des chocs par des enveloppes en plastique. Le flotteur comporte en outre un mâtériau avec un émetteur de goniométrie, un réflecteur radar et un dispositif lumineux intermittent, destinés à faciliter la récupération du matériel lors du retour en surface.
- Un meuble de commande et de calcul, installé dans le conteneur, et comportant un ordinateur PDP 8.
- Un télé-imprimeur de commande et d'enregistrement.

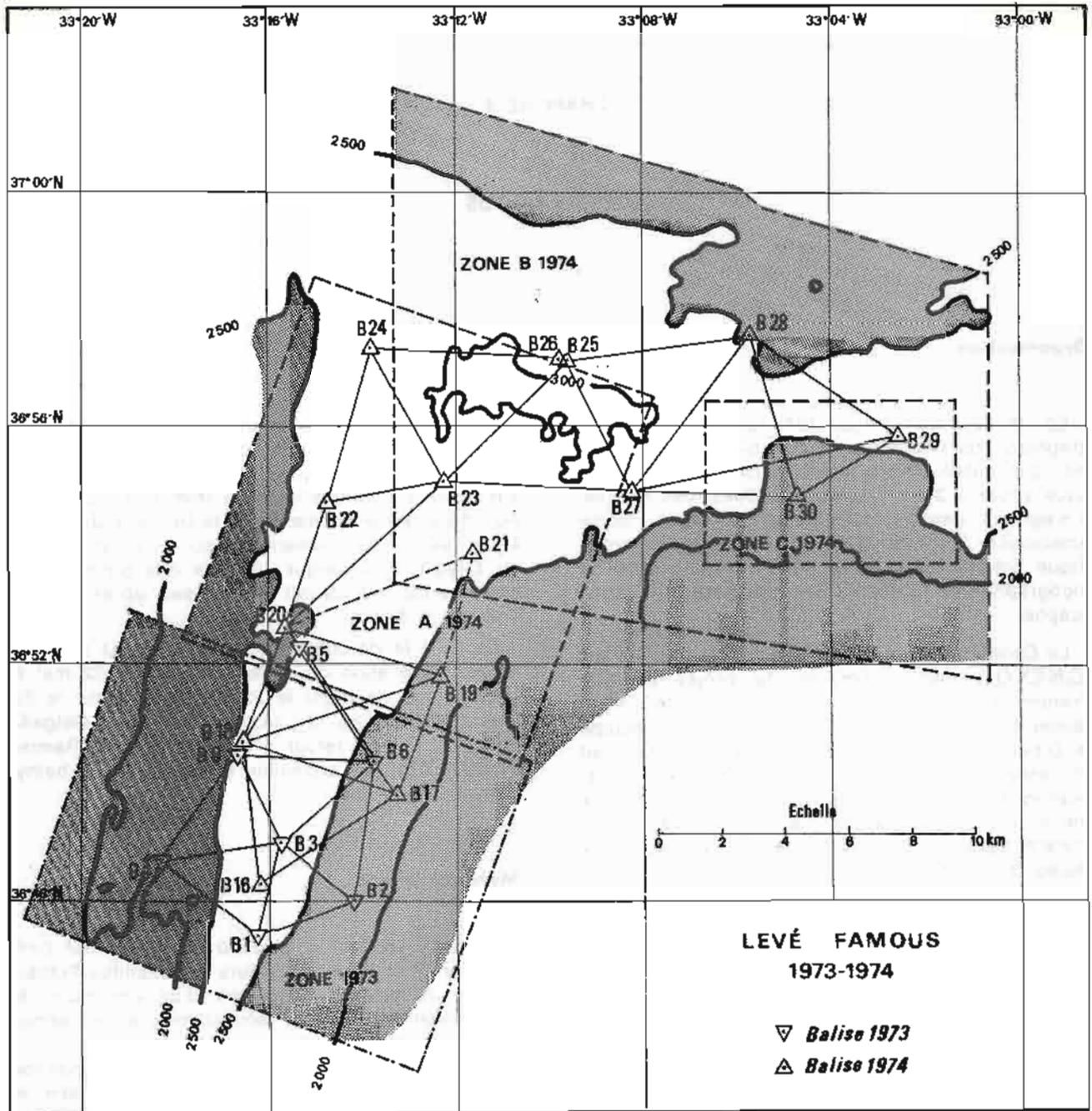


Fig. 4.1

Principe de la localisation acoustique.

Dans une mesure de distances, l'interrogateur du bord émet une impulsion d'appel de 10 ms sur la fréquence 16 KHz, et les balises répondent sur leur fréquence propre, qui peut être 9, 10, 11 ou 12 KHz. Le récepteur peut suivre quatre distances, qui s'affichent sur des tubes Nixie. Le calculateur PDP 8 comporte plusieurs programmes et il est utilisé d'abord pour les opérations de calibration du champ de balises, c'est-à-dire la détermination des positions (x, y, z) de chacune des balises dans un système de

coordonnées locales, puis pour la détermination de la position (x, y) du bâtiment.

La calibration comporte :

- La détermination des profondeurs des balises;
- La détermination des distances horizontales entre balises;
- L'orientation du champ de balises, en utilisant les indications d'un compas gyroscopique.

Une fois effectuées les opérations de calibration, la comparaison des positions acoustiques (x, y) et des positions absolues Transit permet d'obtenir le calage du système de coordonnées (x, y) par rapport au système géodésique du Transit.



MEUBLE DE COMMANDE ET CALCULATEUR



BALISE



POISSON ORE AVEC TRANSDUCTEUR D'INTERROGATION

Emploi de la localisation acoustique.

La portée des balises est d'environ 10 km lorsque les conditions de bruit sont favorables. Les balises doivent donc être espacées de 4 à 8 km pour fournir un positionnement convenable.

Si le levé est étendu (31 km pour celui de 1974), de nombreux triangles-repères sont nécessaires. Etant donné que quatre fréquences de réponse seulement sont disponibles, il faut déplacer le champ de balises au fur et à mesure de l'avancement du levé, et les opérations de calibration prennent beaucoup plus de temps que le levé lui-même : avec le matériel et les programmes utilisés, les 2/3 du temps sont passés à manipuler et à calibrer des balises.

Si deux balises de même fréquence sont mises à l'eau, c'est la distance la plus courte des deux qui est enregistrée.

Les distances sont lues en mètres, et le chiffre des mètres est significatif. Le système est malheureusement très sensible aux bruits, ce qui eut les conséquences suivantes :

— L'utilisation de la balise à 12 KHz interdisait l'emploi des sondeurs à 12 KHz du bâtiment;

— De longs tâtonnements ont été nécessaires en 1973 pour découvrir les régimes de propulsion qui ne créaient pas de bruit prohibitif. Après s'être résigné pendant deux jours à n'utiliser que la propulsion auxiliaire, nous avons pu reprendre l'usage de la propulsion principale en faisant tourner les hélices à faible vitesse et avec un grand pas : 160 tours/minutes, pas supérieur à 10°, vitesse 4 ou 5 nœuds en 1973. En 1974 les conditions de mer étaient plus favorables et ont permis une allure plus rapide : 160 à 180 tours/minutes, pas 20,5°, vitesse 7,5 à 9 nœuds. Le gain de temps est sensible car non seulement les profils vont plus vite mais encore le dégrasage quotidien du moteur devient inutile. On ne peut pas aller plus vite en utilisant le sondeur stabilisé.

— D'autres bâtiments utilisant à proximité leur propre système de localisation acoustique brouillaient le nôtre d'une façon très gênante; eux-mêmes n'étaient pas perturbés grâce à l'emploi d'un code acoustique de réception, qui fait défaut dans le système C.S.F.

— Les retournements en extrémité de profil sont rendus délicats par la perte momentanée de toutes les distances acoustiques lors du retournement. Une table traçante permet alors seule de prendre le nouveau profil de façon convenable, et l'écran radar avec déplacement du spot en mouvement absolu joua ce rôle très convenablement.

Par ailleurs le matériel de localisation acoustique s'est révélé fiable : les balises et leur dispositif de largage ont bien fonctionné. Une grande attention doit cependant être portée aux piles : plusieurs d'entre elles étaient défectueuses en 1974, ce qui fut vraisemblablement à l'origine de la perte de trois balises.

Une balise laissée sur place en 1973 était toujours

en état de marche en 1974; elle fut réutilisée puis remontée.

Le matériel est donc fiable. La présence d'un technicien très compétent est cependant hautement souhaitable; c'est ainsi qu'en 1974, à la suite de la perte de plusieurs balises, M. Plasseraud put intervenir sur les balises de rechange existantes pour les réaccorder sur les fréquences des balises perdues.

La distance des balises au-dessus du fond — 30 mètres environ pour le levé considéré — résulte d'un compromis entre portée et précision. Si l'on veut une localisation précise dans une zone restreinte, la longueur d'orin doit être courte; mais la balise peut alors être masquée dans certains secteurs si le fond est accidenté, et il faut être attentif à la possibilité de trajets acoustiques réfléchis, peu différents du trajet direct.

Pour accroître la portée, il est possible d'augmenter la longueur d'orin jusqu'à 100 ou 150 m, si l'on accepte un positionnement moins précis.

Les réflecteurs radar, les lampes flash et goniomètres des balises étaient très insuffisants et n'ont été d'aucun secours pour la récupération, ceci d'autant plus que les flotteurs, mal équilibrés, arrivaient couchés en surface. Ce sont les distances acoustiques qui ont alors servi de guide jusqu'à la balise. En 1974 nous avons pu modifier l'équilibrage des flotteurs pour qu'ils restent droits, les peindre de couleur voyante, et y mettre un réflecteur radar plus grand; la récupération est alors devenue aisée.

Pour le calcul de la navigation dans le champ de balises, le C.N.EX.O. avait prévu l'utilisation d'un petit gyroscope autonome situé dans le conteneur. Ceci a l'avantage de rendre le conteneur plus autonome, en évitant d'avoir à prélever le signal de sortie du gyroscope principal, de caractéristiques variables selon les bâtiments.

Cette façon de faire a cependant un inconvénient, qui est apparu en 1974 : le gyro auxiliaire ne peut être calé puis contrôlé que par rapport à celui du bâtiment; l'opération n'est pas pratique et elle entraîne une erreur supplémentaire. Les déterminations Transit de 1974 ont montré que le gyro du conteneur avait été décalé de 1°21' en moyenne pendant le levé. Ce phénomène n'était pas apparu en 1973.

Calcul de la localisation acoustique.

Tous les programmes prévus pour le calculateur PDP 8 n'étaient pas disponibles, mais seulement les programmes d'acquisition des données, de calibration et d'orientation, et en 1974 un programme de navigation.

Le programme d'acquisition, qui fonctionne en temps réel à chaque interrogation, calcule les distances horizontales de trois balises dont on connaît les profondeurs. La célérité de 1 500 m/s a constamment été utilisée. Le programme imprime également

le cap, ainsi qu'une position (x, y) dans un système de référence lié au triangle de trois balises utilisé (les longueurs des côtés du triangle doivent être introduites), et il apprécie la qualité du point obtenu.

La position (x, y) ainsi calculée n'a pas été utilisée, car elle découle de formules discutables qui font jouer un rôle privilégié à deux balises, et elle ne contient pas les expressions de translation-rotation qui permettraient de travailler dans un système (x, y) commode. Les positions du bâtiment ont donc toutes été construites graphiquement à partir des distances horizontales.

Tel qu'il était le programme « Acquisition », imprimant à chaque interrogation trois distances obliques et trois distances horizontales, a été précieux. On a cependant regretté qu'il ne traite pas les quatre distances mesurées par le récepteur.

D'autre part, employant un ordinateur, le système pourrait et devrait l'utiliser pour éliminer les mesures aberrantes, et pour corriger les distances du déplacement du bâtiment pendant le trajet acoustique, ce qui n'est pas le cas. Pour y parvenir et filtrer en même temps le bruit, il faut remplacer une interrogation isolée par une série d'interrogations régulièrement espacées; l'intervalle entre séries peut être allongé sans inconvénient, de façon à conserver la même cadence moyenne d'interrogation (voir annexe).

En 1974 le téléimprimeur de sortie de ce calcul put être installé en passerelle et non plus dans le conteneur, ce qui apporta une amélioration notable dans l'emploi et dans la tenue des profils.

Programme de calcul « navigation ».

Un programme de calcul « Navigation » a été établi par Thomson-C.S.F. au début de 1974. Par rapport au programme « Acquisition » il présente les avantages suivants :

- Utilisation et impression des quatre distances que fournit l'interrogateur (le programme « Acquisition » n'en prend que trois en compte).

- Utilisation d'un système de coordonnées planes (x, y) d'origine et d'orientation quelconques.

- Tenue de l'estime, calcul des distances estimées des balises et élimination des distances non compatibles avec la position estimée (nous verrons plus loin que ceci n'est pas toujours un avantage); le programme utilise des fenêtres de distance centrées sur les distances estimées et de largeur variable dans certaines limites : la notice du programme était malheureusement trop peu explicite pour bien utiliser ses possibilités.

- Correction du temps de propagation acoustique : le programme imprime la position et l'heure à l'instant d'émission.

Il est apparu malheureusement des difficultés dans l'utilisation du programme et il a fallu revenir au programme « Acquisition » au bout de quelques jours d'essais, pour les raisons suivantes :

- Malgré la présence de fourchettes d'acquisition, le programme prend parfois en compte des distances extérieures aux fourchettes : si le programme calcule l'estime, il décroche aussitôt.

- Il est nécessaire d'introduire une position (x, y) approchée du navire lors du lancement du programme. Le point ne sera alors calculable que si les distances sont à l'intérieur des fourchettes calculées à partir de la position approchée. Ceci n'est pas toujours possible, car les x et y approchés ne peuvent être introduits qu'avec quatre chiffres et doivent donc être inférieurs à 10 km en valeur absolue. Or la zone à sonder en 1974 s'étendait sur 30 km environ en x et en y , et les ré-initialisations sont particulièrement fréquentes aux extrémités des profils, en limite de portée des balises : les fenêtres empêchent alors le démarrage du calcul. Même si la position approchée est correcte, il suffit que les données manquent pendant plusieurs acquisitions pour que les distances sortent de la fourchette : un nouveau point approché doit alors être introduit.

Ces problèmes ne se poseraient pas si le programme calculait lui-même la position initiale (voir annexe). Il suffirait que l'opérateur valide la position calculée en basculant la clef d'estime ou en imprimant un caractère de validation, après quoi le calcul se poursuivrait en s'aidant de l'estime calée sur le point validé.

D'une façon générale les programmes utilisés exigent l'introduction au clavier de trop de données superflues, ou de données que le programme pourrait trouver lui-même; ceci ralentit les initialisations et ajoute des risques de rejet du message.

Le programme « Navigation » est donc très rapidement égaré par des données fausses et il est difficile à relancer rapidement; il s'est rarement écoulé plus de vingt minutes sans que l'opérateur n'ait à intervenir et ré-initialiser le calcul. Il y a donc eu de fréquentes interruptions de quelques minutes qui ont beaucoup compliqué le travail de rédaction, d'autant plus que le message ne fournit que des distances obliques, moins pratiques à construire que les horizontales. Il faudrait que l'utilisateur puisse choisir l'option distances horizontales ou distances obliques.

D'autre part la présence permanente d'un opérateur qualifié devant le calculateur est un lourd handicap qui ne devrait pas être nécessaire. Le programme « Acquisition », beaucoup plus simple, permet de l'éviter, encore qu'il s'arrête lui aussi de temps en temps sans raison apparente.

Notons aussi que l'utilisateur ne dispose que de quatre fréquences différentes; s'il désire avoir plus de quatre balises en service (et ceci était imposé par le programme du levé), deux balises émettent la même fréquence. Le récepteur indique dans ce cas la plus faible des deux distances, et les zones de réception des deux balises sont séparées par leur plan médiateur : le programme « Navigation » ne connaît qu'une balise par fréquence et se perd inmanquablement au passage du plan médiateur.

Notons enfin que le programme calcule la posi-

tion du poisson O.R.E. d'interrogation. Il est regrettable qu'il ne fasse pas le calcul simple fournissant la position du sondeur ou du mât du navire.

Le programme de calibration proposé par C.S.F. détermine la position et la profondeur d'une balise, à partir de deux autres supposées connues en utilisant un parcours quelconque autour de la balise inconnue. Ce programme n'a pas été utilisé car il fausse la détermination de la troisième balise de toutes les erreurs qui peuvent avoir été commises dans la détermination des deux premières, et l'on sait combien les erreurs se propagent et s'amplifient ainsi dans les chaînes de triangles.

Dans les calibrations faites pour Famous, toutes les profondeurs et tous les côtés ont été mesurés directement.

La calibration de 1973 fournit une indication de la précision obtenue dans ces mesures, puisque la

figure comportait 5 triangles de 3 à 4 km de côté, accolés par un sommet. La somme des angles au sommet commun s'établit à 360°23' sans compensation, ce qui correspond à une erreur moyenne de 10^{-3} environ sur les longueurs des côtés, soit 3 à 4 mètres.

L'orientation du champ de balises nécessite quelques allers et retours à cap constant à travers la zone. En présence de houle, de vent et de courant variables la détermination manuelle du cap moyen est difficile, et l'ordinateur est précieux. Le programme « Orientation » de C.F.S a été utilisé. Effectuée sur le triangle de départ, l'opération d'orientation a été reprise dans plusieurs autres triangles. La dispersion moyenne des résultats est de 1,3°, indépendamment de l'erreur systématique du gyro signalée plus haut.

Les résultats des mesures de 1973 sont résumés ci-dessous :

Triangle et côté orienté	Nombre de mesures	Vitesse fond (noeuds)	Azimut ramené au côté 3.4	Azimut moyen	Ecart à la moyenne	Poids et observations
1.3.4	Aller 130 Retour 120	2,4 4,3	258,9° 257,1°	257,8°	- 2,2°	0,14. Cap variable pendant le retour
1.3.4	Aller 160 Retour 90	1,9 5,2	258,5° 260,7°	260,1°	+ 0,1°	0,08. Vitesse faible
1.2.3	Aller 15 Retour 54	3,8 4,3	261,6° 259,5°	260,5°	+ 0,5°	0,03
1.3.4	Aller 37 Retour 28	3,5 4,9	260,4° 254,9°	257,2°	- 2,8°	0,04
1.3.4	Aller 137 Retour 170	6,1 5,6	264,9° 253,9°	259,6°	- 0,4°	0,27
3.6.8	Aller 74 Retour 128	4,9 3,8	262,5° 259,3°	261,1°	+ 1,1°	0,44
moyenne				260,0°	dispersion	1,3°

Dans la triangulation d'un champ de balises, l'orientation paraît bien être le problème le plus délicat car elle est tributaire de l'emploi de gyroscopes dont la variation n'est pas assez stable et pas assez précisément contrôlable.

Le fait de ne pouvoir utiliser simultanément que quatre balises et de devoir faire remonter celles qui ont servi dès achèvement du travail dans un secteur, aggrave le problème en empêchant les vérifications et les retours en arrière. Seul le positionnement absolu apporte un contrôle (voir plus loin), mais trop global et trop tardif.

La construction des profils n'a pas montré de chapeaux systématiques, mais souvent des chapeaux occasionnels de 10 ou 20 mètres de côté : ils sont probablement dus à des trajets acoustiques réfléchis.

Au total la localisation du levé de 1973 peut être considérée comme cohérente à 10 mètres près. Beaucoup plus étendu (31 km), le levé de 1974 n'a pas la même cohérence, et ceci semble provenir du gyro du conteneur dont la variation a fluctué passablement; une discordance de 180 mètres environ existe entre les deux extrémités de la chaîne de triangles.

Positionnement absolu.

Le positionnement absolu du levé a été assuré par le Transit, en utilisant un récepteur Magnavox associé à un calculateur PDP 8 muni d'un programme de calcul Cerci.

On a pu noter en 1973 des dérives du bâtiment importantes et rapidement variables, de direction Nord-Sud; elles engendrent une forte dispersion Est-Ouest des résultats Transit obtenus en route.

Quelques heures ont donc été consacrées à la réception de données Transit en station avec dérive calculée. La position de la balise n° 3 de 1973 est ainsi, dans le système Europe 50 :

	Nombre de mesures	Position obtenue		Ecart m.q. en mètres			
		Longitude Ouest	Latitude Nord	sur une détermination		sur la moyenne	
				σX	σY	σX	σY
En station	12	33° 15,685'	36° 48,962'	116	29	33	8
En route	25	33° 15,696'	36° 48,958'	268	122	57	26

La position adoptée pour la balise 3 sur l'ellipsoïde international est :

$$G = 33^{\circ}15,69'W, L = 36^{\circ}48,96'N, \\ X = 16\,357\text{ m}, Y = 16\,093\text{ m}$$

La position Europe-50 de la balise 5 est alors :

$$G = 33^{\circ}15,320'W, L = 36^{\circ}52,255'N, \\ X = 16\,908\text{ m}, Y = 22\,188\text{ m}$$

Soit dans le système A.P.L. :

$$G = 33^{\circ}15,430'W, L = 36^{\circ}52,145'N$$

La position trouvée par le Knorr pour cette même balise a été :

$$G = 33^{\circ}15,560'W, L = 36^{\circ}52,160'N \text{ (système A.P.L.)}$$

L'écart de localisation est donc :

$$DG = -0,130', DL = +0,015', \\ DX = -193\text{ m}, DY = +28\text{ m}.$$

Le levé de 1974 était calé au départ par rapport à une balise laissée par le *Marcel Le Bihan* en 1973 et qui avait été elle-même placée dans le système ci-dessus. Mais, constatant un décalage sur la topographie du fond dans la zone de recouvrement avec

le levé de 1973, nous avons été conduits dès le début du levé de 1974 à corriger le calage d'après cette topographie, considérée autour du point C(36°51,5'N, 33°15'W). Le calcul des passages Transit observés a montré que la chaîne de balises de 1974 n'avait pas été correctement orientée. L'erreur d'orientation paraît avoir été de 1°30' au début du levé, puis faible à la fin, sa valeur moyenne étant de 1°21'. Par contre il n'apparaît pas d'erreur d'échelle, ce qui justifie le choix de la célérité 1500 m/s dans les calculs. L'erreur d'orientation n'a pas été corrigée sur les minutes, puisque celles-ci devaient être rédigées au fur et à mesure des travaux, mais l'a été sur les cartes bathymétriques de synthèse rédigées par le C.N.EX.O. en 1975. Etant donné que seule une rotation globale de 1°21' autour du point C pouvait être prise en compte, il subsiste une erreur résiduelle qui est surtout notable dans la partie Est du levé, où elle atteint 150 mètres dans la direction Nord-Sud.

Les observations Transit de 1974 sont résumées dans le tableau suivant, où elles sont regroupées en 5 séries, numérotées de 1 à 5 :

N°	Dates	Durée (jours)	Nombre de passages	Zone du levé (N°s des balises utilisées)	Ecart brut moyen		Correction de rotation		Ecart résiduel	
					DX m	DY	DX m	DY	DX m	DY
1	30/5-2/6	3,0	20	B16 à B20	+ 70	+ 41	+ 66	+ 14	+ 4	+ 27
2	2/6-5/6	3,1	19	B22 à B24	- 156	+ 157	- 180	+ 97	+ 24	+ 60
3	5/6-7/6	1,9	20	B23 à B26	- 185	+ 189	- 178	+ 154	- 7	+ 35
4	7/6-9/6	1,8	20	B27 à B29	- 117	+ 208	- 154	+ 370	+ 37	- 162
5	9/6-10/6	1,6	21	B27 à B29	- 157	+ 226	- 154	+ 370	- 3	- 144

Les dispersions obtenues sont les suivantes :

	Nombre	σX	σY
Profils Nord-Sud	44	283 m	113 m
Profils Est-Ouest	22	169 m	140 m
Autres profils	34	271 m	156 m
Moyenne générale	100	258 m	133 m

La dispersion moyenne a été la même en 1973 et en 1974, et sa composante Est-Ouest est toujours très supérieure à la composante Nord-Sud. Ceci provient surtout de la troncation des comptages Transit extrêmes dans le calcul.

Pour les séries n° 1 à 3, l'écart résiduel moyen est d'environ 40 mètres, ce qui montre un bon accord entre les positionnements absolus de 1973 et de 1974.

Il faut noter que la rotation appliquée au levé de 1974 remet en accord les positions 1973 et 1974 de la balise B 16.

Pour les séries n° 4 et 5, l'écart résiduel plus important, 154 m, traduit une modification de l'erreur de rotation, qui n'a pas été compensée.

Comparaison des équipements Transit à Horta (Faïal).

Au cours de l'escale d'Horta, les 14 et 15 juin 1973, deux récepteurs Transit ont été simultanément en fonction : un récepteur Navisat avec son antenne sur le mât arrière du *D'Entrecasteaux* (hauteur 25 m) et un récepteur Magnavox avec une antenne sur le mât avant (hauteur 15,5 m). Calcul de comptages longs pour le Navisat, par le programme Trans 04, et calcul de comptages courts pour le Magnavox, par un programme Cercé.

Parmi les 40 passages de satellites qui se sont produits pendant les deux jours, le récepteur Navisat en a reçu 30, dont 26 ont été pris en compte, et le récepteur Magnavox en aurait fait autant sans un arrêt de son calculateur durant deux passages. Mais les 26 ou 24 passages calculés par chacun des appareils ne sont pas toujours les mêmes.

Le programme Cercé élimine les passages dont l'élévation n'est pas comprise entre 15° et 75° tandis que Trans-04 garde des élévations plus faibles mais coupe les passages au-dessus de 60°, et fait une correction troposphérique.

Au total, si les résultats individuels de tel ou tel passage peuvent différer nettement avec les deux appareils (l'écart moyen sur les résultats d'un même passage est de 32 m en x et 20 m en y), le nombre de passages saisis et le point moyen obtenu au bout de deux jours sont sensiblement identiques ; l'écart entre les points moyens obtenus est de 1,6 m en x, 3,9 m en y. La dispersion des résultats dans chacune des deux séries est :

- 27 m en x et 24 m en y avec le Navisat ;
- 26 m en x et 21 m en y avec le Magnavox.

Cependant celle du Magnavox pourrait être sensiblement diminuée de plusieurs façons (correction troposphérique, correction d'altitude, et de sens de parcours), et le résultat Magnavox deviendrait alors meilleur.

Il faut souligner l'excellente qualité des résultats obtenus avec l'un et l'autre équipement : en deux jours chacun d'eux a fourni quelque 25 déterminations de la position, dispersées dans un rayon de 50 m autour du point moyen.

Bathymétrie.

Le sondeur à pinceau étroit stabilisé fut utilisé à la fréquence 25 KHz pour l'ensemble du levé, sauf les profils Est-Ouest de la minute B 20-4 de 1974 pour lesquels la fréquence 34 KHz a pu être employée. Le levé Famous fut l'occasion d'étudier les performances réelles du sondeur à pinceau étroit (voir chapitre 1). La zone du fond couverte par le pinceau du sondeur a 140 à 200 m de diamètre avec la fréquence 25 KHz, et 2,5 fois moins à 34 KHz.

A 25 KHz, un point du fond se traduit sur l'enregistrement Edo par une plage de 1 cm de large (ou 400 m). La pente du fond est donc atténuée, et les pentes de 50° que montrent certains enregistrements dans le versant Ouest du rift sont en fait des pentes moyennes de 51°20'.

La célérité du son utilisée est 1 500 m/s, valeur très proche de la célérité réelle qui semble être de 1 503 m/s au mois de mai pour la zone considérée.

La bathymétrie a fait l'objet d'une rédaction immédiate, sur les minutes B 10 et B 20 de 1973, et les minutes B 20-1, B 20-2, B 20-3, et B 20-4 de 1974. Ces résultats ont été rassemblés en 1975 par Daniel Carré du C.O.B. sur trois feuilles de rédaction au 1/20 000 et une carte en couleur au 1/50 000. Le schéma des routes suivies a été imprimé au verso des feuilles au 1/20 000. L'erreur d'orientation détectée dans la rédaction du levé de juin 1974 a été corrigée.

Quelques profils de reconnaissance de 1973 et de 1974 ont été rédigés au 1/220 000.

Gravimétrie.

En 1974 la pesanteur a été mesurée avec le gravimètre n° 24 le long d'un certain nombre de profils du levé.

Magnétométrie.

La valeur du champ total a été mesurée au magnétomètre Varian et réduite du champ géomagnétique international de référence (I.G.R.F. - 65). Les minutes M 20 et M 220 de 1973, M 20-1, M 20-2, M 20-3, M 20-4, et M 220 de 1974 représentent l'anomalie du champ magnétique total.

CHAPITRE 5

LEVÉ SONAL EN IROISE

Le nouveau matériel sonal mis au point par Géo-mécanique fut installé sur le *D'Entrecasteaux* en 1973 et utilisé en Iroise en mars et avril 1974. Les modifications apportées au matériel sont décrites au chapitre 1.

Les opérations de 1974 ont comporté l'étude des réglages et de l'emploi de l'appareil, puis son utilisation.

5.1. EMPLOI DU SONAL.

Les règles d'emploi adoptées ont été les suivantes :

- L'enregistreur Mufax est mis sur la vitesse 60 tours/minute, qui correspond à la gamme 0-750 mètres, et à une échelle transversale de 1/7 500 ; les vitesses 30 et 120 tours/minute ont peu d'intérêt. La densité du tracé est prise au repère 576 qui correspond à 77 traces par cm ; le papier avance alors de 7,82 mm par minute. En désignant par V la vitesse sur le fond en nœuds, l'échelle longitudinale est $1/3950 V$; à 5,7 nœuds l'échelle longitudinale est ainsi trois fois moindre que l'échelle transversale.

- La longueur de câble doit être un peu inférieure à la profondeur, de façon que le poisson ne heurte pas le fond si le bâtiment stoppe ou vire. La marge de sécurité à prendre dépend de l'irrégularité du fond. Elle ne peut être prise très grande à cause de ce qui suit.

- La longueur de câble doit être assez grande pour amortir la houle, et le poisson ne doit pas être à plus de 60 mètres au-dessus du fond pour que le relief apparaisse bien et que la portée soit suffisante.

Ainsi, par fond de 120 mètres avec 117 mètres de câble filé à la poulie, on dispose d'une marge de sécurité de 10 mètres et d'une vitesse maximale utilisable de 5,2 nœuds ; elle serait de 4,8 nœuds seulement si on voulait une marge de sécurité de 20 mètres (voir fig. 5.2). L'immersion du poisson ne doit pas non plus être inférieure à 5 mètres, en raison du sillage du bâtiment. Il est rare au total que la vitesse de sondage puisse dépasser 6 nœuds, limite bien faible qui pourrait sans doute être sensiblement augmentée si le câble était muni d'éléments en plastique de carénage, au moins sur sa partie inférieure.

La vitesse qui est à considérer est la vitesse loch, car c'est elle qui est liée à l'immersion du poisson,

et cette immersion est la variable essentielle de ce type de sondage.

L'inclinaison des transducteurs peut être choisie à l'aide du tableau suivant :

Hauteur du poisson au-dessus du fond	Inclinaison	Bande latérale balayée (mètres)
25 m	83°	100 à 750
50 m	81°	200 à 750
100 m	78°	320 à 750
150 m	74°	390 à 750
200 m	70°	430 à 750

Les inclinaisons peuvent être modifiées de quelques degrés si les conditions bathythermiques ne sont pas isothermes.

La zone aveugle du sonal s'étend donc latéralement jusqu'à 200 à 400 mètres. Au-dessous de cette distance l'enregistrement ne présente que du bruit ; la limite est en général reconnaissable sur l'enregistrement, et permet aussi d'apprécier le réglage de site.

Lorsque la hauteur du poisson au-dessus du fond ne dépasse pas 60 m l'enregistrement couvre deux bandes de 500 mètres de large distantes de 500 mètres ; des profils espacés de 500 mètres fournissent donc la double couverture indispensable.

Manœuvre du poisson.

— Mise à l'eau : Vitesse ≤ 6 nœuds, cap quelconque.

— Relevage : bout à la lame, vitesse 3 à 5 nœuds.

— Changements d'immersion : en l'absence d'un contacteur tournant sur le treuil, l'opération interrompt l'enregistrement plusieurs minutes, puisqu'il faut successivement arrêter le meuble de bord, attendre la baisse de la haute tension, débrancher les deux prises du treuil et les fixer sur le tambour, lancer la centrale hydraulique et virer le treuil, rebrancher les prises et remettre l'enregistrement en route. Pour ne pas créer de trou dans le sondage, le bâtiment doit alors faire une boucle ; mais on préférera en général découper la zone à lever en sous-zones à l'intérieur desquelles l'immersion du poisson peut être gardée constante.

On peut également diminuer l'allure lorsque le fond descend (avec 100 mètres de câble filé, l'immersion augmente de 12 mètres en passant de 6 à 5 nœuds), mais les limites de cette méthode sont vite atteintes.

— Tenue de route : Il est surtout important d'éviter les mouvements de lacet du poisson. Si la rencontre d'un bâtiment oblige à manœuvrer il est préférable de réduire la vitesse plutôt que de modifier le cap.

Position du poisson.

Le poisson P (voir fig. 5.1) est remorqué au bout d'un câble de longueur L ; la longueur L est comptée à partir de la sortie de la poulie du portique complètement débordé (point R sur la figure).

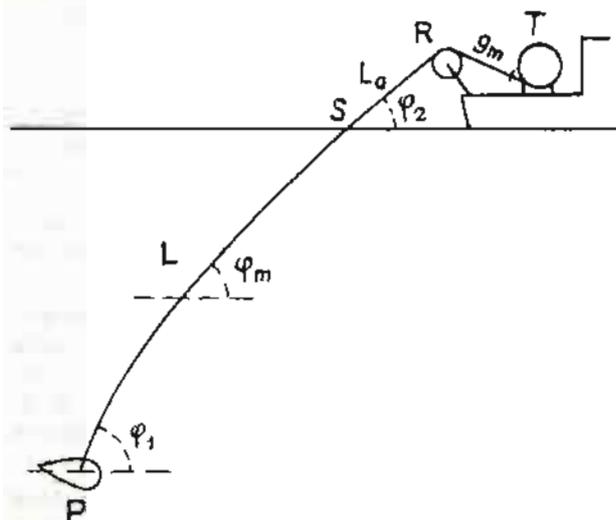


Fig. 5.1

La longueur du câble depuis le trancanage du treuil est sensiblement $L + 9$ m.

Le point R est à 3 m du tableau arrière et à 33 m de l'antenne Toran. Il est à 6,8 m au-dessus de l'eau.

L'immersion I du poisson varie avec la longueur du câble filé et la vitesse (voir fig. 5.2). Elle peut être calculée par la formule approchée, en mètres :

$$I = KL - 2$$

avec $K = 1,27 - 0,14 V + 0,0044 (V - 4,68)^3$, formule dans laquelle V est la vitesse sur l'eau, exprimée en nœuds. La formule ci-dessus est valable à 3 mètres près environ pour L compris entre 10 et 120 mètres et V entre 1 et 9 nœuds.

La figure 5.3 représente l'inclinaison φ du câble en surface et la longueur L_0 de câble entre la poulie et la surface, en fonction de la longueur L et de la vitesse V .

On a sensiblement :

$$\cotg \varphi_2 = (0,05 V - 0,04) \sqrt{L}$$

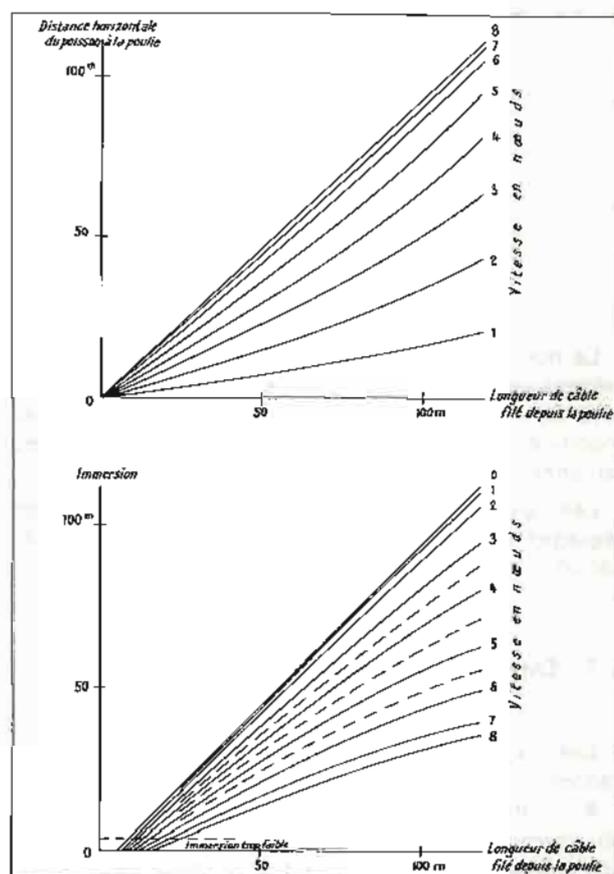


Fig. 5.2

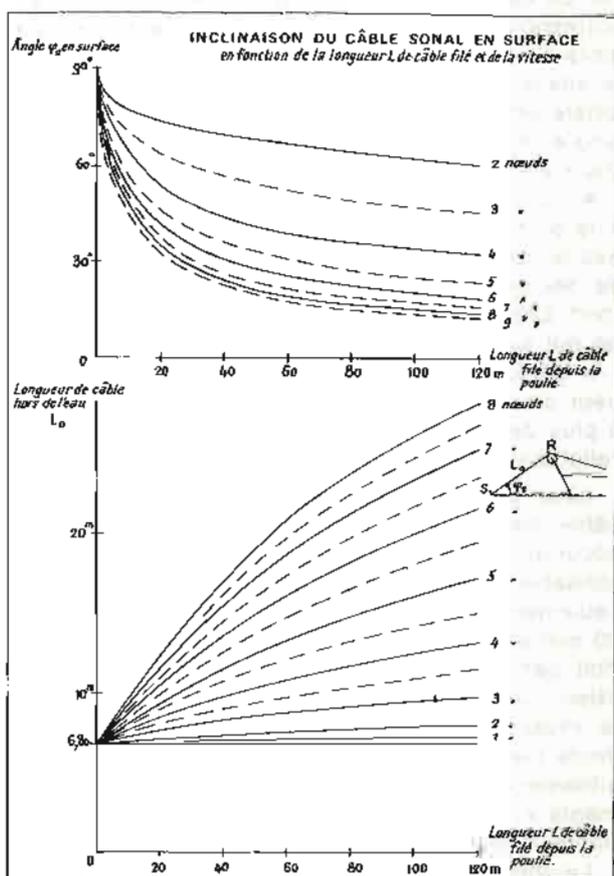


Fig. 5.3

La distance horizontale entre R et S est donc :

$$D_0 = 6,8 \cotg \varphi_2 = (0,34 V - 0,272) \sqrt{L}$$

Et la distance oblique est :

$$L_0 = \sqrt{6,8^2 + (0,34 V - 0,272)^2} L$$

L'inclinaison moyenne du câble φ_m est fournie par :

$$\sin \varphi_m = l / (L - L_0)$$

Et la distance horizontale de S à P est avec une approximation suffisante :

$$d = \sqrt{(L - L_0)^2 - l^2}$$

La distance horizontale entre l'antenne Toran et le poisson est donc :

$$D = 33 + (0,34 V - 0,272) \sqrt{L} + \sqrt{(L - L_0)^2 - l^2}$$

Correction de zéro de l'enregistrement.

L'échelle d'enregistrement utilisée est 0-750 m, soit 7,5 mètres/millimètre (60 rev/minute). Les distances sont lues directement en mètres sur l'enregistrement en utilisant une règle de 1/7500.

On mesure ainsi sur les deux voies d'enregistrement :

— La distance i entre la marque d'émission et l'écho de surface.

— La distance h entre la marque d'émission et l'écho de fond ;

— La distance d entre la marque d'émission et un écho latéral.

Il faut ajouter à i , h , d , un terme correctif c pour obtenir les distances exactes.

En désignant par P la profondeur et par l l'immersion du poisson on a :

$$h + c = H = P - l \quad i + c = l, \quad d + c = D$$

de sorte que la correction c peut être obtenue par la formule

$$c = (P - h - i) / 2$$

La correction c , qui paraît être généralement négative, peut être légèrement différente sur les deux voies d'enregistrement. Cependant si la différence ne dépasse pas quelques mètres (10 mètres par exemple), il y a tout intérêt à adopter une valeur moyenne unique. La correction c ne dépend pas de la vitesse, de la longueur du câble filé ou de l'inclinaison des transducteurs mais peut varier avec le réglage de gain du récepteur.

On a d'autre part :

$$h - i = P - 2l$$

L'immersion du poisson est donc :

$$l = [P - (h - i)] / 2$$

Et sa hauteur au-dessus du fond :

$$H = P - l = (P + h - i) / 2$$

Le contrôle de la valeur de la correction c est à faire une fois par jour, ou plus souvent si une différence notable est constatée. Les échos de surface et de fond se distinguent dès qu'il y a une variation d'allure. On peut aussi reconnaître l'écho de fond par comparaison avec l'enregistrement du sondeur.

Pour le contrôle de la correction c on peut utiliser un imprimé du modèle suivant :

SONAL N°1		Câble filé (poulie)	117 m		
Date	19-04-74	Instant	T: 11 h 45 mn 00 s		
Vitesse loch	5,6 nd	Correction du loch	+ 0,4 nd	Vitesse corrigée	6,0 nd
Distance approchée Sondeur - Poisson S	= 163 m	Décalage de temps t = S/0,5 V	= 54 s	Immersion abaquée	49 m
Enregistrement		Profondeur Sondeur corrigée à (T-t)			P = 108 m
Tribord		Babord			Valeurs réelles
$i_1 = 91$	Echo de surface	$i_2 = 91$	Immersion $I_m = \frac{i_1 + i_2}{2} + c_m = 48$		
$h_1 = 103$	Echo de fond	$h_2 = 104$	Profondeur $H_m = \frac{h_1 + h_2}{2} + c_m = 60$		
$c_1 = -43$	Correction $(P-h-i)/2$	$c_2 = -43$	Correction $c_m = \frac{c_1 + c_2}{2} = -43$		
Capturateur d'immersion à l'instant T	C.I. = 52 m	Correction du capturateur d'immersion	$I_m - C.I. = -4 m$		

5.2. LEVÉ D'IROISE.

Il a été effectué au cours de deux sorties du D'Entrecasteaux, en avril 1974. La figure 5.4 représente les limites du levé, qui a comporté deux parties : compléments au levé de 1971 et extension au Nord. Les conditions météorologiques étaient excel-

lentes. Les compléments au levé de 1971 et l'extension N.E. ont été exploités par le Bureau d'Etudes Industrielles et de Coopération de l'Institut Français du Pétrole (B.E.I.C.I.P.) avec la technique de l'anamorphose. Le reste du travail a entièrement été traité par la M.O.A.; M. Lapiere, Ingénieur Géologue du B.E.I.C.I.P. et M. Berry, électronicien, ont participé à la première partie du travail en mer et à son exploitation au B.E.I.C.I.P.

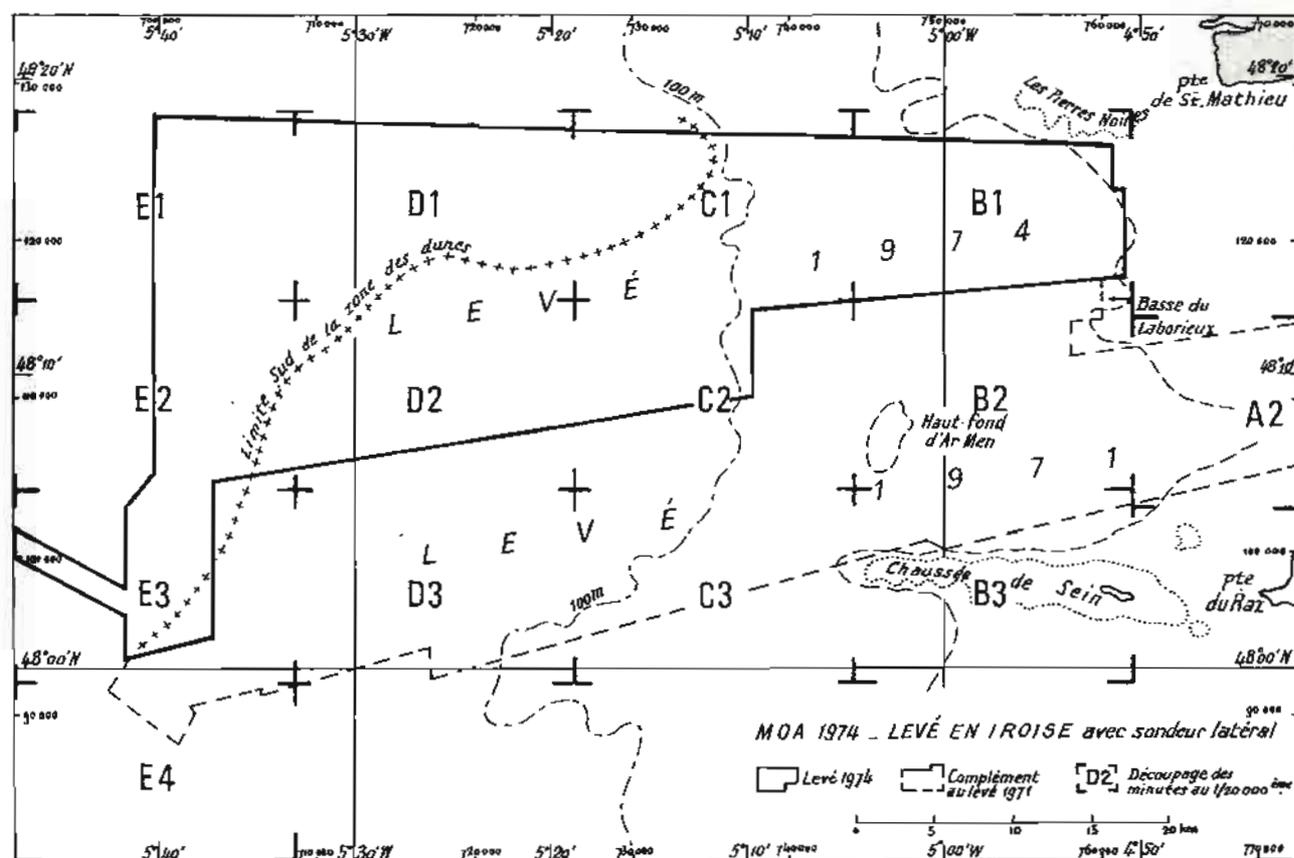


Fig. 5.4

Localisation.

La localisation a été assurée par le système Toran, en utilisant le réseau n° 3 G de la M.H.A. et

les réseaux P 10 n° 5 et 6 du G.E.S.M.A. Tous ces réseaux ont été étalonnés par la M.H.A. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Réseau et Station	Coord. Lambert 1 N.T.F.		Coord. Mercator Europe - 50		Fréquence
	X	Y	X	Y	
3 N - Kerlouan S - Tronoen R - Toufroc'h	107 952.16	130 098.03	798 590.40	168 932.08	1 902 000
	100 269.12	38 674.49	799 044.35	76 265.07	1 902 080
	84 538.11	95 330.25	778 114.90	131 636.75	1 735 000
5 N - Le Stiff S - La Chèvre R - Brezellec	54 223.59	112 644.54	745 878.10	146 175.98	1 624 920
	88 161.14	75 527.71	783 594.13	112 057.80	1 625 000
	78 779.08	65 189.59	775 143.38	100 819.88	1 857 000
6 N - La Chèvre S - Penmarch R - Brezellec	88 161.14	75 527.71	783 594.13	112 057.80	1 625 000
	97 706.83	33 056.03	796 988.27	70 433.78	1 625 200
	78 779.08	65 189.59	775 143.38	100 819.88	1 857 000

La phase centrale est calée à 35 000 pour le réseau 3, 5 500 pour le réseau 5, et 6 500 pour le réseau 6. La vitesse de propagation utilisée est 299 680 km, et les corrections de trajet terrestre déterminées par la M.H.A. ont été appliquées.

Toutes les positions ont été calculées et construites par l'E.P.S.H.O.M. en projection Mercator sur l'ellipsoïde international, à l'échelle 1/20 000. Le découpage des projections est représenté sur la planche 5.4.

De	à	Pas hyperbolique	Espacement		Câble filé
			Est	Ouest	
4° 51' W	5° 05' W	4	400 m	490 m	49 m
5° 05' W	5° 15' W	3	370 m	430 m	74 m
5° 15' W	5° 30' W	3	430 m	510 m	97 m
5° 30' W	5° 40' W	2.5	430 m	470 m	117 m

La longueur de câble est indiquée à partir de la sortie de la poulie, soit 7 mètres au-dessus de l'eau.

La vitesse sur l'eau a été de 6 nœuds environ, ce qui était un peu plus rapide qu'il n'aurait fallu, et provenait d'une erreur du loch ; celui-ci avait pourtant été étalonné trois semaines auparavant.

La zone du levé étant traversée par le « rail d'Ouessant », le trafic y est intense et le *D'Entre-casteaux* a souvent dû manœuvrer. Cela a été fait le plus possible par ralentissement d'allure sans quitter le profil, de façon à éviter les mouvements de lacet du poisson.

Avec une vitesse faible et des courants importants, l'angle de dérive du bâtiment est considérable : il dépassait parfois 20° et a même atteint 30°. Le calcul de la position du poisson doit en tenir compte.

Relevés.

Le levé sonal de 1971 avait montré que l'exploitation du sonal n'est pas possible sans une exploitation complète des enregistrements du sondeur vertical sur les mêmes profils. Le profil vertical est en effet indispensable pour comprendre, ou essayer de comprendre, la nature des échos latéraux rencontrés. Le levé bathymétrique a donc été fait au sondeur Atlas, et ce levé recouvre celui qu'avait exécuté la M.H.A. en 1965. La correction de marée appliquée,

$$0,78 H_{(T-15)}$$

(avec H = hauteur de marée observée au Conquet, 15 minutes plus tard) est équivalente à celle appliquée en 1965.

Il est bien certain que dans l'avenir le levé sonal ne devra pas suivre le levé au sondeur vertical, mais être mené simultanément.

Il en va de même du levé magnétométrique, puisque le magnétomètre peut facilement être mis en

Profils.

Les profils suivis ont été des hyperboles du réseau 3 d'orientation générale Est-Ouest, avec un espacement compris entre 400 et 500 mètres de façon à ne pas laisser de trou dans la couverture sonal. Du fait de l'épanouissement des hyperboles et de l'augmentation de profondeur d'Est en Ouest, le levé a été découpé en zones entre lesquelles le pas hyperbolique ou l'immersion du poisson ont été modifiés. Le découpage a été le suivant :

œuvre en même temps que le sonal. Un retard de livraison n'a permis de le faire qu'au cours de la deuxième moitié du levé d'Iroise. Pendant cette période seules les anomalies magnétiques ont été dépouillées. Le dépouillement complet des enregistrements reste d'ailleurs toujours possible si l'utilité en apparaît. La sonde était remorquée à 259 mètres derrière le tableau arrière, soit à 289 mètres de l'antenne Toran.

Exploitation des enregistrements sonal.

Il est souvent difficile d'interpréter les enregistrements du sonal. L'appareil enregistre en effet les variations du coefficient de réverbération du fond à 36 KHz, et celui-ci dépend de la nature du fond beaucoup plus que du relief de celui-ci. Au milieu d'un fond de sable, des tables calcaires affleurantes apparaissent remarquablement sur l'enregistrement (sans que la dénivellation dépasse 1 mètre), mais des dunes de sable de 15 mètres de haut sont à peine visibles. Dans un massif rocheux l'emplacement des points culminants ne se distingue pas des échos environnants. Les épaves sur fond de sable ou vase apparaissent bien, mais d'autres détails du fond dont l'intérêt hydrographique est probablement très faible apparaissent tout aussi bien ; l'ouverture horizontale du faisceau est en effet de 2°, ce qui donne au plus petit écho une largeur apparente de 18 mètres à 500 mètres de distance.

La distorsion des enregistrements rend également plus difficile leur comparaison d'une bande à l'autre ou avec d'autres documents. C'est pourquoi l'I.F.P. a préconisé l'anamorphose préalable et le montage des clichés en mosaïque avant toute interprétation ; méthode sûre, mais longue et lourde.

Pour l'éviter, la M.O.A. a essayé dans la zone Nord-Ouest la méthode suivante :

— Dépouillement des échos paraissant importants sur l'enregistrement ; en le faisant il ne faut

pas oublier la diaphonie, qui délivre sur une voie du sonal l'enregistrement atténué de l'autre et qui est un phénomène extrêmement gênant mais qui semble inévitable. Elle est très sensible sur la voie babord du poisson n° 1, et il est arrivé qu'un écho apparaisse plus net du côté où il ne se trouvait pas. L'existence de ce phénomène ne doit jamais être perdue de vue par celui qui examine un enregistrement.

— Calcul et construction de la position des échos; un programme de calcul très simple a été établi pour cela.

— Examen de chaque écho sur les différentes bandes sonal et sur les autres documents existants : minutes bathymétriques, cartes sédimentologiques,...

— Dessin, sur une minute de dessin sonal, des lignes de changement de nature du fond (en particulier les limites des massifs rocheux), des failles ou des barres rocheuses, des dunes, des épaves.

— Recherche complémentaire au sondeur de ce qui reste suspect.

En raison de la difficulté d'interprétation des enregistrements sonal, il est indispensable de toujours mettre en œuvre en même temps tous les autres moyens de prospection disponibles : sondeur et magnétomètre essentiellement.

Résultats.

• La bathymétrie a été entièrement exploitée par la M.O.A. sur 14 minutes au 1/20 000 dont le découpage est représenté sur la figure 5.4.

Dans toute la partie Nord-Ouest de la zone levée, les enregistrements de sondeur ont montré des accidents du fond ayant l'allure très caractéristique de rides de sable. Ces rides paraissent assez rectilignes et parallèles, d'orientation comprise entre 133° pour les plus Sud et 140° plus au Nord. Le flanc raide est toujours au S.W. La hauteur de ces rides est plus faible qu'en Manche.

La partie du levé où ces rides se rencontrent est

indiquée sur la figure 5.4; la zone en question semble coïncider à peu près avec la zone sédimentologique intitulée « substratum calcaire raviné et remanié » sur la carte sédimentologique du B.E.I.C.I.P. Les reliefs nettement identifiables comme des dunes sur les enregistrements ont été indiqués par la lettre « d » sur les minutes de bathymétrie.

• Les compléments au levé de 1971 et l'extension Nord-Est ont été exploités et interprétés par le B.E.I.C.I.P., avec la technique de l'anamorphose. Un rapport intitulé « Reconnaissance du Polygone d'Iroise » a été publié par le B.E.I.C.I.P. en janvier 1975.

Il est accompagné par les planches suivantes (voir fig. 5.5) :

- Mosaïques photographiques anamorphosées, 10 planches au 1/20 000 de vues Nord, et 10 planches au 1/20 000 de vues Sud ;
- Plan de position et bathymétrie, 10 planches au 1/20 000 ;
- Carte interprétative des fonds marins, 10 planches au 1/20 000.

• Le traitement des enregistrements sonal de la zone Nord-Ouest a été entrepris par la M.O.A. selon la méthode indiquée ci-dessus. Retardé par les autres activités de la mission, ce travail doit être repris par l'I.C.A. Blavin en 1976.

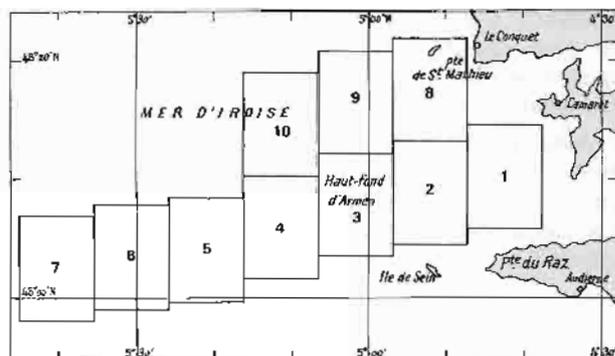


Fig. 5.5

Découpage des planches au 1/20 000 de la rédaction du levé sonal par le B.E.I.C.I.P. (février 1975).

CHAPITRE 6

SONDAGES CÔTIERS A L'EMBOUCHURE DU BELON

La M.O.A. a effectué en mai 1974 le sondage au 1/10 000 d'une fraction du littoral du Sud-Finistère comprise entre l'île Verte à l'Ouest (limite du levé M.H.A., 1973) et Brigneau, soit entre 18 et 11 milles à l'Ouest de Lorient. La limite au large est la bordure du levé M.H.D., 1966 (voir fig. 6.1). Une frange côtière de 2,5 milles de large a été sondée en vedettes, le reste de la zone par le *D'Entrecasteaux*.

La localisation a fait appel simultanément au Toran (Réseau n° 3 de la M.H.A. et réseau 4 A Sud-Bretagne des Phares et Balises), à des relèvements au théodolite, et à des angles au cercle. La rédaction a été faite dans le système Lambert 2.

Je rappelle les caractéristiques des réseaux Toran utilisés :

Réseau et Station	Coord. Lambert 2, N.T.F.		Fréquence
	X	Y	
3 N - Kerlouan	107 682.96	429 430.32	1 902 000
S - Tronoen	100 336.73	337 968.98	1 902 080
R - Toulbroc'h	84 393.80	394 564.07	1 735 000
4A N - Penmarc'h	97 839.36	332 385.55	1 664 920
S - St-Philibert	198 336.48	299 077.31	1 665 000
R - Kerdonis	192 200	270 750	2 128 000

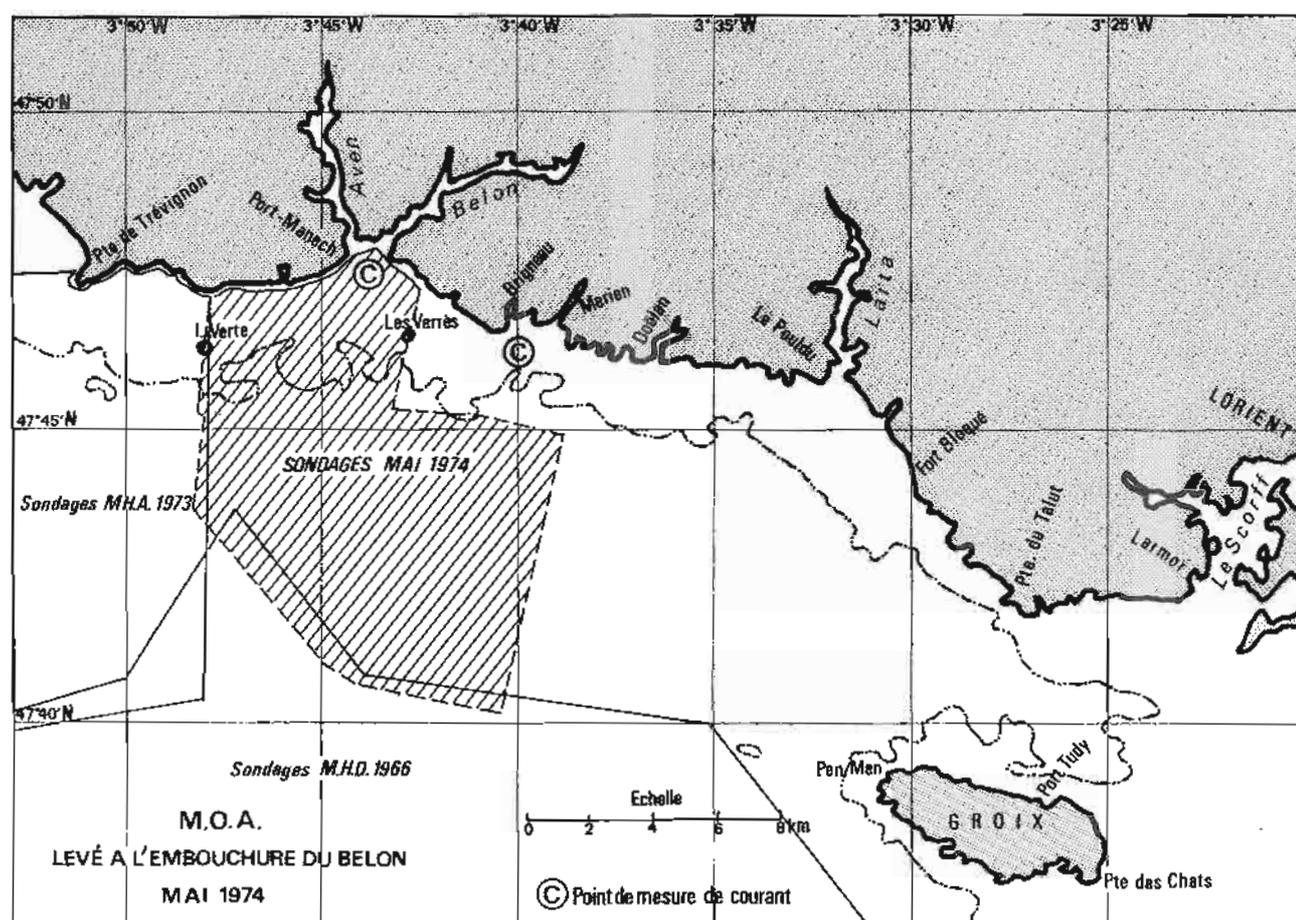


Fig. 6.1

Célérité utilisée : 299 677 km/s.

Le *D'Entrecasteaux* et une de ses vedettes ont suivi des profils sur hyperboles du réseau 4 A. L'autre vedette suivait des segments.

L'espacement des profils a été resserré à 50 mètres sur plusieurs plateaux rocheux des abords de Port-Manech.

Le calage et le contrôle des corrections de phase du Toran ont été assurés par des relèvements au théodolite. La correction de trajet terrestre adoptée pour le réseau 4 A a été + 0,09 au Nord du relèvement au 104,5° issu de l'émetteur de Penmarc'h, et - 0,01 au Sud. Pour le réseau 3 G il a été adopté une correction de réseau de - 0,10 et une correction de trajet terrestre nulle.

Les sondages bathymétriques sont rapportés à la célérité réelle du son. Ils ont été réduits de la marée observée à Port-Tudy, Ile de Groix, où il existe un observatoire permanent de marée ; le zéro hydrographique y est à 6,88 m au-dessous du couronnement du mur de quai, au niveau de la deuxième

bitte à partir du feu Sud.

Le magnétomètre a été mis en œuvre sur une partie des profils du *D'Entrecasteaux*. Le sonar l'a également été, pour évaluer son emploi et ses performances par petits fonds.

Les recherches de relèvements de fond de la zone ont été effectuées en novembre 1974 sous la direction de l'I.C.A. Demerliac.

Des observations de courant ont eu lieu pendant 48 heures en vive-eau devant Port-Manech (47°47,1'N, 3°44,2'W) et devant Brigneau (47°45,9'N, 3°39,8'W), du 22 au 24 avril. Les courants observés sont très faibles : devant Port-Manech, 0,1 nœud dans le 0,40° à marée montante, 0,02 nœud dans le 220° à marée descendante; devant Brigneau, 0,03 nœud dans le 300° à marée montante, 0,02 nœud dans le 120° à marée descendante.

Nota : Pour la géomorphologie de la zone, il faut se reporter à l'étude de J.P. Pinot (1974) intitulée : Le Précontinent Breton entre Penmarc'h, Belle Ile et l'escarpement continental.

CHAPITRE 7

CAMPAGNES HYDROLOGIQUES ET ACOUSTIQUES ET TRANSIT FAMOUS

Au cours des campagnes :

- Madère - 72 dans l'Atlantique, en novembre 1972;
 - Madère - 73 dans l'Atlantique, en juillet 1973;
 - Mill Pond dans la mer de Norvège, en août 1974;
- une équipe du Laboratoire de Détection Sous-Marine du Brusc, sous la direction de l'I.S.C. Jeanin, a effectué des mesures acoustiques à bord du *D'Entrecasteaux*. Le personnel de la M.O.A. a assuré dans le même temps, outre la localisation, des relevés de routine (bathy - gravi - magnétométrie) et des mesures hydrologiques. Il en a été de même au cours des trajets entre Brest et la zone des levés Famous.

Delgada, Horta, Tromsø, et des fiches d'observations ont été faites pour chacun de ces ports.

Il fut mesuré au cours des trajets :

- la profondeur, au sondeur Edo;
- la pesanteur, avec le gravimètre Askania Gss 2 n° 24;
- l'intensité du champ magnétique, avec le magnétomètre Varian.

Toutes les mesures ont été rédigées sur des projections au 1/1 000 000, au découpage de la G.E.B. C.O. (coupures n° 42, 43 59, 60, 79, 80, voir fig. 7.1).

Mesures.

La localisation a été assurée par Transit. Des déterminations à quai ont eu lieu à Funchal. Ponta-

Stations hydrologiques.

Deux stations hydrologiques par bouteilles à renversement ont été faites en juillet 1973 aux emplacements (32°21,4'N, 20°25,3'W) et 34°07,5'N, 24°10,0'

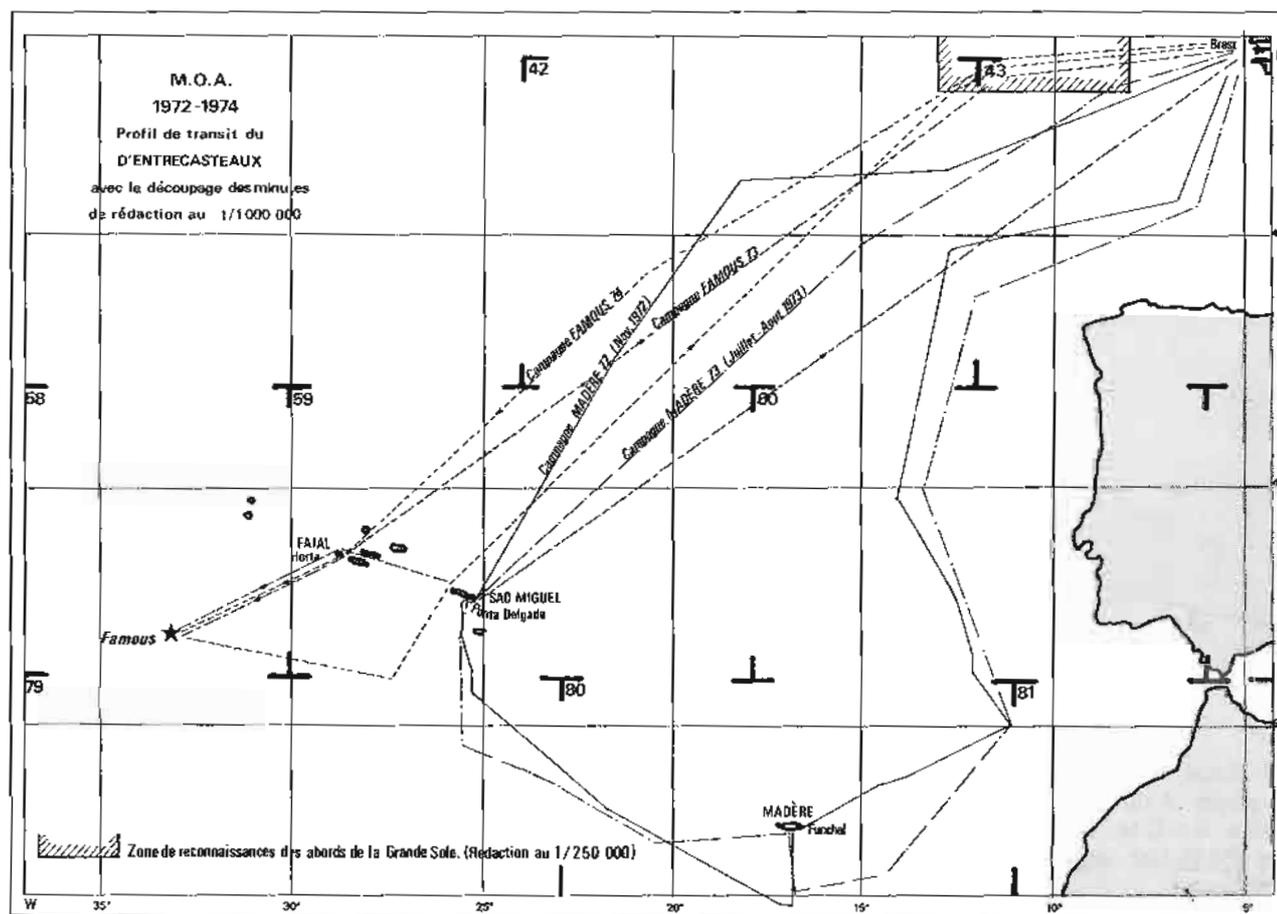


Fig. 7.1

W) et de nombreuses stations à la bathysonde Guideline au cours de la Campagne d'août 1974.

Gravimétrie.

La pesanteur a été enregistrée sur le gravimètre 24 au cours des campagnes :

- Madère - 72, avec mesures de référence à Brest, Funchal, Ponta-Delgada et Brest;
- Famous - 73, avec mesures de référence à Brest, Horta, Ponta-Delgada et Brest;
- Sole - 73, avec mesures de référence à Brest;
- Madère - 73, avec mesures de référence à Brest, Funchal, Ponta-Delgada et Brest;
- Famous - 74, avec mesures de référence à Brest, Horta, Ponta-Delgada et Brest.

Les figures 7.2 à 7.6 représentent les points de référence utilisés.

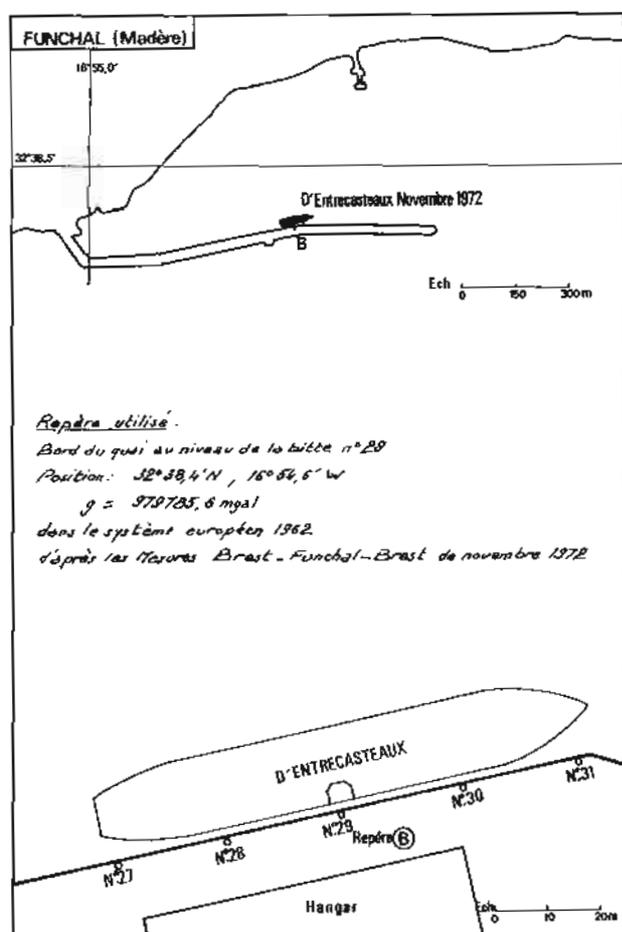


Fig. 7.2

A Brest, la référence utilisée, $g = 980\,955,3$ mgal au poste N du quai des Flotilles, est rattachée au repère B.R.G.M. de la porte Cafarelli, pour lequel $g = 980\,950,92$ mgal dans le système européen 1962.

A Ponta-Delgada, les valeurs obtenues par la M.O.A. en différents points du quai sont en accord

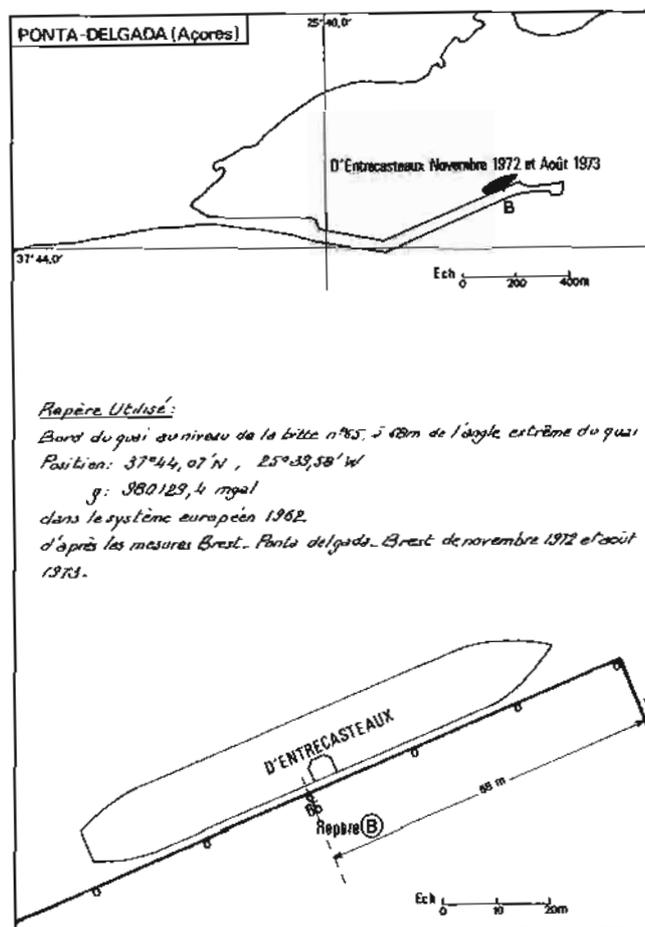


Fig. 7.3

(voir fig. 7.6) à 0,5 mgal près, et la valeur $g = 980\,129,4$ mgal au point B paraît la meilleure. L'accord est un peu moins bon avec la valeur mesurée par Landry à l'extrémité de la jetée, $g = 980\,127,8$ mgal.

La dérive du gravimètre a été assez forte pendant la campagne Madère - 72 (+ 0,19 mgal/jour) faible pendant les autres.

A partir de Madère-73, l'estime Transit a été calculée, avec un programme fournissant aussitôt la correction Eötvös et la valeur théorique de la pesanteur.

Toutes les mesures en mer ont été rassemblées sur les mêmes projections au 1/1 000 000, au découpage G.E.B.C.O.

Mouillage par grand fond du D'Entrecasteaux.

La campagne d'août 1974 nécessitait le mouillage du D'Entrecasteaux par plus de 2 000 mètres de profondeur. Cette opération, prévue aux spécifications du bâtiment, n'avait encore jamais été exécutée sur le D'Entrecasteaux, car les essais effectués en 1971 s'étaient soldés par un échec.

Comme on le verra ci-dessous, l'opération d'août 1974 ne constitue pas véritablement un succès pour

le dispositif employé, bien que les stations prévues aient pu avoir lieu tant bien que mal. Mais cet insuccès relatif est une expérience intéressante qui mérite d'être détaillée. Elle a fourni en tous cas les données numériques qui avaient fait défaut jusque là dans la préparation du dispositif, je veux parler des valeurs de la traction que le bâtiment exerce sur la ligne de mouillage selon la force du vent et du courant. Elle a montré également quelles modifications envisager pour rendre le dispositif utilisable.

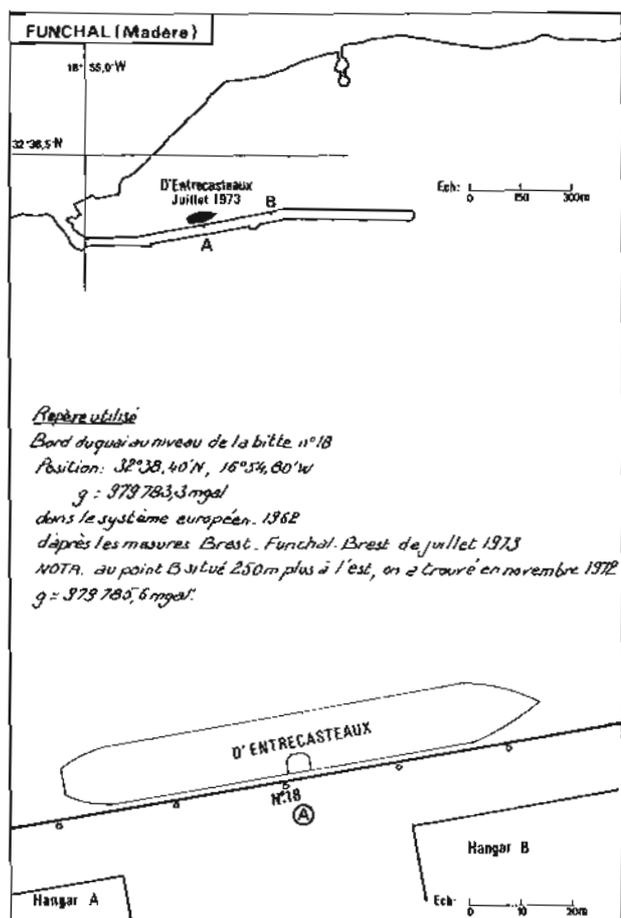


Fig. 7.4

Spécifications du mouillage.

Le matériel prévu par les spécifications comportait :

- Une ancre Danforth de 225 kg;
- Deux maillons de chaîne de 38, d'un poids total de 1 800 kg;
- Un élément de 400 mètres de câble d'acier de 17,5 mm de diamètre;
- Un câble thermoplastique de 18,5 mm de diamètre, présentant une charge de rupture de 8 000 da N; on avait admis une traction utile de 2 000 da N et un effort supplémentaire au dérapage de 3 000 da N.

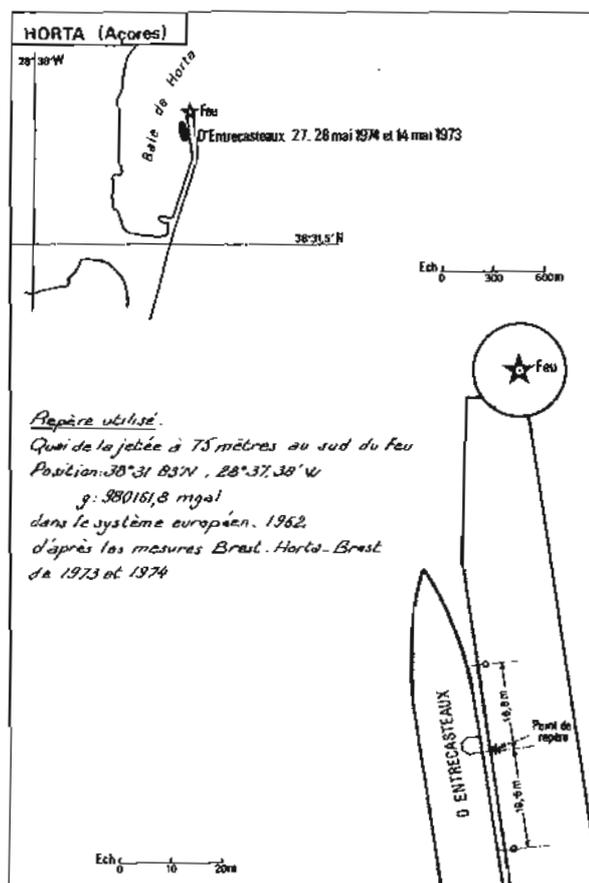


Fig. 7.5

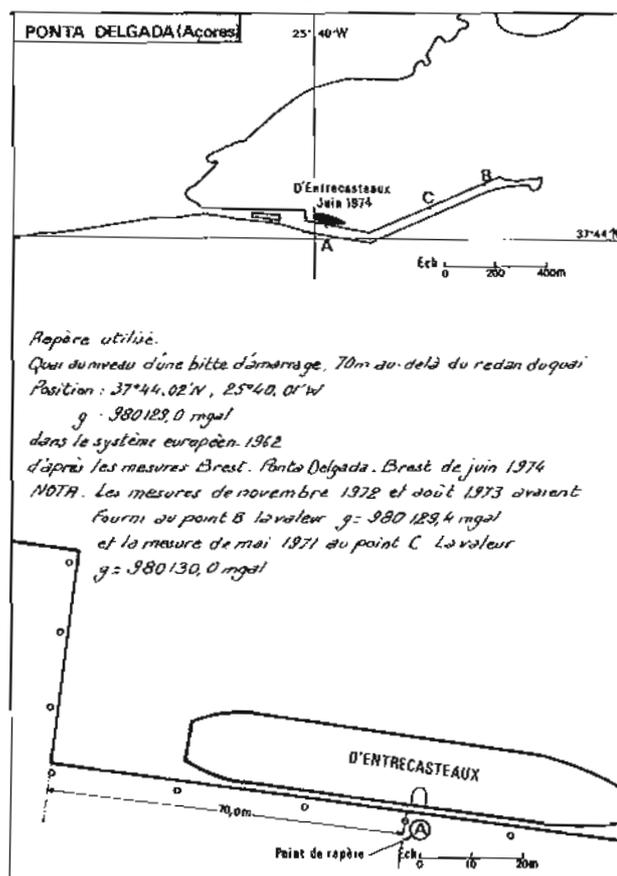


Fig. 7.6

- Un chaumard orientable installé à tribord avant, de 8 000 daN de résistance;
- Une poulie dynamométrique indiquant en permanence l'effort de traction supporté par la ligne;
- Un treuil, qui était le treuil de carottage situé sur l'aire milieu du bâtiment, fournissant une traction de 12 000 daN.

Le tronçon de câble d'acier intercalé entre la chaîne et le câble thermoplastique était destiné à protéger celui-ci des frottements sur le fond. Par contre rien n'était prévu contre les frottements se produisant à la sortie du chaumard, et malgré les précautions prises, c'est là que le câble a cassé la première fois.

Le chemin suivi par le câble à bord depuis le chaumard orientable jusqu'au treuil de l'aire milieu était long, compliqué et dangereux (voir fig. 7.7). Ceci provenait de ce que la possibilité de mouiller le *D'Entrecasteaux* par grand fond n'avait pas été prévue dès la conception du bâtiment, mais ajoutée après coup. Le chaumard n'avait donc pas pu être mis à sa place normale à l'extrême avant, et le treuil était très éloigné du chaumard; de nombreuses poulies de renvoi étaient nécessaires.

Le choix d'un câble thermoplastique a entraîné en outre un problème de cosse : ce type de câble ne supporte pas en effet de rayon de courbure aussi faible que l'acier, ce qui impose des cosses

de dimensions importantes. Les essais de 1971 avaient montré que des cosses simples ne résistent pas au passage dans le chaumard et les poulies de renvoi, et des cosses capotées avaient été étudiées et confectionnées. Elles sont effectivement passées dans le chaumard, les poulies et le cabestan du treuil, non sans provoquer des surtensions impressionnantes.

Une série d'épreuves du câble thermoplastique effectuée en 1974 montra que sa résistance était non pas de 8 000 daN comme il était prévu, mais 6 100 à 7 400 daN. Aux cosses la résistance tombait entre 5 400 et 5 900 daN, car une épissure fait perdre à un câble 15% environ de sa résistance.

C'est donc sur une charge de rupture de 5 400 daN seulement qu'il fallait compter, valeur beaucoup trop faible évidemment pour un bâtiment de la taille du *D'Entrecasteaux*. Pour tenter d'éviter une dangereuse rupture de câble au moment du dérapage, une maille cassante tarée à 5 000 daN fut intercalée entre l'ancre et la chaîne. Ceci réduisait encore de 10% la résistance du dispositif, mais augmentait la sécurité et réduisait la perte de matériel en cas de rupture.

Une meilleure solution eut été de limiter à 5 000 daN l'effort maximum de traction du treuil : mais le treuil hydraulique de carottage utilisé pour l'opération fournissait un effort de 12 000 daN et ses

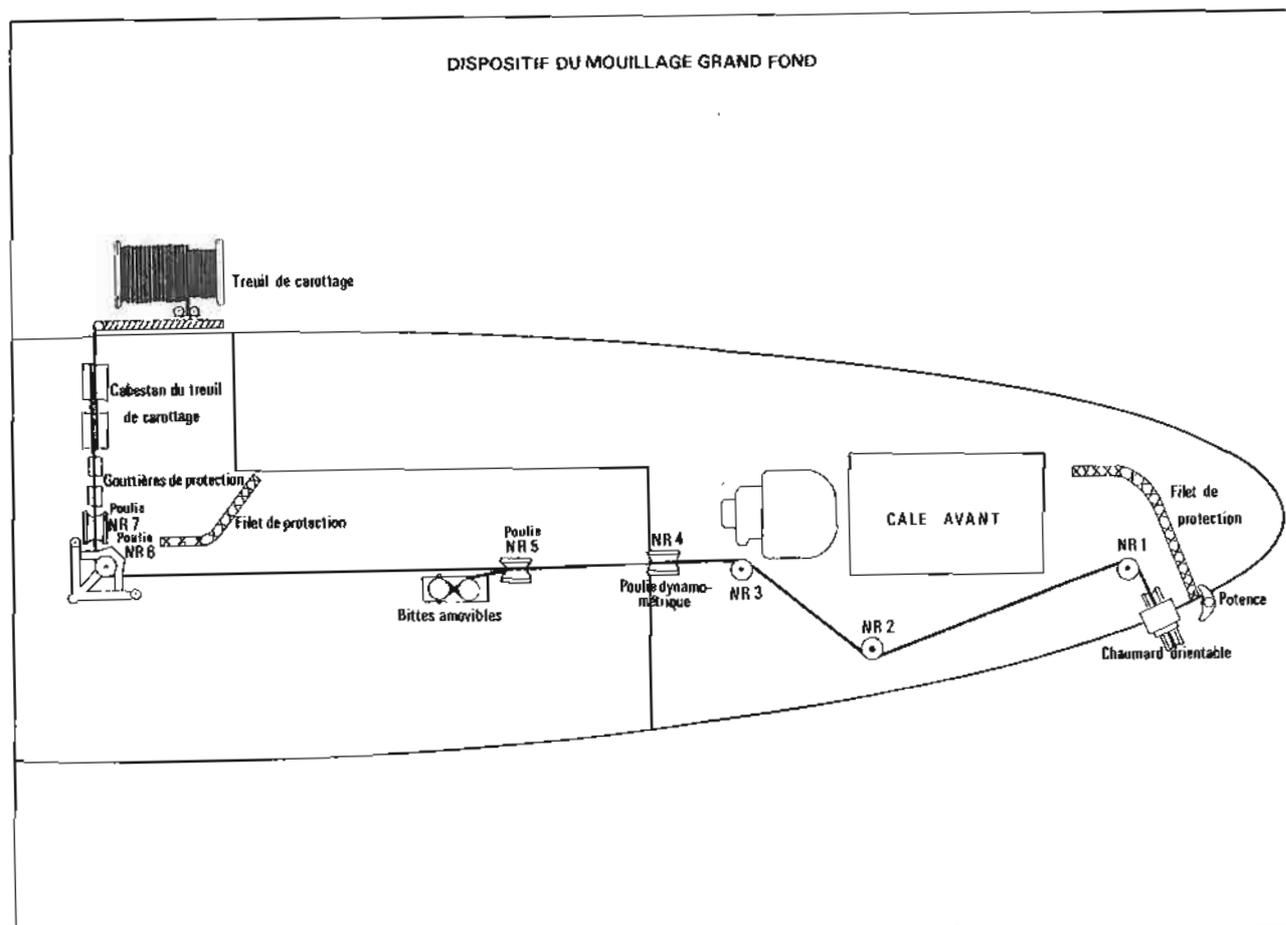


Fig. 7.7

caractéristiques ne permettaient pas de limiter facilement son effort.

Avec une charge de rupture de 5 000 daN, le facteur de sécurité était compris entre 1 et 2. On était évidemment très loin des valeurs normales, qui sont comprises entre 6 et 8 pour les câbles thermoplastiques. Des précautions avaient donc été prises pour la protection du personnel : filets et gouttières (voir fig. 7.7).

Lors du relevage du mouillage il y a deux instants critiques, pendant lesquels la tension du câble est maximale : ce sont le dérapage, et le passage de la cosse capotée à travers le chaumard et la première poulie. L'effort de dérapage peut être réduit dans une certaine mesure par un usage adroit de la propulsion auxiliaire, mais il reste pour l'essentiel inévitable, à moins de placer une manille explosive entre la chaîne et l'ancre et d'accepter la perte de celle-ci à chaque mouillage, ce qui n'est peut-être pas la plus mauvaise solution. Si la surtension de dérapage est inévitable, il est par contre beaucoup moins normal que le passage de la cosse capotée dans le chaumard et les poulies produise des surtensions importantes, et c'est un grave défaut de l'installation utilisée; un meilleur dessin du matériel permettrait sans doute d'atténuer ce défaut. Pour éviter que la surtension ne se reproduise à chaque poulie du chemin de câble, un câble d'acier auxiliaire était maillé à celui du mouillage dès que la cosse capotée avait franchi la première poulie; de cette façon elle franchissait ensuite sans tension le reste du chemin de câble. Mais le passage en force du chaumard et de la première poulie restait inévitable.

La poulie dynamométrique a très bien fonctionné durant toute l'opération. Son emplacement à l'avant de l'aire milieu du bâtiment obligeait cependant à garder le câble sous tension jusqu'au milieu de cette zone : il en résultait que la moitié de cette zone de travail importante du bâtiment était inutilisable pendant toute la durée des mouillages. Toute l'aire milieu du bâtiment était condamnée durant les manœuvres de câble. Les indications de la poulie dynamométrique étaient présentées sur deux indicateurs situés l'un en passerelle l'autre au poste de commande du treuil.

Le câble d'acier ordinaire utilisé a l'inconvénient de se décommettre lors des opérations de mouillage et de relevage, et de faire alors des coques au moment du démaillage. Un câble neuf de 400 mètres doit ainsi être prévu pour chaque mouillage.

Un problème essentiel de l'installation du *D'Entrecasteaux* se trouve dans le cabestan du treuil. Celui-ci est prévu pour reprendre la tension des câbles d'acier et la ramener à la valeur prévue pour l'enroulement, 350 kg. Avec un câble plastique cette variation de tension s'accompagne d'une variation de longueur importante du câble, et celui-ci ripe violemment sur le cabestan pour reprendre sa longueur sans tension. On risque ainsi la brûlure du câble par frottement et par surtension locale, ce qui s'est effectivement produit au deuxième relevage.

Mise en œuvre du matériel.

Le mouillage proprement dit est long mais relativement aisé; il faut mettre à l'eau et mailler successivement l'ancre Danforth (une potence permet la mise à l'eau), la maille cassante, la chaîne (prélevée sur le mouillage normal du bâtiment), le câble d'acier. Il faut alors démailler le câble auxiliaire puis dévirer la quantité de câble thermoplastique convenable et tourner celui-ci sur bittes.

La surveillance du mouillage comporte :

— la surveillance de la tension du câble; dès qu'elle sort des limites admises il faut mettre en route la propulsion auxiliaire.

— la surveillance de la direction de rappel du câble; dès qu'il commence à rappeler de babord il faut mettre en route la propulsion auxiliaire pour éviter tout frottement du câble sur l'avant du bâtiment ou sur son ancre.

La propulsion auxiliaire perturbe fortement les mesures acoustiques, et elle doit donc être utilisée le moins possible, en puissance et en durée.

Pour tenter d'éviter la rupture du câble par frottement, il est prudent de changer périodiquement le point de portage de quelques mètres.

Le relevage du mouillage est l'opération la plus délicate; le seul poids du mouillage représentant 2 350 daN, l'effort de dérapage ne doit pas dépasser 2 650 daN, et une utilisation adroite de la propulsion auxiliaire est nécessaire. Malgré cela la tension approche fatalement de très près sa valeur de rupture si l'ancre avait bien croché le fond.

Il semble possible d'éviter les coques dans le câble d'acier en maintenant quelques heures en pendant les 400 derniers mètres du mouillage avant de terminer le relevage. Tout au moins cela a-t-il réussi une fois.

Le passage de la cosse capotée dans le chaumard orientable et dans la première poulie occasionne une surtension impressionnante, 2 650 daN lors du deuxième mouillage. La tension totale atteignait alors la valeur de rupture. Dès que la cosse a franchi ce mauvais pas, le reste n'est plus qu'un travail de patience. Il faut bosser, mailler le câble d'acier de 120 mètres, faire cheminer la cosse capotée à travers cabestan et trancanage dans lesquels elle s'accroche, démailler la chaîne qu'il faut remailler sur le mouillage normal du bâtiment puis rentrer l'ancre.

Au total, l'opération du mouillage dure environ 3 heures, celle du relevage 4 heures par 2 400 m de profondeur.

Tractions exercées.

La traction du câble fut constamment notée ainsi que la force du vent, et le graphique de la figure

n° 7.8 résume ces observations. Chaque croix y représente la moyenne de plusieurs observations (entre 5 et 100). L'action du courant, qui fut couramment compris entre 0,5 et 0,9 nœud, n'a pu être dissociée de celle du vent de façon significative. Pour compléter l'expérience il faudrait donc un essai par vent constant et courant variable.

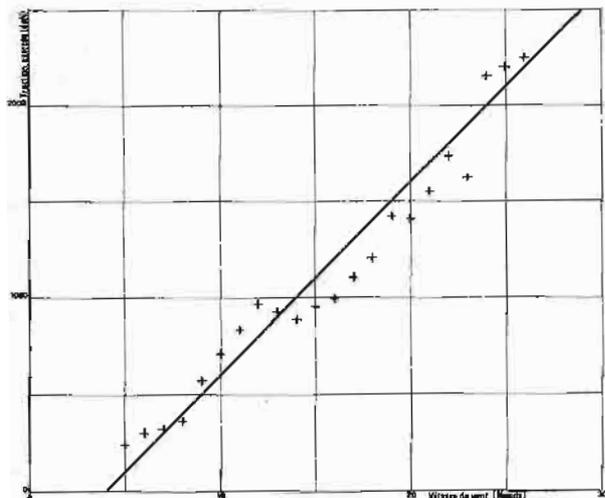


Fig. 7.8

En ce qui concerne l'action du vent entre 0 et 25 nœuds, les données recueillies sont les suivantes :

la traction est négligeable jusqu'à 4 nœuds, puis elle augmente d'environ 100 daN par nœud de vent, atteignant 2 100 daN pour 25 nœuds, avec une dispersion 3σ de ± 750 daN environ.

En ce qui concerne l'expérience de mouillage, c'est là le résultat essentiel de l'opération, la donnée qui permet de recalculer un dispositif de mouillage.

Au total le mouillage, occasionnellement assisté par la propulsion auxiliaire, a tenu par des vents de force 5 à 6 et des mers allant jusqu'à la force 6 avec des tractions maximales de 3 000 à 4 000 daN.

Déroulement des opérations.

Le premier mouillage a eu lieu du 4 au 9 août, par 2 400 mètres de profondeur, fond de vase. Un seul maillon de chaîne avait été mis, par suite du manque de performance connu du câble, et, comme il fallait s'y attendre, le bâtiment a chassé dès que le vent a dépassé 16 nœuds. Une position à peu près stable a pu cependant être maintenue par un usage intermittent de la propulsion auxiliaire, jusqu'à 25 nœuds de vent. Au-delà il fallut renoncer et changer le mouillage.

Le deuxième mouillage eut lieu du 10 au 12 août au même endroit. Il comportait cette fois deux maillons de chaîne et 3 200 m de nylon. La surtension au dérapage fut faible, 700 daN (effort total de

3 050 daN), la surtension au passage de la cosse capotée dans le chaumard fut nettement plus forte, 2 650 daN, et la traction totale atteignait alors la limite admise de 5 000 daN. Cette valeur est tout à fait excessive et elle enlève toute valeur à l'ensemble du mouillage par grand fond tant que le câble thermoplastique utilisé n'aura pas de meilleures performances.

Le troisième mouillage eut lieu du 13 au 17 août par 500 mètres de profondeur, fond d'argile. Le vent fut plus fort, 12 à 28 nœuds avec des rafales à 35 nœuds, et le câble se rompit finalement le 17 août à la sortie du chaumard orientable, par pincement et brûlure, malgré les précautions prises pour éviter les frottements et changer le point de portage du câble. Si la solution du mouillage sur nylon est conservée dans l'avenir, il paraît indispensable qu'un tronçon de câble d'acier ou une chaîne soit placé à la rentrée du mouillage à bord.

Le mouillage sur deux maillons se montra de bonne tenue, et la propulsion auxiliaire ne fut utilisée qu'au-dessus de 25 nœuds de vent pour diminuer les oscillations de l'évitage et les pointes de surtension dans les rafales, et empêcher le câble de rappeler de babord et de raguer contre l'ancre située à l'avant.

Le quatrième mouillage eut lieu du 20 au 23 août par 2 000 m de profondeur et fond de vase; un maillon et demi de chaîne avait été utilisé, et 2 900 m de câble thermoplastique. Le frottement était évité à l'entrée du câble à bord en intercalant un câble d'acier à l'extrémité du tronçon de nylon.

Le mouillage fut de bonne tenue, malgré un vent atteignant 35 nœuds dans les rafales. Il cassa au relevage, lors des opérations de dérapage. La surtension enregistrée à ce moment était de 2 900 daN (traction totale 4 800 daN), et la cassure se produisit dans le cabestan du treuil, mettant aussi en évidence une grave faiblesse de l'installation utilisée, le frottement du câble dans le cabestan (voir ci-dessus).

Conclusions sur le mouillage par grand fond.

1 — Utilité du mouillage par grand fond.

Il faut d'abord se demander à quoi sert un mouillage par grand fond. Un bâtiment muni d'une propulsion auxiliaire peut se maintenir au voisinage d'un point de station sans mouiller. S'il dispose d'une localisation convenable (Loran C, Transit, ...) il ne s'éloignera pas plus du point prévu qu'il ne le fera dans son évitage autour d'un point de mouillage. Avec une localisation permanente précise, du type Toran ou Trident par exemple, la propulsion auxiliaire permet, comme l'ont montré des essais, de maintenir la station à une vingtaine de mètres près : là encore le mouillage ne peut pas faire mieux.

Il est donc évidemment inutile de prévoir une opération aussi compliquée qu'un mouillage par

grand fond chaque fois que le maintien en station par propulsion auxiliaire est possible.

Les seules opérations océanographiques pour lesquelles un mouillage par grand fond est nécessaire sont donc les mesures acoustiques, dans lesquelles tout bruit de propulsion doit être évité.

Si le mouillage doit être réalisé par grande profondeur, 5 000 à 6 000 m, le poids d'un câble d'acier est prohibitif et le câble plastique inévitable. Sans doute pourrait-on en trouver de plus résistants que celui employé sur le *D'Entrecasteaux*, mais plusieurs des problèmes rencontrés en 1974 demeureront : fragilité au frottement dans le chaumard et le cabestan, difficultés de passage des cosses, en raison de leurs dimensions.

Avant de rechercher une telle solution, fatalement onéreuse, il faudra se demander si les mesures acoustiques au-dessus de plaines abyssales nécessitent réellement le mouillage du bâtiment. En effet si l'on peut admettre dans ce cas de laisser dériver celui-ci, et qu'on limite l'utilisation du mouillage aux profondeurs inférieures à 3 000 mètres, le câble d'acier retrouve tout son intérêt (voir plus loin).

2 — Mouillage sur câble plastique.

L'expérience de 1974 a montré que le câble de mouillage est facilement soumis à des tractions de 5 à 6 tonnes. Un coefficient de sécurité de 3 étant un minimum dans ce domaine, il faut prévoir un câble dont les épissures résistent à des tractions de 15 000 daN, c'est-à-dire un câble de 17 000 daN environ. Son diamètre est alors d'environ 45 mm (*).

Il faudra toutefois se demander si la perte de performances de l'ordre de 25 % constatée sur le câble du *D'Entrecasteaux* entre 1971 et 1974 est quelque chose de normal ou d'accidentel.

De nouvelles cosses capotées devront être dessinées, susceptibles de passer sans surtensions excessives dans les chaumard, poulies, cabestan et trançanage. Les surtensions observées en 1974, 1 000 à 2 600 daN, sont prohibitives.

Il faudra aussi vérifier l'aptitude du treuil et de son cabestan à virer du câble thermoplastique sous

(*) Il existerait paraît-il des câbles en polyamide beaucoup plus résistants : 15 tonnes pour un diamètre de 32 mm.

une tension supérieure à 3 tonnes, ou éviter toute surtension de dérapage, par exemple en sacrifiant l'ancre à chaque mouillage par l'usage d'une manille explosive.

Il faut que le bâtiment soit relié au mouillage par une pantoire en câble d'acier ou, mieux, par une chaîne. La meilleure solution est sans doute le mouillage d'une forte bouée à laquelle le bâtiment vient s'amarrer par un câble d'acier et qu'il peut lâcher en cas de mauvais temps.

Le câble thermoplastique doit donc être composé de tronçons, de façon à réaliser la longueur recherchée. Ceci multiplie évidemment le nombre de cosses nécessaires.

Un autre problème des câbles thermoplastiques n'a pas été expérimenté sur le *D'Entrecasteaux* mais l'a été à l'étranger, c'est celui de la protection du câble contre les morsures de poissons : des précautions sont à prendre dans ce domaine, surtout dans les eaux tropicales.

3 — Mouillage sur acier.

La plupart des problèmes soulevés ci-dessus disparaissent si le câble thermoplastique est remplacé par un câble d'acier antigiratoire. Un câble d'acier de 18 mm de diamètre, supportant le même effort d'environ 17 tonnes qu'un câble plastique de 45 mm, devrait convenir à des mouillages par des fonds allant jusqu'à 3 000 m. Les problèmes de cosse et de cabestan disparaissent alors, et il ne reste qu'à se prémunir contre l'usure du câble au fond et en surface.

4 — Poulie dynamométrique.

Dans tous les cas l'usage d'une poulie dynamométrique est indispensable, en particulier lorsqu'il faut réduire la tension du câble pour la maintenir dans les limites prescrites ou pour bosser ou tourner le câble sur bittes.

La poulie installée sur le *D'Entrecasteaux* a très bien fonctionné. Si cependant un mouillage sur câble d'acier est utilisé, il sera préférable de bosser la ligne de mouillage sur la plage avant plutôt que de la tourner sur les bittes du pont milieu. Un dynamomètre à transmission numérique devrait alors être monté sur la bosse.

CHAPITRE 8

ACTIVITÉS DIVERSES

8.1. ESSAIS DE CAROTTAGES EN IROISE.

Le *D'Entrecasteaux* s'est consacré pendant une semaine en octobre 1972 aux essais de différents types de carottiers. Il s'agissait de déterminer :

- Quels carottiers fournissent des résultats dans les fonds de sable coquillier de l'Iroise;
- Quelles méthodes il faut employer pour obtenir la célérité du son dans les carottes, et quelle est la valeur des résultats obtenus.

La D.R.M.E. avait été chargée d'organiser l'opération et elle avait fait appel à plusieurs organismes coordonnés par la C.I.T. - Alcatel chargée de l'ensemble de l'étude.

Les carottiers essayés ont été :

- Un carottier hydraulique du Laboratoire de Sédimentologie de Perpignan;
- Un carottier Kullenberg du S.H.O.M.;
- Un carottier vibro-trépideur Zenkowitch, que le B.R.G.M. venait d'acquérir et essayait pour la première fois;
- Un carottier de roche, type Ville, du B.R.G.M.

Les deux premiers, conçus pour le carottage de vase, se sont révélés inopérants en Iroise; 2 carottes ont été prélevées au Kullenberg. Le vibro-trépideur a ramené par contre 17 carottes de 96 mm de diamètre et 3 à 4 mètres de long.

Les analyses effectuées à bord immédiatement après prélèvement ont été :

- La gamma densimétrie, par le B.R.G.M.;
- La mesure de célérité, par le G.E.S.M.A.

La gamma densimétrie fournit un relevé continu de la densité humide, sans détérioration des carottes; elle permet de reconnaître rapidement les niveaux auxquels d'autres analyses doivent être effectuées sur les carottes.

La mesure de célérité était faite par des électrodes enfoncées dans la carotte à travers des fenêtres pratiquées au préalable. La mesure n'est possible que si les électrodes ont un bon contact acoustique avec le milieu; si l'eau interstitielle de la carotte est partie, il faut la remplacer. Il semble difficile de faire des mesures de célérité valables par cette méthode.

Les analyses des carottes ont été reprises ou complétées en laboratoire par le B.R.G.M. et le G.E.S.M.A. Plusieurs rapports ont été rédigés :

— Rapport préliminaire de F. Soubrane (C.I.T. - Alcatel), du 13 novembre 1972.

— Compte rendu sur l'utilisation du vibro-carottier Zenkowitch par MM. Fleury, Le Lann et Verich (B.R.G.M.), n° 73 SGN 064 MAR de février 1973.

— Etude pétrophysique de 5 carottes, par MM. Bosch, Dumas, Horn et Nicolas (B.R.G.M.), n° 73 SGN 204 LAB de juin 1973.

— Rapport de synthèse de F. Soubrane (C.I.T. - Alcatel), du 26 juin 1973.

8.2. DRAGAGE HYDROGRAPHIQUE EN RADE-ABRI DE BREST.

Un dragage hydrographique de contrôle fut exécuté à l'entrée de la rade-abri de Brest en septembre 1974. La zone fut investiguée au préalable par un chasseur de mines, et les obstructions détectées par le chasseur ou le dragage furent enlevées.

8.3. RECONNAISSANCE D'AMERS.

Des reconnaissances d'amers le long du littoral atlantique ont été faites par voie terrestre au cours du premier trimestre 1974. Les zones reconnues sont les suivantes :

- Abords Ouest de Lorient (De l'île Verte à Lorient, y compris l'île de Groix);
- Entrée de la Loire (De Piriac-sur-Mer à la pointe St-Gildas).

Pour ces deux zones un travail complet a été fait (reconnaissance et localisation). Plus au Sud, de la Loire aux Sables-d'Olonne, seule la reconnaissance a eu lieu.

Les travaux de triangulation ont avancé assez lentement, car les mois d'hiver pendant lesquels une mission hydrographique a le temps de se consacrer à une telle tâche sont aussi ceux où la météorologie est la moins favorable.

La mission avait à classer les points du littoral dans les différentes catégories d'amers définies par

l'instruction n° 528/S.H.O.M. du 26 novembre 1971 et à établir des projets de correction des cartes en service, en fonction de leur échelle. Il est apparu ce faisant une catégorie de points non mentionnée dans l'instruction : c'est celle des détails topographiques qui méritent de figurer sur le fond topographique des cartes de détail sans qu'on puisse pour autant les considérer comme des amers.

Tous les amers, qu'ils soient nouveaux ou déjà connus, ont donné lieu à l'ouverture de fiches conformes à l'instruction citée ci-dessus. Les résultats ont été les suivants :

	Abords Ouest de Lorient, et Groix	De Piriac à la Pte St-Gildas
Longueur de côte	68 km	70 km
Amers supprimés	19	62
Amers classés (catégories 1, 2 ou 3)	62	82
dont amers nouveaux	8	21
Détails topographiques	17	21
Points triangulés	26	20
Densité d'amers au km	0.9	1.2

Les amers de catégorie 2 ou 3 ont tous été triangulés. En ce qui concerne la catégorie 1, les coordonnées ont été prises sur la carte terrestre au 1/25 000 pour 11 points. Aucun travail de triangulation n'a été fait pour les détails topographiques.

8.4. UTILISATION DE LA LOCALISATION TRANSIT.

Les déterminations Transit obtenues en 1972 ont été étudiées d'une part à quai dans différents ports, d'autre part en mer dans la zone Sole, par comparaison avec le Toran. Les résultats obtenus ont été les suivants :

Critère d'élimination de comptages.

En attendant d'avoir trouvé une formule de correction troposphérique satisfaisante, il a fallu admettre que le programme élimine les comptages pour lesquels l'angle d'élévation n'est pas compris entre 5° et 70°. Il ne reste plus dans ces conditions que des passages à 3, 4 ou 5 comptages, ou exceptionnellement 6, alors que jusqu'à 9 comptages peuvent être enregistrés. Maintenant que le reste du programme de calcul fonctionne convenablement, il paraît nécessaire de revoir la formule de correction et ce critère d'élimination trop radical.

Critère d'élimination d'un passage.

Le calcul Transit comporte 3 inconnues, deux de position et une de fréquence. L'écart $F_s - F_0$ entre la fréquence du satellite et celle de l'oscillateur de bord est calculé en cycles/minute. Il varie lentement dans le temps, et de la même façon pour les différents satellites car les fréquences F_s sont plus stables que la fréquence, F_0 . Il est donc possible de tracer ou de calculer une courbe de variation moyenne pour chacun des satellites et de mesurer l'écart DF entre un résultat individuel et la courbe moyenne. La valeur de DF constitue un excellent critère de qualité du point.

Le programme calcule également un résidu R, écart moyen quadratique des différents lieux utilisés dans le calcul de la position. Ce résidu est évidemment nul s'il n'y a que 3 comptages, et ce cas est donc à distinguer du cas général. Dans un passage assez long, le maintien ou la suppression d'un comptage aberrant peut modifier le résidu beaucoup plus que la position, aussi le résidu ne constitue-t-il pas un critère de qualité aussi important que l'écart de fréquence.

Il arrive souvent que l'émission d'un satellite soit saisie au milieu de sa trajectoire. Les observations à moins de 5° étant éliminées, le passage comporte alors rarement plus de 3 comptages; on constate que 3/4 des passages de ce type sont mauvais, et on peut songer à les éliminer d'emblée, en rejetant les passages pour lesquels le premier compte Doppler est supérieur à 3 300 000. On rejeterait cependant quelques résultats valables et un critère basé sur l'écart de fréquence paraît plus intéressant.

Passages à plus de 3 comptages.

Les passages comportant 5 comptages sont meilleurs en latitude que ceux de 4 comptages. En longitude la différence est faible. Parmi les passages en mer retenus à l'aide des règles énoncées ci-après les écarts moyens quadratiques en mètres sont les suivants :

	4 comptages	5 comptages	Total
Ecart en X	183	161	175
Ecart en Y	164	82	137
Ecart en distance (mètres)	246	181	225

Le tableau ci-dessous ne distingue pas les cas de 4 ou de 5 comptages. Il résume, pour 213 points à quai calculés sans aucune élimination les écarts obtenus en X et Y et le nombre de points utilisés pour différentes classes de valeurs de l'écart de

fréquence DF (cycles/minute) et du résidu R (mètres) :

	R < 5	5 < R < 10	10 < R < 15	15 < R < 20	R > 20
DF < 15	60 m 35 m 136 pts	68 m 64 m 22 pts	73 m 82 m 7 pts	41 m 51 m 5 pts	/ / 0 pt
15 < DF < 30	133 m 61 m 26 pts	180 m 50 m 3 pts	88 m 22 m 1 pt	/ / 0 pt	très grand 5 pts
DF > 30	428 m 192 m 1 pt	/ / 0 pt	398 303 1 pt	/ / 0 pt	très grand 6 pts

On constate que la précision du point est bien corrélée avec l'écart de fréquence, et varie beaucoup moins avec le résidu R, tout au moins dans certaines limites.

La meilleure précision en latitude des passages longs est très visible.

Pour assurer l'élimination des mesures mauvaises on peut, dans l'état actuel du programme de traitement, retenir les critères suivants :

- dans les observations à quai, éliminer les observations pour lesquelles DF > 15 ou R > 10.
- dans les observations en mer, éliminer les observations pour lesquelles DF > 30 ou R > 20.

Passages à 3 comptages.

S'il n'y a que trois comptages le résidu est nul et le seul critère utilisable est l'écart de fréquence. L'analyse de 29 passages de ce type enregistrés à quai fournit les résultats suivants :

Ecart de fréquence DF (cycles/minutes)	DF < 15	15 < DF < 30	DF > 30
Ecart moyen du point obtenu (mètres)	σ_x 210	750	1 800
	σ_y 45	80	650

Les passages à trois comptages sont donc toujours médiocres. Dans une série d'observations à quai ils doivent être éliminés. A la mer les passages pour lesquels DF < 20 peuvent être conservés sous réserve, les autres sont à éliminer.

Statistiques.

Au cours de 12 jours de levés dans la zone Sole, 23 passages ont été enregistrés par jour en moyenne. En les traitant selon les règles précédentes, ils se répartissent ainsi :

Nombre de comptages	< 3	3	4	5	Total
Points conservés	/	1.5 6 %	5. 23 %	4. 17 %	10.5 46 %
Points éliminés	7.5 32 %	3. 12 %	2. 9 %	0 1 %	12.5 54 %

Parmi les points éliminés, 99 % l'ont été d'après les critères indiqués, 1 % après examen supplémentaire.

Après élimination il subsiste 46 % des passages observés, soit 10 à 11 par jour.

Comparaison Transit-Toran.

La localisation Toran était assurée pour 53 des points ci-dessus, tous situés sur des profils Est-Ouest de la zone Sole.

En utilisant pour le calcul Transit la route et la vitesse sur le fond fournies par le Toran, on obtient un écart moyen de 26 mètres entre le point Transit et le point Toran :

$$X_{TR} - X_{TO} = -25 \text{ m}, \quad Y_{TR} - Y_{TO} = -6 \text{ m}.$$

Cet écart est tout à fait compatible avec celui des observations faites à quai à Brest, pour lequel on avait trouvé :

$$\begin{aligned} X_{TR} - X_{TO} &= -59 \text{ m}, \\ Y_{TR} - Y_{TO} &= -7 \text{ m (Poincaré, 1969)} \\ X_{TR} - X_{TO} &= -5 \text{ m}, \\ Y_{TR} - Y_{TO} &= -26 \text{ m (M.O.A., 1970)}. \end{aligned}$$

Il peut donc être attribué au décalage des systèmes géodésiques. On vérifie d'ailleurs sur le tableau ci-dessous que le décalage ne varie pas avec la longitude, comme ce serait le cas s'il était imputable au Toran :

Longitude	12°25'W	11°30'W	10°35'W	9°40'W
Latitude 49° N.	Zone 3	Zone 2	Zone 1	Moyenne
Nombre de points	19	20	14	53
X _{TR} - X _{TO}	- 51 m	- 46 m	+ 39 m	- 25 m
Y _{TR} - Y _{TO}	- 6 m	+ 27 m	- 52 m	- 6 m
Distance	51 m	53 m	65 m	26 m

Ceci met en évidence l'excellente précision absolue du Toran, avec les constantes utilisées.

La valeur moyenne quadratique des écarts entre point transit et point Toran est 175 m en X et 137 m en Y, soit 225 m en distance. L'écart moyen quadratique dû au Toran, de l'ordre de 30 mètres, étant négligeable, les valeurs ci-dessus représentent la précision des déterminations Transit à la mer, lorsque le vecteur vitesse du bâtiment est bien connu.

Un premier calcul avait été fait en utilisant la vitesse du loch et le cap du compas. L'erreur de vitesse était en moyenne 0,8 nœuds et la valeur moyenne quadratique des écarts était :

225 m en X et 185 m en Y, soit 292 m en distance.

Une erreur de 0,8 nœud sur la vitesse (Est-Ouest) entraîne donc une erreur de 193 m en moyenne quadratique sur la distance (141 m en X, 131 m en Y).

L'influence d'une erreur de vitesse dépend de la géométrie du passage. On peut cependant retenir comme ordre de grandeur qu'une erreur de 1 nœud provoque en moyenne une erreur de 170 mètres en X et en Y, soit 240 mètres en distance.

Le calcul a également été fait en augmentant le cap de 5°, c'est-à-dire en introduisant une composante de vitesse erronée dans la direction Nord-Sud. L'erreur est alors de 100 mètres en X et de 20 mètres en Y.

Conclusions.

Les résultats obtenus s'accordent bien avec ceux de M. Regnaudin. En particulier l'écart de fréquence DF constitue le principal critère de qualité d'un point Transit. Si, en présence d'un résidu R important, on cherche à réduire celui-ci par suppression d'un ou plusieurs comptages, il faut retenir la solu-

tion qui rend DF minimal. Ceci n'est pas, semble-t-il, la méthode employée par le programme Trans 07.

La recherche de la fréquence moyenne servant à calculer les DF est malheureusement laborieuse, et la mise au point d'un programme de calcul de la fréquence lissée conserve toute son actualité. Ce calcul doit s'appuyer sur les fréquences calculées au cours de passages de 5 ou de 4 comptages, avec un poids plus important pour les premiers. Il pourrait être fait aussitôt pour chaque passage en conservant en mémoire les fréquences obtenues au cours des observations des deux ou trois jours précédents. Ce programme a été écrit en 1973, ainsi qu'un programme de calcul de l'estime Transit.

Les mesures ont vérifié l'excellente qualité absolue des points Toran.

Des critères simples d'élimination des résultats aberrants à la mer ont été proposés (voir § 3 et 4). L'erreur sur une détermination est alors de 220 mètres en distance si la vitesse du bâtiment est bien connue. Elle s'élève à 290 mètres si la vitesse est connue à 0,8 nœud près. Ces critères seront à réviser lorsque le programme du traitement aura été amélioré.

En attendant que le système de mesure fasse le calcul d'estime, il restera de nombreux points éliminés par suite d'un changement de cap ou de vitesse.

En améliorant la formule de correction troposphérique et en conservant par suite des observations à plus faible élévation il doit être possible de rendre la détermination de la longitude aussi précise que celle de la latitude, et de conserver un plus grand nombre de mesures.

Cette modification et celle d'un calcul d'estime plus exact doivent permettre d'atteindre une précision de 100 m environ en X et en Y.

8.5. ÉTUDE DE LA LOCALISATION OMÉGA.

En raison de l'incertitude sur les corrections, le système Oméga n'a été mis en œuvre que pour étude. Les lectures ont en particulier été faites jour et nuit aux escales de novembre 1972 à Funchal, Ponta-Delgada et Brest. Le tableau suivant fournit la différence « Valeur observée - Valeur théorique ».

	Funchal		Ponta - Delgada		Brest	
	centièmes	milles	centièmes		centièmes	
A-D, écart	- 8,9	1,2	- 10,7	1,3	- 12,4	1,6
dispersion	9,3	1,3	8,2	1,0	1,6	1,5
B-D, écart	- 17,3	2,9	- 17,1	2,6	- 17,2	3,0
dispersion	11,4	1,9	7,7	1,2	13,5	2,3
écart DX		2,3		2,2		2,7
DY		- 3,4		- 2,6		- 3,4

en moyenne sur 24 heures, pour les couples (A-D) et (B-D). La correction de propagation fournie par les tables U.S.N.O.O. est incorporée à la valeur théorique.

On constate donc dans tous ces ports un écart systématique important entre la valeur moyenne observée et la valeur théorique. Cet écart est d'environ 11 centièmes (ou 1,4 mille) sur A-D, et il est de 17,2 centièmes (ou 2,8 milles) sur B-D. Il entraîne un décalage $DX = 2,4$ milles, $DY = -3,1$ milles, soit 4 milles environ dans le Sud-Est.

Cet écart varie au cours de la journée et paraît plus fort l'après-midi. L'écart moyen quadratique est

sensiblement le même pour A-D et B-D, et égal à 10 centièmes. Ceci représente 1,3 mille pour A-D et 1,8 mille pour B-D. Le rayon d'incertitude à 3σ est donc d'environ 6 milles.

En outre l'écart est apparu sujet à fluctuations aléatoires rapides, de telle sorte que l'Oméga ne semble pas être un procédé d'interpolation entre points Transit et n'est pas utile à un bâtiment équipé du Transit.

A la suite de ces résultats peu satisfaisants, il fut décidé de rechercher les performances de l'Oméga en mode différentiel, ce qui fut fait en juin 1973 (voir chapitre 2).

ANNEXE

LOCALISATION PAR CHAMP DE BALISES

1. MÉTHODES ET PROGRAMMES DE LOCALISATION.

La localisation acoustique sur champ de balises a été utilisée en 1973 et 1974 avec des balises mouillées entre 2 000 et 3 000 mètres de profondeur et distantes de 3 000 à 6 000 mètres en vue d'obtenir une précision de localisation de quelques mètres. Il est apparu que plusieurs éléments des programmes utilisés pour le calcul des positions devaient être modifiés. J'indique ici ce que pourraient être les méthodes et les programmes de localisation avec le matériel C.S.F. utilisé.

Le premier programme à établir est celui qui calcule la position du bâtiment connaissant celles des balises. Les programmes de calibration et d'orientation peuvent en effet en être dérivés. Les principales modifications à prévoir concernent :

Le filtrage des mesures de distance : l'expérience montre que les distances sont fréquemment faussées ou absentes du fait du bruit. Elles sont également faussées assez souvent par des réflexions sur le fond ou sur la surface, lorsque le compteur du récepteur ne perçoit pas l'écho direct et s'arrête sur un deuxième écho. On peut se prémunir dans une certaine mesure contre ces erreurs en ne calculant pas le point à chaque interrogation, mais en regroupant 5 interrogations successives dans un calcul unique qui fournira un résultat beaucoup plus sûr. On aura ainsi une cadence de calcul de 1 minute pour une cadence d'interrogation de 12 secondes (ou de 2,5 mn pour une cadence de 30 s). On peut en même temps éliminer d'emblée l'erreur due au mouvement du bâtiment pendant les différents trajets acoustiques. L'introduction des données du loch et du compas est évidemment nécessaire.

Le calcul du point par un programme classique de moindres carrés à partir de toutes les distances mesurées, soit 2, 3 ou 4 distances.

L'analyse de ce calcul (programme « Navigation ») est traitée au paragraphe 2. Les différentes méthodes de calibration possibles sont étudiées ensuite. Avec calculateur, elles consistent à utiliser le programme « Navigation » dans des conditions particulières et en y adjoignant un calcul supplémentaire peu important.

2. CALCUL DE LA POSITION - PROGRAMME NAVIGATION.

Soit un champ de balises B_i ($i = 1, 2, 3, 4$) de coordonnées (X_i, Y_i, Z_i) ; le récepteur permet de considérer simultanément quatre balises. Le bâtiment, dont le point A a des coordonnées (P, Q) , suit une route R avec un cap C ; la variation de son compas est W, sa dérive DR. La route sur le fond est

$$R = C + W + DR$$

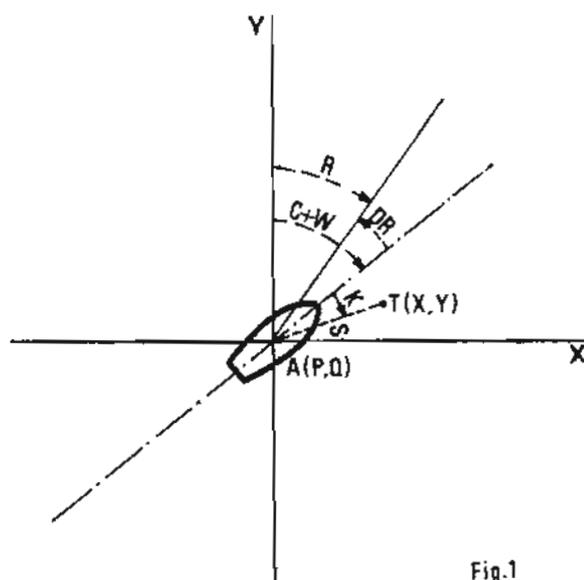


Fig.1

Sa vitesse loch est VL. la correction du loch est CV, la dérive en vitesse DV, la vitesse sur le fond $V = VL + CV + DV$.

Il remorque un transducteur acoustique T de position

$$\begin{aligned} X &= P + S \sin(C + W + K), \\ Y &= Q + S \cos(C + W + K), Z. \end{aligned}$$

La variation W, le rattachement (S, K, Z) du transducteur, la correction du loch CV, sont des données initiales.

Le cap C et la vitesse loch VL sont introduits en permanence dans le calculateur.

La dérive (DR, DV) est prise nulle initialement puis provient du calcul antérieur. La position approchée à l'instant initial peut être calculée par programme (voir § 8).

A l'instant d'émission n , la position approchée A_n du bâtiment est :

$$P_n = P_{n-1} + \sum V \sin R DT, Q_n = Q_{n-1} + \sum V \cos R DT$$

Sa distance approchée à la balise B_i est :

$$[(X_n - X_i)^2 + (Y_n - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2]^{1/2} \quad (1)$$

Compte tenu de la durée du trajet acoustique, la valeur approchée de la distance mesurée est :

$$A_{ni} = X_n + \frac{V}{1500} A_{ni} \sin R - X_i)^2 + (Y_n + \frac{V}{1500} A_{ni} \cos R - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2]^{1/2} \quad (2)$$

V est supposé exprimé ici en mètres/seconde. La distance A_{ni} peut être remplacée dans les termes correctifs par $A_{(n-1)i}$.

La distance mesurée à l'instant d'émission n est M_{ni} .

On gardera en mémoire les différences ($M_{ni} - A_{ni}$) correspondant à cinq interrogations successives. Éliminant celles qui dépassent 500 mètres ou qui dépassent la plus faible de plus E mètres, on calculera la moyenne $M_{ni} - A_{ni}$ des autres. La valeur E du seuil permettant d'éliminer au mieux les trajets réfléchis est à préciser ; elle pourrait être de 10 mètres. Le seuil 500 mètres est destiné à éliminer les interrogations sans écho.

On obtient ainsi pour chaque balise une distance $A_{ni} + M_{ni} - A_{ni}$ correspondant à l'instant de l'interrogation moyenne, qui sera également la minute ronde si les cinq interrogations prises en compte ont été déclenchées aux secondes — 24, — 12, 0, 12, 24.

La position exacte du transducteur à cet instant est :

$$X + DX, Y + DY, Z$$

avec pour chaque balise une relation

$$\frac{X - X_i}{A_i} DX + \frac{Y - Y_i}{A_i} DY = M_i - A_i \quad (3)$$

Les variations de Z dues à la marée ou la houle sont négligées.

On obtient (DX, DY) par moindres carrés :

$$\sum_j \left[\left(\frac{X - X_j}{A_j} DX + \frac{Y - Y_j}{A_j} DY + A_j - M_j \right)^2 \right] \text{ minimum} \quad (4)$$

D'où la position ($X + DX, Y + DY$). Ayant utilisé la formule différentielle (3), une itération est nécessaire, en reprenant à partir du calcul (2) des A_{ni} .

L'itération est poursuivie jusqu'à ce que le résultat ne varie pas de plus d'un mètre.

Le programme devra calculer le résidu de chaque détermination, en même temps que la position $P + DX, Q + DY$ du bâtiment. Si le résidu dépasse un seuil indiqué E' , le calcul est repris en supprimant l'équation donnant le plus fort résidu. Ce seuil n'est toutefois pas appliqué dans les programmes de calibration.

Il faut calculer la route

$$R = \text{Arc tg}[(X_n - X_{n-1}) / (Y_n - Y_{n-1})]$$

(ou $R = R + 180^\circ$ si $Y_n - Y_{n-1} < 0$)

La dérive $DR = \bar{R} - \bar{C} - W$ est calculée, ainsi que sa valeur filtrée sur 5 minutes $\frac{DR}{6} + \frac{5}{6} DR_{n-1}$, qui est utilisée dans les calculs des points approchés suivants :

Remarque :

L'opérateur doit pouvoir relancer facilement le calcul d'un point approché (voir § 8) lorsque le programme normal est égaré.

Données :

Les données à introduire sont les suivantes :

A — Données permanentes.

- les positions (X_i, Y_i, Z_i) de toutes les balises utilisables (il y en a éventuellement plus de 4).
- la célérité du son à utiliser ;
- la variation W du compas et la correction CV du loch ;
- le rattachement (K, S, Z) du transducteur ou, si l'on admet que ce rattachement est fonction de la vitesse loch, les coefficients des fonctions $K(VL), S(VL)$ et $Z(VL)$.
- la tolérance E sur les écarts de distance $M_i - A_i$;
- la tolérance E' sur le résidu d'une détermination.

B — Données temporaires (fréquemment modifiables).

- les numéros des balises utilisées ;
- l'option et les numéros des balises déterminées (voir ci-dessous) ;
- l'heure du top initial.

L'option peut être :

- programme « Navigation » avec impression des distances obliques ;
- programme « Navigation » avec impression des distances horizontales ;
- programme « Profondeur » (voir § 4) ;

- programme « Distance » (voir § 5).
- programme « Orientation » (voir § 6).

Pour les options profondeur et distance il faut indiquer avec l'option les numéros des balises sur lesquelles porte la détermination de profondeur ou de distance.

Résultats.

Il faut lire sur l'imprimante, pour l'interrogation moyenne :

- l'heure ;
- ou

les quatre distances obliques ;

$$A_j + \overline{M_j - A_j}$$

les quatre distances horizontales

$$\sqrt{(A_j + M_j - A_j)^2 - Z_j^2}$$

- la position calculée (P, Q) (avec astérisque, si une équation a été supprimée du calcul) ;
- le résidu du calcul ;
- le cap C ;
- la route R ;
- la vitesse loch VL (cette indication peut être omise si la place disponible est insuffisante) ;
- la vitesse sur le fond V.

Une dernière colonne est utilisée :

- pour la profondeur Z_i , dans l'option « Profondeur ».
- pour la somme $(L_i + L_j)$, dans l'option « Distance » ;
- pour la différence $(C - R)$, dans l'option « Orientation ».

3. DÉTERMINATION D'UN CHAMP DE BALISES.

Pour déterminer les positions des balises on peut utiliser deux méthodes :

— une méthode analytique dans laquelle les profondeurs, les distances horizontales et l'orientation sont successivement déterminées ;

— une méthode globale, dans laquelle les inconnues (X_i, Y_i, Z_i) sont calculées en bloc à partir d'un certain nombre d'équations d'observation.

La seconde méthode est plus rapide. La première a l'avantage de pouvoir être contrôlée ou appliquée sans ordinateur. C'est celle qui est développée ici.

Il faut dans tous les cas des éléments approchés des positions des balises.

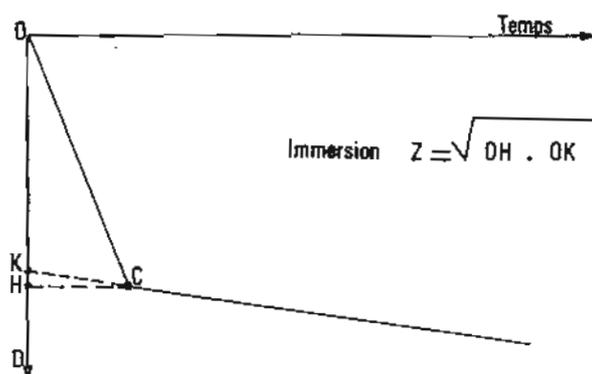
4. DÉTERMINATION DES PROFONDEURS DES BALISES.

4.1. Profondeurs approchées.

Dès sa mise à l'eau la balise fournit des distances et sa descente, qui peut durer une demi-heure, est ainsi suivie. Pour avoir aussitôt une bonne valeur approchée de son immersion, deux procédés sont possibles :

— Si le bâtiment est équipé d'une propulsion auxiliaire, on peut le maintenir au point de largage en maintenant constantes les distances de balises déjà à l'eau.

— Si la dérive du bâtiment est faible, une bonne méthode est de le laisser dériver pendant toute la durée de la descente de la balise : le graphique des distances enregistrées en fonction du temps présente alors un coude C à l'instant où la balise touche le fond (fig. 2). Le segment qui suit cet instant permet de corriger la distance mesurée de la dérive du bâtiment. On prend comme immersion de la balise $= Z = \sqrt{OH \cdot OK}$.



Distance enregistrée pendant la descente en fonction du temps

Fig 2

4.2. Profondeurs exactes.

Suivre plusieurs profils au-dessus de la balise et chercher la distance minimale de cette balise est possible; c'est une méthode sûre mais longue, il faut compter deux heures environ par balise.

Une méthode utilisant un seul parcours à peu près circulaire et de faible rayon autour de la verticale de la balise est préférable. Soit B1 la balise dont on recherche la profondeur, H1 le point situé à la verticale de B1 autour duquel le bâtiment décrit un cercle de 300 à 500 mètres de rayon à faible vitesse. La profondeur Z1 peut être calculée manuellement ou par programme, et j'indique ci-dessous les deux méthodes.

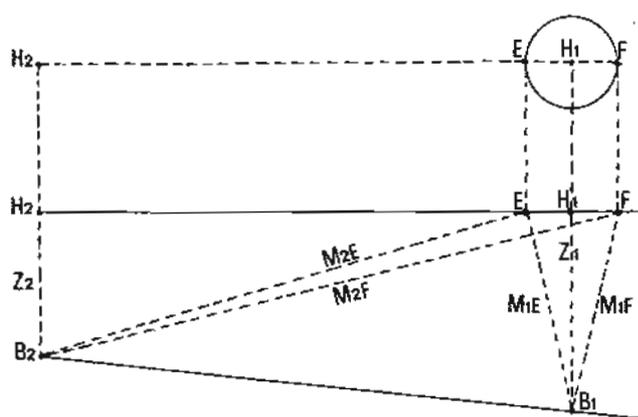


Fig 3

4.3. Sans calculateur.

Il faut se repérer sur une balise éloignée B2, dont la position et la profondeur peuvent n'être connues qu'approximativement, ou sur plusieurs balises éloignées jouant successivement le rôle B2. Au passage par le point E (figure 3) la somme des distances $M_2 + M_1$ passe par un minimum, et au passage par le point F la différence $M_2 - M_1$ passe par un maximum. La détermination graphique de ce minimum et de ce maximum est précise, et on en déduit les valeurs M_{1E} et M_{2E} , M_{1F} et M_{2F} .

Puis on calcule, à l'aide d'une profondeur Z_2 exacte ou approchée, la distance

$$EF = L = \sqrt{M_{2F}^2 - Z_2^2} - \sqrt{M_{2E}^2 - Z_2^2}$$

puis
$$S = \frac{1}{2} (M_{1E} + M_{1F} + L)$$

et
$$Z_1 = \frac{2}{L} \sqrt{S(S - M_{1E})(S - M_{1F})(S - L)}$$

L'opération peut être faite avec plusieurs balises éloignées au cours d'un même parcours.

Si la distance $EF = L$ est petite devant les distances M_2 , une erreur sur la profondeur Z_2 n'entraîne qu'une faible erreur sur la longueur L .

Le calcul peut d'ailleurs être refait lorsque la profondeur Z_2 a été mieux déterminée.

4.4. Avec calculateur la méthode est voisine. Elle consiste à utiliser le programme général de détermination du point du paragraphe 2 avec les coordonnées approchées (X_i, Y_i, Z_i) des balises. La position (X, Y) obtenue pour le bâtiment est erronée, mais l'erreur de position (DX, DY) au voisinage de la verticale d'une balise B1 dépend peu de la distance mesurée sur cette balise et est une fonction régulière des erreurs introduites dans les coordonnées des autres balises. Par conséquent dans un parcours de faible rayon autour de la verticale d'une balise, on peut calculer un certain nombre de positions (X, Y) du bateau par la méthode générale, et en déduire autant de valeurs de

$$Z_1 = \sqrt{M_1^2 - L_1^2} = \sqrt{M_1^2 - (X - X_1)^2 - (Y - Y_1)^2}$$

dont on prendra la moyenne.

On peut conserver en mémoire les distances mesurées, de façon à refaire le calcul lorsque les autres éléments du champ de balises ont été précisés.

Le programme « Profondeur » se présente donc comme un petit programme annexe au programme « Navigation ». Il faut indiquer le numéro de la balise sur laquelle porte la détermination, l'instant de départ du calcul de profondeur et l'instant de fin de ce calcul.

On tira sur l'imprimante à chaque interrogation moyenne :

— toutes les indications prévues dans le programme « Navigation » (avec l'option distances obliques);

— la profondeur Z_1 .

On peut prévoir le calcul de la profondeur moyenne Z_1 après l'instant de fin du parcours.

5. DÉTERMINATION DE LA FIGURE PLANIMÉTRIQUE DU CHAMP DE BALISES.

Il faut déterminer la longueur des côtés des triangles, ce qui se fait aisément en suivant une route voisine de la médiatrice de chaque côté, et en déterminant le minimum de la somme des distances $(M_1 + M_2)$ aux deux balises considérées. Cette opération étant facile, il n'est pas souhaitable de la limiter à un seul côté de la figure. Il est préférable de mesurer chaque côté.

5.1. La méthode manuelle est la suivante : Le bâtiment suit une route à cap constant voisine de la médiatrice de B_1B_2 et enregistre les distances obliques M_1 et M_2 .

On détermine graphiquement le minimum de la somme des distances $(M_1 + M_2)$ ou des distances horizontales $(L_1 + L_2)$.

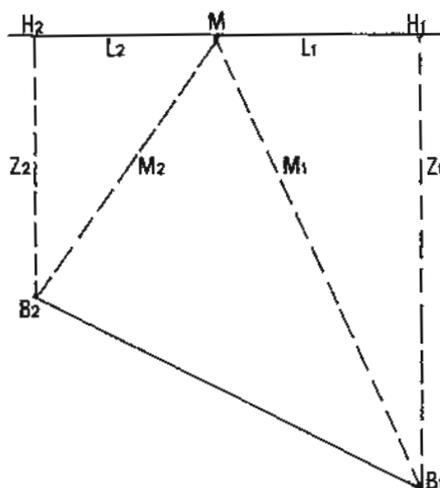


Fig 4

Si les profondeurs Z_1 et Z_2 ne sont qu'approchées, il faut conserver les distances M_1 et M_2 dont la somme est minimale, en vue d'un calcul ultérieur avec des profondeurs exactes.

5.2. Avec calculateur la méthode peut être analogue. En désignant par M un point de mesure situé dans la zone du milieu des deux balises à déterminer, on calcule d'abord la position (X, Y) du point M par le programme « Navigation ».

L'option « Distance » calcule alors

$$H_1 H_2 \cos \alpha_1 = \frac{(X - X_1)(X_2 - X_1) + (Y - Y_1)(Y_2 - Y_1)}{\sqrt{(X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2}}$$

en désignant par α_1 l'angle

$$(H_1 H_2, H_1 M)$$

et de même $H_1 H_2 \cos \alpha_2 = H_1 H_2 \cos (H_2 H_1, H_2 M)$

$$\text{Puis } L = L_1 \cos \alpha_1 + L_2 \cos \alpha_2$$

Le calcul est répété pour plusieurs points M et on prend la moyenne des distances L obtenues.

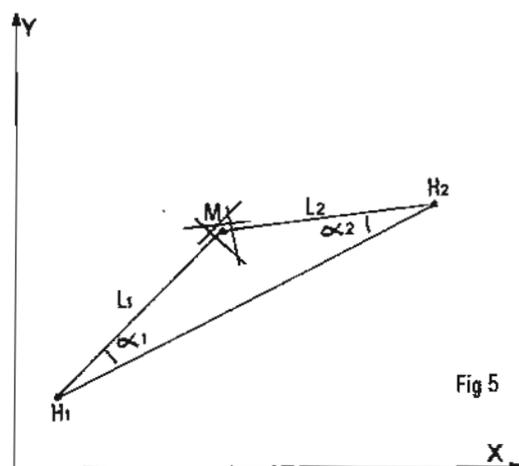


Fig 5

Le programme « Distance » est donc un programme annexe se branchant sur le programme « Navigation ». Il faut indiquer les numéros des balises dont on calcule la distance, et les instants de début et de fin de calcul des distances L.

On lira sur l'imprimante à chaque interrogation moyenne :

- Les indications prévues dans le programme « Navigation » (avec option distances horizontales);
- La distance L.

5.3. Calcul des positions (X, Y) des balises.

Les méthodes décrites ci-dessus permettent de calculer les longueurs L des côtés des triangles.

En se donnant une orientation provisoire pour l'un d'eux, on peut calculer l'ensemble des positions (X, Y) par rapport à la balise origine. Ce calcul simple mais qui varie d'une application à l'autre (il peut y avoir une compensation des mesures) peut être conservé sous forme manuelle.

6. CALCUL DE L'ORIENTATION.

Le bâtiment suit une route à cap constant face au vent puis vent de l'arrière. Le programme « Navigation » fournit le point et l'angle de route dans le système des balises. Entre deux instants indiqués au programme, celui-ci fournit sur l'imprimante la différence (C—R) pour chaque interrogation et en calcule la moyenne. Après plusieurs aller et retour, une valeur (C—R) est adoptée, d'où un angle de rotation (C—R + W).

7. CALCUL DES POSITIONS DÉFINITIVES.

Le calcul des positions après rotation peut être fait manuellement. Il peut être programmé sans difficulté.

8. CALCUL DU POINT APPROCHÉ INITIAL.

8.1. Avec trois distances mesurées.

Soient $B_1 B_2 B_3$ trois balises sur lesquelles les distances $M_1 M_2 M_3$ ont été mesurées, $H_1 H_2 H_3$ leurs pro-

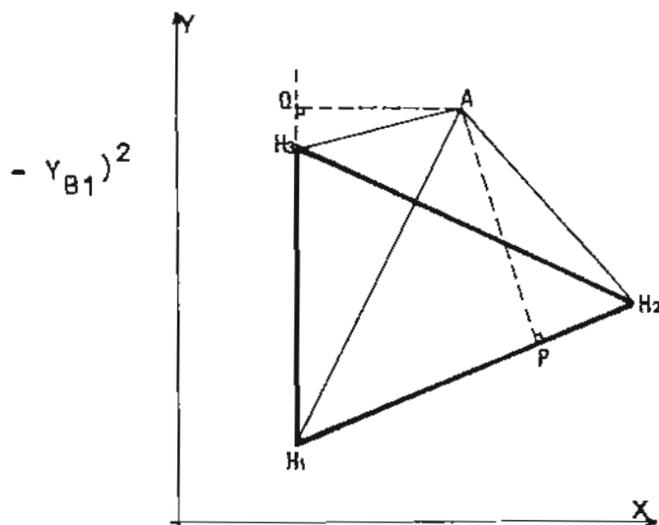


Fig 6

jections planes, P et Q les projections orthogonales de A sur H_1H_2 et H_1H_3 .

$$K_{12} = \frac{H_1 P}{H_1 H_2} = \frac{M_1^2 - Z_1^2 - M_2^2 + Z_2^2}{2(H_1 H_2)^2} + \frac{1}{2}$$

avec $(H_1 H_2)^2 = (X_{B2} - X_{B1})^2 + (Y_{B2} - Y_{B1})^2$

et de même :

$$K_{13} = \frac{M_1^2 - Z_1^2 - M_3^2 + Z_3^2}{2(H_1 H_3)^2} + \frac{1}{2}$$

Les coordonnées de P et Q sont :

$$X_P = X_{B1} + K_{12} (X_{B2} - X_{B1}),$$

$$Y_P = Y_{B1} + K_{12} (Y_{B2} - Y_{B1})$$

$$X_Q = X_{B1} + K_{13} (X_{B3} - X_{B1}),$$

$$Y_Q = Y_{B1} + K_{13} (Y_{B3} - Y_{B1})$$

Les coordonnées (X, Y) du point A sont obtenues par les équations

$$\begin{aligned} X(X_{B2} - X_{B1}) + Y(Y_{B2} - Y_{B1}) &= X_P(X_{B2} - X_{B1}) \\ &+ Y_P(Y_{B2} - Y_{B1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X(X_{B3} - X_{B1}) + Y(Y_{B3} - Y_{B1}) &= X_Q(X_{B3} - X_{B1}) \\ &+ Y_Q(Y_{B3} - Y_{B1}) \end{aligned}$$

8.2. Avec deux distances mesurées M_1 et M_2 .

Il faut calculer encore K_{12} , (X_P, Y_P) et la première équation ci-dessus.

On calcule en outre l'angle $A = (\overline{H_1 H_2}, \overline{H_1 A})$ par son cosinus.

$$\cos A = (M_1^2 - M_2^2 + \overline{H_1 H_2^2}) / 2 M_1 \cdot \overline{H_1 H_2}$$

Il faut que l'opérateur indique le signe de A. On en déduit l'azimut Z de $H_1 A$, et la relation

$$\frac{X - X_{B1}}{\sin Z} = \frac{Y - Y_{B1}}{\cos Z}$$

8.3. — L'opérateur qui demande le calcul d'un point approché doit donc indiquer les numéros des balises à utiliser et, s'il n'y en a que deux, le signe de $(\overline{H_1 H_2}, \overline{H_1 A})$.

MISSION HYDROGRAPHIQUE DE NOUVELLE-CALÉDONIE

(Janvier 1972 - Mai 1974)

par

M. François MILARD

Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe)

SOMMAIRE

Première partie. — GÉNÉRALITÉS.

Deuxième partie. — TRAVAUX EFFECTUÉS.

Chapitre I. — *Sud de la Grande Terre.*

1. — Canal de la Havannah.
2. — Baies de Prony et de Port Boisé.
3. — Ile Ouen : baies de Port-Koubé et de Port-Koutouré.
4. — Abords Sud-Est de Nouméa.
5. — Baies Ouie, N'Go et des Pirogues.
6. — Rade de Nouméa.
7. — Grand récif Sud.

Chapitre II. — *Iles Loyauté.*

1. — Iles Ouvéa : Abords de Fayaoué.
2. — Ile Lifou : Baie du Chateaubriand.

Chapitre III. — *Nouvelles-Hébrides.*

Ile Mallicolo : Port-Sandwich.

Chapitre IV. — *Travaux divers.*

1. — Profils de sondes effectués au cours de traversées de La Boussole.
2. — Recherche du haut-fond de la Gazelle.
3. — Campagne océanographique Vaté.

Annexe 1. — Vedette hydrographique Corail.

Annexe 2. — Observation de la marée Paagoumène.

Annexe 3. — Rattachement de repères de marée au Nivellement Général de la Nouvelle-Calédonie.

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS

Au cours de la période considérée (19 janvier 1972 - 9 mai 1974), la Mission Hydrographique de Nouvelle-Calédonie (M.H.N.C.) a été dirigée par l'Ingénieur en Chef de l'Armement (Hydrographe) Milard qui, succédant à l'Ingénieur en Chef de l'Armement (Hydrographe) Blavin, a été lui-même remplacé par l'Ingénieur en Chef de l'Armement (Hydrographe) Boulard.

L'activité de la Mission a été concentrée sur le levé du lagon au Sud de la Grande Terre.

1. PERSONNEL.

L'Ingénieur de l'Armement (Hydrographe) Guitton, puis l'Ingénieur Principal de l'Armement (Hydrographe) Le Guen furent successivement adjoints au Directeur de Mission.

Outre les deux Ingénieurs, le personnel hydrographe de M.H.N.C. était composé de sept officiers-mariniers hydrographes (dont trois ou quatre Maï-

tres-Principaux ou Premiers-Maîtres selon les circonstances des affectations). Cet effectif était suffisant pour une activité soutenue et la qualification de ce personnel était, en général, très bonne.

Le personnel non hydrographe était composé de huit quartiers-maîtres (Q.M.M. d'après la nouvelle répartition en niveaux d'emploi) des spécialités de manœuvrier, transmetteur, mécanicien et de quatre matelots sans spécialité du contingent.

Le plan d'armement était, en fait, mal adapté aux besoins de la Mission, bien que le Bureau « Personnel » de la Marine en Nouvelle-Calédonie se soit toujours efforcé de l'honorer; il ne permettait pas, en effet, d'assurer simultanément l'entretien d'un matériel qui souffre énormément des conditions d'emploi, la rédaction des travaux en salle de dessin et la constitution de deux équipes indépendantes chargées de l'emploi en sondages de deux bâtiments ou embarcations.

Plus qu'à la faiblesse numérique des effectifs, cette situation était imputable essentiellement à la mobilité trop importante de cette catégorie de personnel : une durée d'affectation à la Mission de 15 mois (prolongeable jusqu'à 24 mois sur demande de l'intéressé pour le personnel engagé, de 10 mois pour le personnel recruté, est manifestement trop courte pour employer de façon rentable, après un minimum de formation, un personnel en général sans aucune expérience (même dans sa propre spécialité). Sans crainte d'exagération, on peut affirmer que la Mission a assuré en permanence, la formation « hydrographique » de 2 à 3 hommes, sans autre perspective qu'une utilisation de quelques mois seulement.

Par ailleurs, il faut déplorer l'absence de plongeurs, dont l'emploi aurait considérablement facilité et amélioré les recherches et la détermination des hauts-fonds très nombreux.

2. MOYENS.

2.1. Moyens flottants.

Les bâtiments de la Mission étaient :

— Le Bâtiment Hydrographique de deuxième Classe *Boussole*, commandé successivement par les Lieutenants de Vaisseau Le Boursicaud et De La Taille-Tréville. Les caractéristiques de ce bâtiment ont déjà été fournies (*).

Malgré son tonnage relativement élevé, ce bâtiment a pu être utilisé avec profit pour le sondage dans certaines zones dégagées du lagon sud-calédonien.

(*) Rapport de M. Chartier — *Annales Hydrographiques* — Tome XVI — Année 1970, pages 173 à 231.

Malheureusement, il est peu adapté à l'utilisation comme bâtiment-base autonome : ses capacités d'hébergement et ses installations de manutention sont notoirement insuffisantes, son adaptation aux travaux océanographiques est très médiocre, d'autant plus que la position du treuil d'hydrologie à l'arrière, à la hauteur de l'hélice, interdit toute manœuvre en station.

Le Bâtiment Hydrographique de première Classe *L'Estafette*, dont l'affectation à la Mission a été décidée, devrait assurer à la M.H.N.C. le support efficace d'un bâtiment-base mieux adapté, du moins sur ce plan.

— La Vedette Hydrographique *Corail*, commandée successivement par les Premiers-Maîtres Hydrographes Malbrunot et Jeanpierre. Ce bâtiment, bien adapté au sondage dans le lagon calédonien (*) a connu, malheureusement, un grand nombre d'avaries qui ont considérablement réduit son taux d'activité. Sa condamnation a été prononcée en janvier 1974 après remplacement par la vedette *Marc Joly*, qui a repris le nom de *Corail*. On trouvera en annexe I les caractéristiques de ce nouveau bâtiment, dont l'admission au service actif n'était pas encore prononcée en mai 1974.

— Deux vedettes hydrographiques de 8,30 m (drôme de la *Boussole*). Comme cela a déjà été noté par ailleurs (**), ces vedettes sont mal adaptées au sondage dans le lagon calédonien, du fait des conditions de mer souvent trop dures et des distances importantes des stations de visée à terre.

Elles ont, par ailleurs, connu de nombreuses avaries, notamment de l'appareil propulsif (moteur, embrayeur-réducteur), ce qui rendait leur utilisation peu sûre, voire dangereuse dans des parages encombrés de récifs et soumis à un clapot violent.

— Deux youyous de 5 mètres en plastique équipés de sondeurs avec bases hors-bord, qui ont été utilisés dans le sondage des plans d'eaux abrités, leurs faibles dimensions et leur faible poids interdisant toute utilisation en dehors des eaux calmes.

— Six canots pneumatiques (de 10 ou 6 places) dont trois constituaient l'armement de la *Boussole* et un celui du *Corail*.

Ces embarcations étaient équipées d'un moteur hors bord de 20 CV, dont la Mission et ses bâtiments possédaient treize exemplaires. Ce matériel souffre énormément des conditions d'emploi (débarquement sur des récifs coralliens, séjour prolongé sur des plages de sable...) surtout lorsqu'il n'est pas supporté par un bâtiment-base susceptible de fournir les meilleures conditions d'entretien.

Le mauvais état général de ce matériel indispensable aux travaux et les difficultés de son entretien ont été incontestablement les causes de nombreuses pertes de temps.

(*) Cf. Rapport de M. Cailliau — *Annales Hydrographiques* — Tome XVII — Année 1971, pages 1 à 43.

(**) Cf. Rapport de M. Blavin — *Annales Hydrographiques* — 5^e série — Volume III, n° 742, fascicule 1-1975.

2.2. Véhicules.

La Mission a disposé en permanence des véhicules suivants :

- Une Renault 4 double pont type Sinpar.
- Deux camions Saviem TP3.

Ce parc de véhicules, bien qu'en bon état général, était mal adapté aux besoins :

Une mission telle que la M.H.N.C. devrait disposer de véhicules « tous terrains » d'une taille intermédiaire : la Renault 4 est en effet d'une capacité trop faible et ne possède pas les qualités de robustesse d'un véritable véhicule « tous terrains » et les camions Saviem nécessitent l'emploi de conducteurs « poids lourds », dont les sujétions de formation doivent être supportées par la Mission.

Cependant, la situation de la zone de travail à proximité de Nouméa n'a pas fait apparaître de façon marquante ces inconvénients.

2.3. Moyens occasionnels.

La Mission a pu utiliser de façon occasionnelle des moyens mis à sa disposition par la Marine en Nouvelle-Calédonie. Ainsi, l'E.D.I.C. a assuré le transport du personnel et du matériel à l'île Ouvéa, des LCM ont été utilisés pour des transports dans le lagon et le concours du Patrouilleur *La Bayonnaise* a été obtenu pour l'opération de géodésie dans la zone du Grand Récif Sud.

Par ailleurs, les avions DC3 et DC4, de la Section de Liaison en Nouvelle-Calédonie ont été utilisés pour transports (Iles Loyauté), photographie aérienne ou certaines recherches à vue.

3. LOCAUX.

La Mission disposait de locaux à l'intérieur de la Base de la Marine à la Pointe Chaleix : bureaux, salles de dessin, magasins bien adaptés, pour la plupart, si l'on excepte le magasin destiné au matériel commun, beaucoup trop exigu pour permettre un stockage et une manipulation convenables.

4. MATÉRIEL.

4.1. Matériel spécifique.

Il a donné en général toute satisfaction, à la fois par sa qualité et par la quantité disponible néces-

saire, compte-tenu des délais importants des transports avec la métropole.

4.2. Sondeurs.

La Mission disposait du matériel suivant :

— Un sondeur Elac Deneb, installé à bord de la *Boussole* et destiné aux sondages par grands fonds. Cet appareil a continué à présenter les défauts déjà décrits auparavant (*).

— Un sondeur « grands-fonds » Kelvin Hugues type MS 26 H, également installé à bord de la *Boussole*, et dont le fonctionnement a été en général correct, compte tenu des performances limitées de ce matériel.

— Des sondeurs « petits fonds » Kelvin Hugues MS 26 F, montés sur la *Boussole* et sur vedettes, le *Corail* et en « hord bord » sur les youyous. Ce matériel, en général vétuste, a été remplacé progressivement par des sondeurs modernes Atlas Krupp type DESO 10, NUBS 12 pour la Marine, qui ont donné satisfaction.

L'équipement radio de base en opération de sondage était constitué par des émetteurs-récepteurs ANPRC/10, qui ont donné lieu à de nombreux déboires dûs, outre la vétusté du matériel, à sa complexité trop grande et à sa fiabilité trop faible dans les conditions très dures de son emploi. Leur remplacement progressif par des E/R type TRPP 11 et TRPP 13, plus modernes et plus robustes était en cours à la fin de la période que couvre le présent rapport.

Par ailleurs, en plus de ceux qui équipaient la *Boussole* et le *Corail*, trois émetteurs-récepteurs à Blü type TRMM 3 A, alimentés sur batteries, pouvaient être installés sur les vedettes ou à terre à la disposition des équipes isolées. Ce matériel a très bien fonctionné.

5. CONDITIONS D'EXÉCUTION DES TRAVAUX — MÉTHODES DE TRAVAIL.

5.1. Nature du terrain — Conditions climatiques

La nature du terrain et les conditions climatiques ont été décrites par mes prédécesseurs (**). La période considérée a été caractérisée par une assez nette constance de l'Alizé. Quelques périodes ont cependant été marquées par des coups de vent d'Ouest, toujours gênants dans la région.

(*) Rapport de M. Boulard — Mission Hydrographique de Polynésie Française (1969-1970), *Annales hydrographiques*, 4^e série, T. XVIII, 1972.

(**) Rapports de MM. Cailliau (déjà cité), Pérez (1968-1970, *Annales Hydrographiques*, Tome XVII, Année 1971, pp. 45-113), Blavin (déjà cité).

Dans la majeure partie du temps, la mer était assez agitée (creux de l'ordre d'un à deux mètres dans la journée).

La forte dépression tropicale « Ida » est passée le 3 juin 1972 à proximité de la zone de travail de la Mission, qui opérait à Ouvéa. D'autres menaces de cyclones (particulièrement au début de l'année 1972) ont également perturbé l'activité de la Mission.

5.2. Géodésie.

5.2.1. Système employé.

Tous les calculs ont été effectués dans le système M.T.U., fuseau M.T.U., fuseau 58, ellipsoïde international, hémisphère Sud.

La triangulation s'est appuyée sur le canevas géodésique de l'I.G.N. D'une façon générale, les minutes ont été rédigées et les coordonnées des points calculées dans le système I.G.N. 1972 (*). Seules ont été rédigées dans l'ancien système géodésique (I.G.N. 1954 ou I.G.N. 1969), les minutes déjà commencées dans ce système (cas de la zone située à l'Est de l'île Ouen), ou celles qui concernent une zone très localisée (sondages dans le port de Nouméa), ceci pour des raisons d'homogénéité avec les documents existants. De toutes manières, étant donné l'échelle des documents rédigés le passage d'un système à l'autre peut se faire sans erreur appréciable par une simple translation (*).

Les corrections angulaires finies ont été prises en compte dans tous les cas où elles étaient significatives. Les calculs ont été tous effectués par la Mission à l'exception de ceux de la triangulation du Grand Récif Sud qui ont été effectués par l'Institut Géographique National sur la demande de l'E.P.S.H.O.M. compte tenu du nombre de compensations nécessaires.

5.2.2. Méthode.

A l'exception de la triangulation du Grand Récif Sud, les points ont été observés de façon classique par relèvements directs et inverses à l'aide de visées au théodolite T2 ou T3 à 2, 4 ou 8 tours suivant les cas. Un grand nombre de points secondaires (destinés notamment à la topographie) ont été obtenus par relèvement et distance observés au telluromètre.

5.2.3. Bornage.

Dans la mesure du possible, les points importants ont été bornés de façon définitive par scellement d'un repère dans un rocher ou une dalle de corail

(*) Cf. Rapport de M. Blavin (déjà cité).

stable. Sur les îlots de sable, on a utilisé soit un fût de 200 litres, rempli de ciment et de rochers, totalement enfoui dans le sol et muni d'un repère scellé, soit une borne de béton armé coulé dans une buse et ancré dans le sol par une dalle et des fers à béton. Le bornage des points les plus importants a été systématiquement doublé ou même triplé.

5.3. Nivellement — Marée.

La marée a été observée à l'aide de marégraphes enregistreurs OTT R16. Une échelle permettait le calage de l'instrument.

Les zéros de réduction des sondes ont été en général déterminés par concordance avec la marée observée à Nouméa, dont l'observatoire est décrit dans le rapport de M. Cailliau.

Aucun rattachement des zéros de réduction des sondes aux bornes ou repères du nivellement général de la Nouvelle-Calédonie (N.G.N.C.) n'a pu être effectué en raison de la distance qui les séparait (*).

A proximité de chaque observatoire, plusieurs repères de nivellement ont été systématiquement mis en place pour matérialiser le niveau de réduction des sondes. Les opérations de nivellement ont été exécutées à l'aide d'un niveau automatique Wild NAK 2.

La Mission a également suivi de près les observations de marée effectuées à Paagoumène au cours des sondages côtiers réalisés par la société Toper de Nouméa pour le compte de la Cofremmi. La description de l'observatoire figure dans l'annexe II.

5.4. Sondages.

La localisation des embarcations et des bâtiments a toujours été assurée par des théodolites installés à terre (radioguidage); je me suis, à cet égard, conformé à l'expérience de mes prédécesseurs; dans la quasi-totalité des cas, 3 relèvements simultanés étaient observés.

L'étalonnage du sondeur était effectué au début et en fin de séance à l'aide d'une barre métallique immergée sous les bases à des profondeurs connues variant entre 5 et 25 mètres. L'expérience a prouvé que les résultats de cette méthode employée seule sont souvent difficiles à interpréter, voire même parfois incohérents (ceci est particulièrement net lorsqu'on utilise le sondeur Atlas Deso 10, beaucoup plus performant que le sondeur Kelvin-Hugues MS 26 F), du fait des difficultés à maintenir la barre sous les bases lorsqu'il y a tant soit peu de dérive

(*) Certains repères des missions antérieures de la M.H.N.C. ont été cependant rattachés par divers organismes au Nivellement Général de la Nouvelle-Calédonie (N.G.N.C.) (cf. annexe III).

(que ce soit à bord de la *Boussole*, du *Corail* ou d'une embarcation). Nous avons alors été conduits à doubler l'étalonnage classique par une détermination indirecte de la vitesse du son dans l'eau, par mesure des caractéristiques physiques de cette dernière, c'est-à-dire essentiellement de sa température. Les corrections étaient déduites de façon statistique et critique des éléments obtenus par tous les étalonnages effectués dans une zone donnée pendant une période où les conditions étaient homogènes. On s'est assuré par ailleurs, par des coupes bathythermographiques que ces conditions étaient également homogènes depuis la surface jusqu'au fond, ce qui justifiait l'adoption d'une correction uniquement proportionnelle à la profondeur (à une constante près). Pour des raisons de continuité, les corrections d'étalonnage ont été utilisées même dans les quelques zones du lagon où le fond est supérieur à 50 mètres.

5.5. Recherches de roches.

Dans des régions coralliennes au relief aussi tourmenté, tout relèvement « anormal » du fond était systématiquement exploré; dans certaines zones, ceci nous a conduit à un très grand nombre de recherches (plus de 60 dans une seule minute au 1/10 000). Les recherches en spirale étaient le plus souvent précédées d'une exploration systématique à une échelle très grande (1/2 000 ou plus). Selon les cas, les recherches ont été rédigées soit à une échelle égale à celle du levé soit à l'échelle de 1/2 000 sur des minutes séparées.

Dans certains cas, la recherche en spirale a été remplacée ou complétée par une recherche par plongeurs, souvent plus rapide et de toute façon plus sûre et plus précise.

Faute de disposer simultanément de 2 remorqueurs appropriés (en l'occurrence les vedettes de la *Boussole*), il n'a pas été possible de contrôler les sondages par dragage hydrographique. Il faut remarquer, à ce sujet, que de telles opérations sont très délicates dans une grande partie de la zone levée : les conditions météorologiques sont en effet le plus souvent trop défavorables pour utiliser des embarcations aussi petites et l'étale de courant est de très courte durée.

5.6. Rédaction.

Les méthodes classiques ont été employées; la construction était faite le plus souvent à l'aide d'échelles de tangentes entièrement calculées.

Ainsi qu'il l'était admis pour la M.H.N.C., le trait de côte a été reproduit sur la plupart des minutes de rédaction, ce qui satisfait les utilisateurs immédiats (Phares et Balises, Pilotage, notamment).

5.7. Topographie.

La topographie (trait de côte, récifs), a été le plus souvent restituée à partir des photographies aériennes disponibles (couverture SOFRATOP ou I.G.N.) au 1/20 000, photographies prises spécialement, à des époques diverses, pour la Mission, par les avions de la Section de Liaison en Nouvelle-Calédonie, à l'échelle du 1/10 000 ou du 1/20 000 et même du 1/30 000. Elles étaient vérifiées par la détermination de points de calage en nombre surabondant et réalisées par l'emploi de la chambre claire ou du Stéréotop Zeiss.

La méthode utilisée et l'étude systématique des photographies sur le terrain conduisent à affirmer que la précision du trait de côte déterminé par la Mission est supérieure à celle du trait de côte qui figure sur les cartes I.G.N.; les discordances éventuelles concernent soit des zones d'interprétation délicate sur les photographies aériennes, soit des falaises dont le pied n'apparaît pas sur les photographies.

Les difficultés de débarquement sur des zones souvent battues par la mer et difficiles d'accès, la superficie énorme et le caractère très tourmenté de certains récifs n'ont pas permis de différencier, dans la majeure partie des cas, les parties découvrantes des récifs de celles toujours immergées.

5.8. Magnétisme.

La déclinaison magnétique a été observée en un certain nombre de points à l'aide du théodolite boussole Wild T0 ou T16 (prêté par la S.L.N.). Dans la majorité des cas, les mesures ont été réduites à l'aide de la courbe diurne observée en un point voisin de la zone, pendant une période supérieure à 24 heures.

5.9. Courantométrie.

Des mesures de courant ont été effectuées, à l'immersion 5 mètres, à l'aide de courantographes Mécaboliér 1 203 B, pendant des périodes de 25 ou 50 heures; elles ont été rattachées aux observations de marée de la zone.

5.10. Toponymie.

La toponymie a été reportée sur les minutes de topographie. Les noms utilisés sont ceux qui figurent sur la carte I.G.N. au 1/50 000.

DEUXIÈME PARTIE

TRAVAUX EFFECTUÉS

Du mois de janvier 1972 au mois de mai 1974, la Mission Hydrographique de Nouvelle-Calédonie a effectué les travaux suivants (voir fig. 1) :

1. Au Sud de la Grande Terre.

1. Levé dans le canal de la Havannah.
2. Levé topographique des baies du Prony et de Port Boisé.

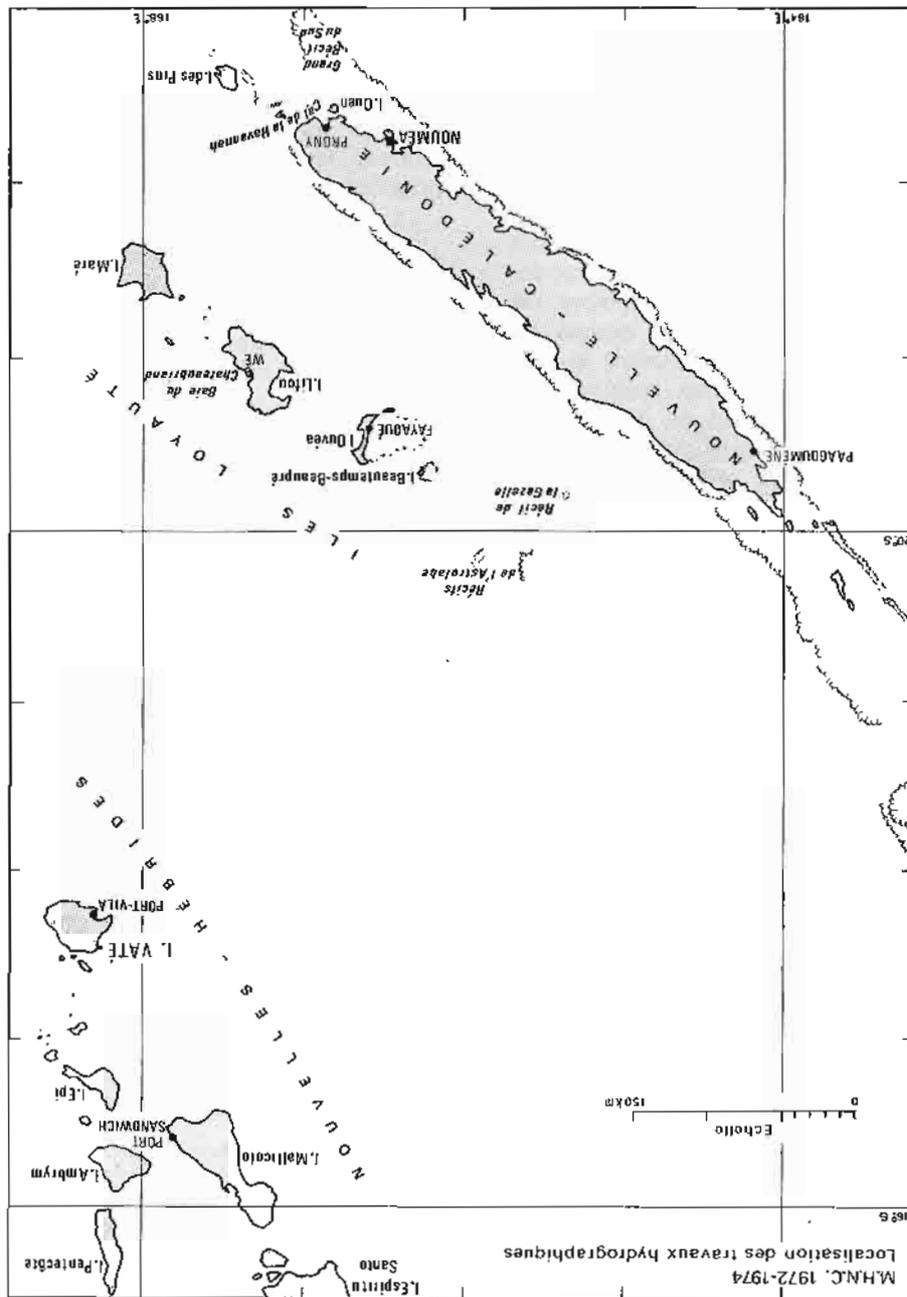


FIG. 1

3. Levé des baies de Port Koubé et de Port Koutouré sur la côte de l'île Ouen.
4. Levé d'une partie du lagon s'étendant de Nouméa à l'île Ouen.
5. Levé des baies Ouie, Ngo et des Pirogues.
6. Sondages et topographie dans le port de Nouméa.
7. Triangulation des îlots du grand récif Sud et de l'île des Pins.

II. Dans les îles Loyauté.

1. Levé d'un beaching à l'île Ouvéa devant Fa-yaoué.

2. Topographie en baie du Chateaubriand dans l'île Lifou.

III. Aux Nouvelles-Hébrides.

- Levé expéditif à Port Sandwich dans l'île de Mallicolo.

IV. Hors de la Nouvelle-Calédonie.

1. Profils de sonde au cours de traversées de la *Boussole*.
2. Recherche du haut-fond de la *Gazelle*.
3. Campagne océanographique *Vaté*, en collaboration avec le centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa.

CHAPITRE I

SUD DE LA GRANDE-TERRE

A. GÉNÉRALITÉS.

- A.1. La région considérée est caractérisée par :
- l'étendue importante du lagon : au Sud de

Nouméa, le récif barrière se trouve à 12 ou 13 milles au moins de la Grande-Terre. Le Grand Récif Sud s'étend jusqu'à plus de 35 milles au Sud de l'île Ouen.

- Les conditions de mer : le lagon se creuse

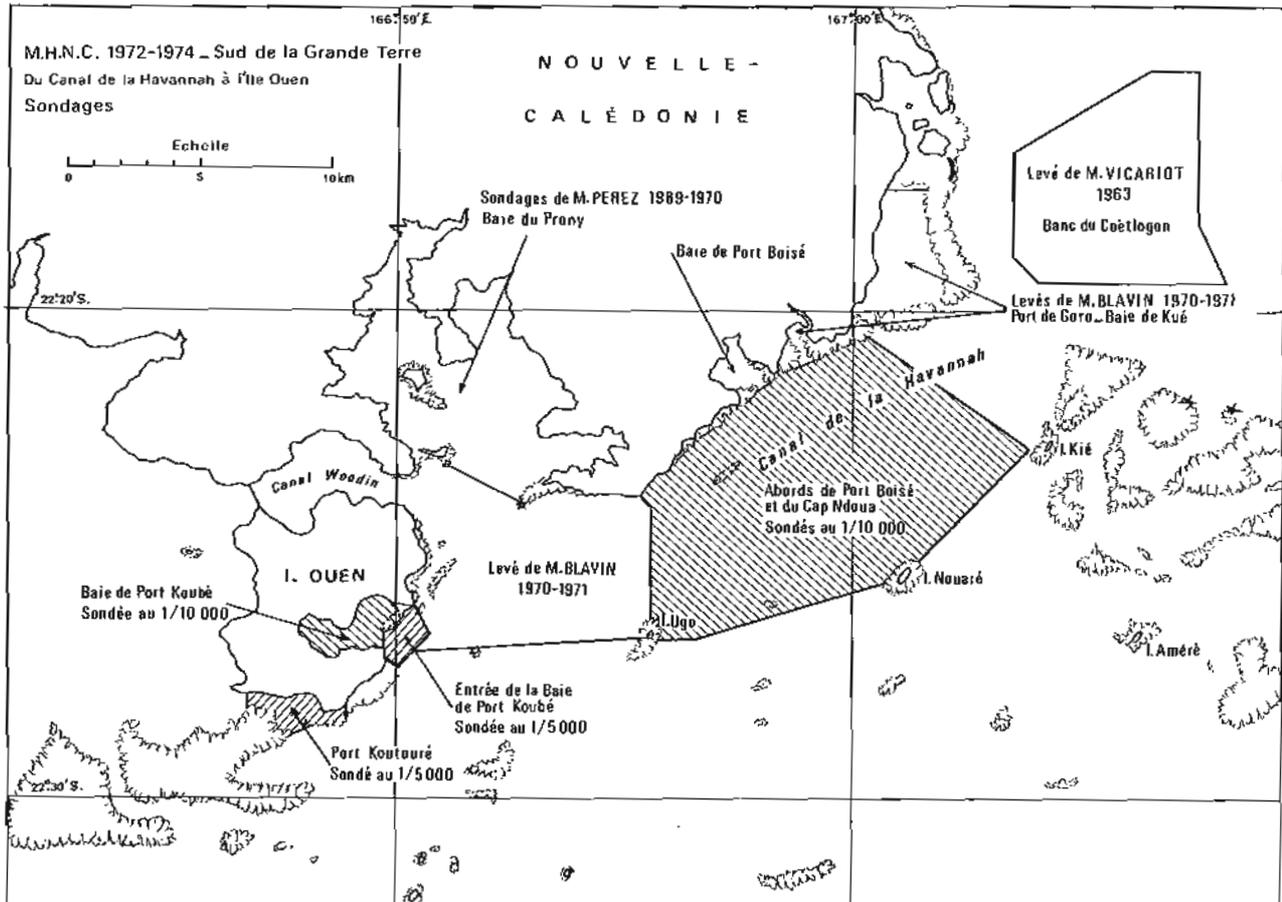


FIG. 2

sous l'effet de l'alizé qui souffle très fréquemment jusqu'à 20 nœuds.

— La topographie sous-marine très tourmentée, surtout à l'Est de l'île Ouen.

— les courants de marée violents (pouvant atteindre 4 à 5 nœuds) qui règnent dans le canal de la Havannah et le canal Woodin.

Ces conditions défavorables à l'exécution des travaux à la mer sont surtout sensibles dans la zone située à l'Est de l'île Ouen, moins protégée. Par ailleurs, de nombreux grains viennent fréquemment interrompre la visibilité dans cette région très pluvieuse.

Le travail a ainsi été constamment perturbé, tout particulièrement au cours des recherches de hauts-fonds, extrêmement nombreuses (plus de 100) dans la zone levée dans le canal de la Havannah (voir fig. 2).

A.2. Géodésie :

L'état de la couverture géodésique et les problèmes posés par la découverte d'une erreur dans la mesure de la base I.G.N. de la Tontouta ont déjà été exposés (*). La Mission a disposé rapidement des répertoires de points calculés dans le système

(*) Rapport de M. Blavin (déjà cité).

I.G.N. 1972. Ces points ont été utilisés pour la triangulation, à l'exception des zones où le travail avait déjà été commencé, à savoir :

- levé dans le canal de la Havannah;
- topographie des baies du Prony et de Port-Boisé;
- sondages de la baie et de l'entrée de Port-Koubé;
- sondages et topographie du port de Nouméa; où l'ancien système (sous l'appellation I.G.N. 1954) a été utilisé.

1. CANAL DE LA HAVANNAH (figure 2).

1.1. Géodésie.

Les travaux dans cette zone avaient été commencés par mon prédécesseur (sondages réguliers, ainsi que quelques recherches de hauts-fonds et une partie de la topographie). De ce fait, nous avons continué à utiliser le système I.G.N. 1954 (plus précisément I.G.N. 1969). Les points utilisés sont ceux déterminés par la Mission de M. Blavin.

La figure 3 et le tableau I récapitulent les positions.

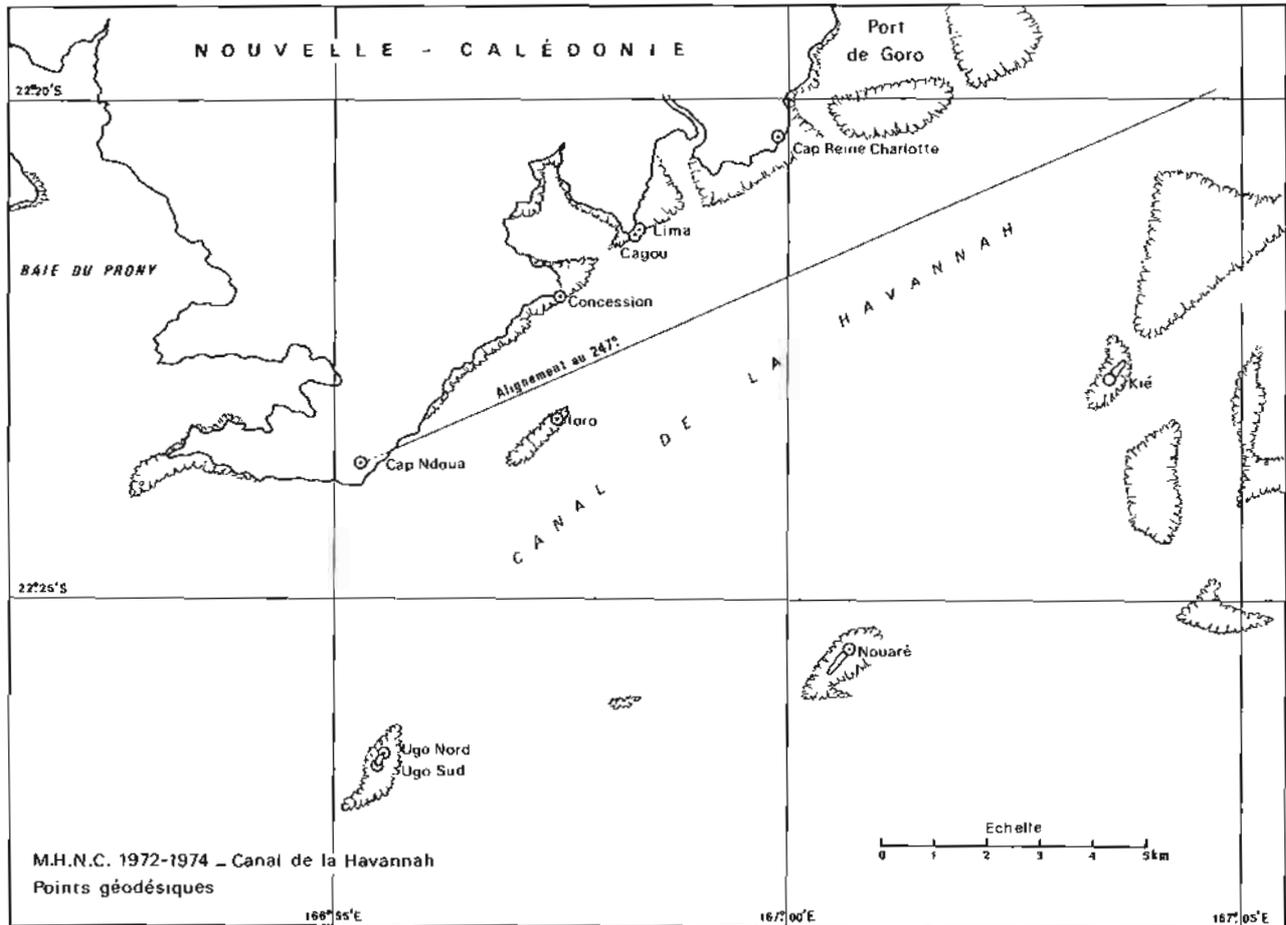


FIG. 3

Tableau I

Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C. - Canal de la Havannah
Projection M.T.U. — fuseau 58 — système I.G.N. 1969

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
<i>Alignement au 247° du Cap Ndoua</i>				
Feu postérieur	Axe lanterne	697 794,20	7 522 306,39	Pt IGN 37-25 (ordre 2)
"	Croix gravée dans le soubassement du feu	697 795,72	7 522 306,56	Station de radioguidage
Feu intermédiaire	Axe	698 238,59	7 522 485,73	Station de radioguidage
"	Cornière en fer	698 241,6	7 522 484,9	
Feu antérieur	Axe	698 402,05	7 522 551,55	
Balises	Pyramide peinte en blanc	698 395,11	7 522 548,49	
Balise	" " "	698 121,32	7 522 438,71	
<i>Ilot Ugo</i>				
Repère M.H.N.C. Nord	Douille scellée dans une borne	698 241,73	7 516 815,15	Disparue en 1972
"	Clou dans une souche	698 243,76	7 516 811,66	Station de radioguidage
Repère M.H.N.C. Sud	Douille scellée dans une borne	698 063,89	7 516 500,39	
<i>Tourelle Ioro</i>	Axe lanterne	701 455,60	7 523 045,90	Amer
<i>Pointe de la Concession</i>	Douille scellée dans rocher	701 539,12	7 525 283,95	MHNC 1970
<i>Cagou</i>	MHNC 1973	703 061,84	7 526 446,95	Station de radioguidage
<i>Pointe Puka (Mima)</i>	Douille scellée dans rocher	703 111,10	7 526 545,49	MHNC 1970
<i>Cap Reine Charlotte</i>	Borne MHNC (1971)	705 734,90	7 528 023,45	
<i>Ilot Nouaré</i>	Borne MHNC (1971)	706 996,45	7 518 726,80	
"	Pyramide	706 996,43	7 518 726,85	
<i>Ilot Kié</i>	Borne MHNC (1971)	711 974,87	7 523 632,05	
"	Pyramide	711 974,77	7 523 632,09	

1.2. Marée.

Le rapport de M. Blavin fait le point sur la progression de la marée dans la zone considérée. Les sondages ont été réduits de la marée observée

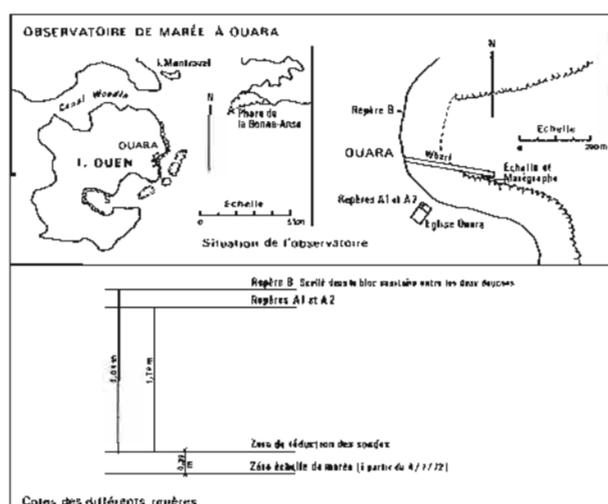


FIG. 4

à Ouara (côte Est de l'île Ouen). La description de l'observatoire de marée utilisé à partir du 4 juillet 1972 fait l'objet de la figure 4. Le zéro de réduction des sondes est celui qui avait été déterminé par la Mission de M. Blavin. La marée n'a été systématiquement observée que pendant les périodes de travaux (sondages, mesures de courants) dans la zone.

Quelques sondages déjà rédigés par mon prédécesseur avaient été réduits de la marée observée à Goro (cf. rapport de M. Blavin). La rédaction a été conservée telle quelle : l'étude, dans le rapport précité, de la propagation de la marée dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie montre qu'il n'en résulte pas d'erreur sensible.

1.3. Sondages (figure 5).

Les sondages ont été effectués à l'échelle de 1/10 000 (écartement des profils 100 m). Les profils de sonde ont été fréquemment resserrés à 20 m, ou même moins, dans les zones où avaient été reconnus ou « pressentis » des hauts-fonds. Cinq de

ces recherches ont été rédigées à l'échelle de 1/2 000. Les autres recherches (très nombreuses) ont été construites directement à l'échelle de 1/10 000 et ont donné lieu à l'établissement de deux minutes au 1/10 000 ; toutes les têtes ont été reportées sur les minutes principales.

1.4. Topographie.

La topographie du trait de côte et des récifs a été établie par les méthodes classiques contrôlées par l'emploi des photographies aériennes (levé SOFRATOP de 1969 au 1/20 000 et levé spécialement exécuté pour la M.H.N.C. par la section de Liaison de Nouvelle-Calédonie au 1/10 000, le long de la côte).

1.5. Mesures de courant.

Des stations de courantométrie ont été effectuées aux emplacements situés sur la figure 5, à l'aide du courantomètre Mécabofier 1203 B à enregistrement photographique. L'immersion était de 5 mètres. Toutes les mesures ont porté sur une durée égale au moins à 50 heures. Elles portent en ce qui concerne la zone intéressée sur les périodes suivantes (*) :

Les résultats sommaires de ces mesures figurent au tableau II ci-après.

Une étude générale sur les courants de marée dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie sera donnée en complément du présent rapport.

1.6. Natures de fond.

Les natures de fond ont été prises dans la zone ainsi que dans le canal Woodin à l'aide d'une benne preneuse à griffes, prêtée par l'O.R.S.T.O.M. Les échantillons recueillis ont été remis au centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa (laboratoire de géologie) pour analyse sédimentologique. Les déterminations ont été faites aux nœuds d'un carroyage de 1 mille de côté.

1.7. Documents établis.

- 75.4.1. B10¹ Bathymétrie « abords de Port Boisé » au 1/10 000.
 75.4.2. B10² Bathymétrie « abords de Port Boisé » au 1/10 000.
 75.4.3. B10 Bathymétrie « cap Ndoua » au 1/10 000.

Position	φ	G	Début (T.U. + 11)	Fin (T.U. + 11)	Observation	Référence S.H.O.M.
Canal de la Havannah Point A	22° 21' 59" S	167° 01' 34" E	29.08.72 16h00	01.09.72 08h00	marée moyenne	575
Point A'	22° 21' 08" S	167° 01' 30" E	10.10.72 18h00	13.10.72 06h00	"	578
Canal de la Havannah Point B	22° 23' 04" S	166° 58' 06" E	29.08.72 15h00	01.09.72 08h00	"	576
Point B	22° 23' 02" S	166° 58' 07" E	10.10.72 16h00	13.10.72 07h00	"	579
Sud cap Ndoua Point C	22° 25' 19" S	166° 54' 43" E	05.07.72 08h00	07.07.72 11h00	M.E	569
Entrée Canal Woodin Point D	22° 24' 21" "	166° 51' 21" "	18.07.72 10h00	20.07.72 12h00	M.E	570
Point D	22° 24' 22" "	166° 51' 07" "	26.07.72 08h00	28.07.72 11h00	marée moyenne	571

(*) Les positions φ et G indiqués sont en système I.G.N. 1972.

Tableau II

Courant de Marée Havannah — Entrée du canal Woodin — Résultats des observations

Point d'observation	Coefficient moyen (à Brest)	Flot			Jusant			Observations
		Heure (*)	V (**)	D	Heure (*)	V (**)	D	
Canal de la Havannah A	62	PM-1h	2,2	215°	PM+5h30	0,5	035°	Courant de caractère nettement alternatif
" A	81	PM-1h	2,7	220°	PM+5h	1,1	030°	
" A'	64	PM-1h	2,2	205°	PM+4h	0,8	030°	
" A'	74	PM-1h30	2	205°	PM+4h	1	030°	
" B	62	PM-2h	1,1	230°	PM+4h	0,1	100°	
" B	65	PM-2h30	0,9	230°	PM+3h30	0,3	040°	
" B'	75	PM-2h30	0,5	230°	PM+3h	0,4	015°	Composante giratoire marquée en période de jusant
" B'	80	PM-3h	1,3	230°	PM+4h	0,3	000°	
" B'	80	PM-3h	1,3	230°	PM+4h	0,3	000°	
Sud cap N'Doua C	58	PM-1h30	0,3	250°	PM+4h	0,2	090°	Courant giratoire assez marqué surtout en période de flot
" C	59	PM-1h30	0,4	225°	PM+4h30	0,3	110°	
Entrée Est Canal Woodin D	37	PM-2h	0,2	285°	PM+5h	0,3	135°	"
" Woodin D	45	PM-1h30	0,3	280°	PM+4h30	0,2	140°	"
" D'	82	PM-4h30	0,9	320°	PM+2h	0,3	145°	Courant de caractère nettement alternatif
" D	88	PM-3h30	0,9	320°	PM+1h30	0,3	145°	

(*) Heure donnée par rapport à la pleine mer de Nouméa.

(**) en noeuds.

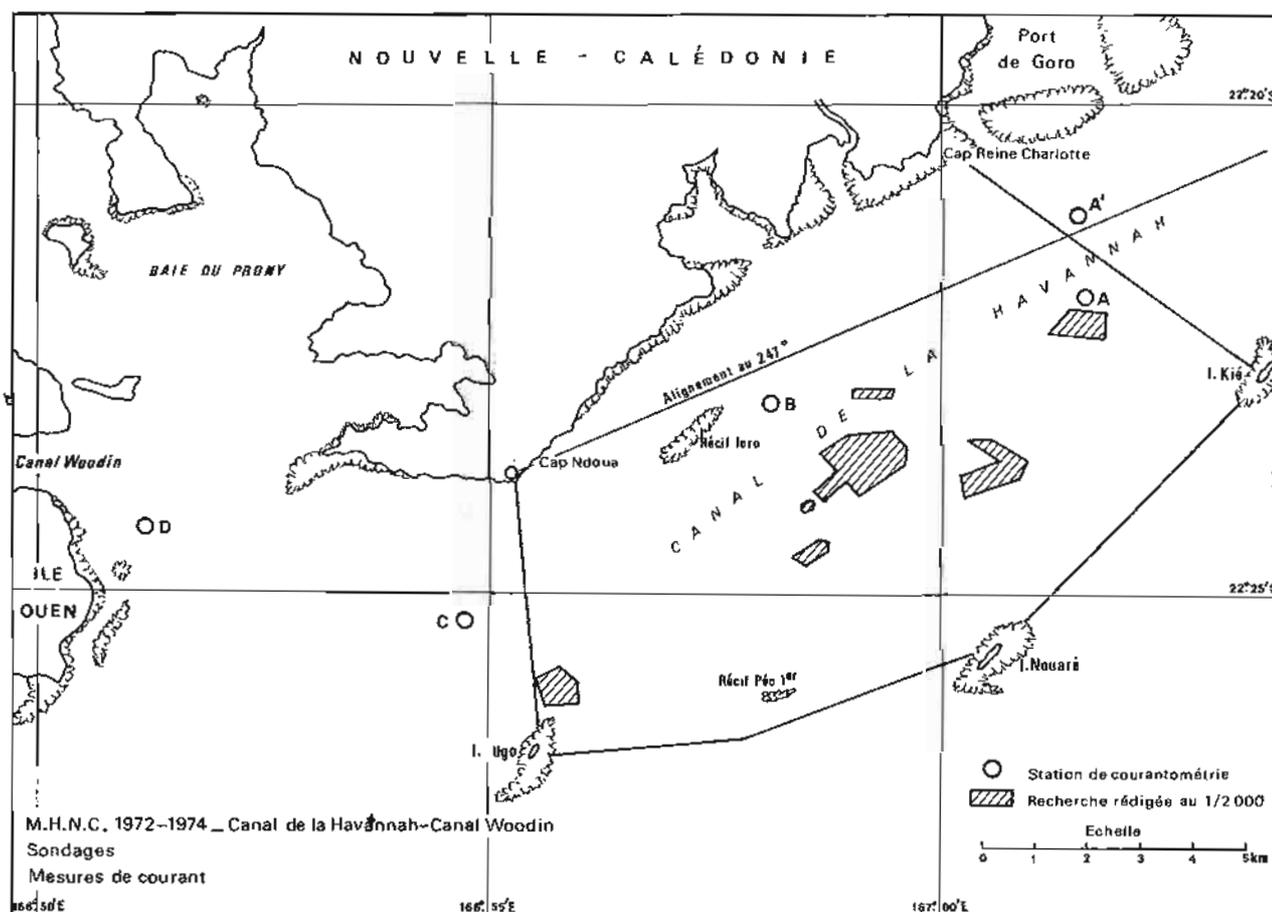


FIG. 5

- 75.4.14. R10 Recherches de hauts-fonds « abords de Port Boisé » au 1/10 000.
- 75.4.15. R10 Recherches de hauts-fonds « cap Ndoua » au 1/10 000.
- 75.4.9. B2¹ Recherches de hauts-fonds « banc de Chambeyron » au 1/2 000.
- 75.4.8. R2 Bathymétrie « banc de Ionontéa » au 1/2 000.
- 75.4.10. B2² Recherches de hauts-fonds « abords de Port Boisé » au 1/2 000.
- 75.4.11. B2³ Recherches de hauts-fonds « abords de Port Boisé » au 1/2 000.
- 75.4.12. R2 Recherches de hauts-fonds « cap Ndoua » au 1/2 000.
- 75.4.6. T10 Topographie « îlot Nouaré » au 1/10 000.
- 75.4.18. NF25 Natures de fond « canal de la Havannah » au 1/25 000.
- 75.4.16. NF10 Natures de fond « canal Woodin » au 1/10 000.

1.8. Comparaison avec les documents existants (carte 1856).

1.8.1. Généralités :

Les sondes portées sur la carte 1856 sont en général trop fortes dans la partie Sud de la zone : c'est ainsi qu'il n'existe pas de fonds supérieurs à 60 m dans l'intérieur du triangle défini par les points : cap Ndoua, îlots Ugo et Nouaré.

1.8.2. Hauts-fonds connus.

a) la basse Chambeyron a été cotée 2,5 m, contre 4,5 sur la carte. Elle se trouve 500 m au N.N.W. de la position portée sur la carte ;

b) le banc Ionontéa a été coté 1,5 m. La position générale indiquée sur la carte est correcte, mais le récif se prolonge vers le S.W. par une série de hauts-fonds dont le plus éloigné a été coté 4,8 m et se trouve à 900 m environ dans le 230° du point coté 1,8 m du banc porté sur la carte ;

c) le danger isolé non coté situé au Sud du banc Ionontéa a été coté 2,2 m. Il se trouve à 150 m environ plus au Nord que la position portée sur la carte ;

d) le haut-fond coté 18 m au N.E. de l'îlot Ugo a été trouvé à 14,4 m ;

e) le haut-fond coté 9 m dans le prolongement N.E. du banc Ionontéa a été trouvé à 5,1 m.

i) le haut-fond coté 8,5 m situé au Nord de ce dernier haut-fond a été trouvé à 5,4 m ;

g) le haut-fond coté 12 m au Nord de la basse Chambeyron a été trouvé à 10,4 m ;

h) la « tête » Ouest des bancs de Kié a été retrouvée sensiblement à la même position que sur la carte et a été cotée 3,9 m ;

i) le haut fond coté 8,5 m situé au Nord de ce dernier haut-fond a été retrouvé à 8,0 m, à une position située à 150 m environ au S.S.E. de cette portée sur la carte.

1.8.3. Hauts-fonds nouveaux.

a) un haut-fond de 16,2 m a été trouvé à proximité de l'alignement au 247° du cap Ndoua au Sud du cap Reine Charlotte ;

b) les bancs de Kié sont en fait beaucoup plus étendus que ne l'indique la carte. Une ligne de hauts-fonds a été trouvée dans le S.W. de la tête découvriante des bancs (cotée 0,9 sur la carte). La tête la plus au Sud a été cotée 6,9 m et se trouve à 1 900 m de ce fond découvriant ;

c) un haut-fond de 8,3 m a été trouvé à 1 200 m environ dans le 70° du point coté 4,5 m de la basse Chambeyron tel qu'il figure sur la carte ;

d) un haut-fond de 10,8 m a été trouvé à 1 000 m environ dans le 280° de ce même point ;

e) un haut-fond de 12,8 m a été trouvé à 1 500 m environ dans le 217° de ce même point ;

f) un haut-fond de 6,9 m a été trouvé entre le récif Péo 1^{er} et l'îlot Ugo.

1.8.4. Hauts-fonds non retrouvés.

Le haut-fond de 8, 9 m objet de l'avis 71 3133 « situé à 2,05 milles dans le 165° du phare du cap Ndoua » n'a pas été retrouvé malgré une recherche (non rédigée) sur profils resserrés dans une zone sensiblement carrée de 700 m de côté, centrée sur le point présumé. Les fonds moyens dans la zone étant de 50 m et les profils étant espacés d'une trentaine de mètres et ayant été effectués dans 2 directions sensiblement perpendiculaires, il est probable que si le haut-fond existe, la position indiquée est erronée. Cette opinion est renforcée par le fait que le point indiqué se trouve dans une zone draguée à 10 m par les Américains au cours de la dernière guerre. Bien entendu, seul un dragage, qui n'a pu être effectué faute de moyens, pourrait permettre de conclure dans le sens d'une suppression de ce haut-fond sur la carte.

1.8.5. Positions géographiques.

Les longitudes de la carte 1856 doivent être diminuées d'environ 1 minute.

2. BAIES DU PRONY ET DE PORT-BOISÉ.

Les sondages de ces deux baies avaient été réalisés en 1969-1970 (*), mais le levé topographique n'en avait pas été effectué. La Mission a exécuté les travaux respectivement en novembre-décembre 1972 et en avril 1973.

La *Boussole* servait de support à l'équipe chargée du levé de la baie du Prony, du fait des grandes dimensions de cette dernière. Par contre, le levé de la baie de Port Boisé, beaucoup plus petite, a pu être effectué par une équipe autonome venue par voie de terre.

(*) Cf rapport de M. Pérez (déjà cité).

2.1. Géodésie.

La plupart des signaux posés en 1970 dans la baie du Prony avaient disparu, et il a fallu rééquiper le terrain : l'allure de la côte très découpée a imposé l'équipement de nombreux points, dont l'implantation est située sur la figure 6 et la liste au tableau III.

L'équipement du terrain en baie de Port Boisé a été plus réduit, étant donné l'allure plus régulière de la côte (voir fig. 6 et tableau IV).

Les calculs ont été effectués dans le système

I.G.N. 1954 (1969), pour des raisons d'homogénéité avec les levés existants.

2.2. Topographie.

Nous avons employé pour l'exécution du levé un compromis entre la méthode classique et la restitution des photographies aériennes disponibles : les stations de topographie étaient placées par relèvements issus des points triangulés et espacées d'une distance comprise entre 1 et 2 cm à l'échelle de la rédaction. Chaque fois que cela était possible, la station était « piquée » sur les photographies

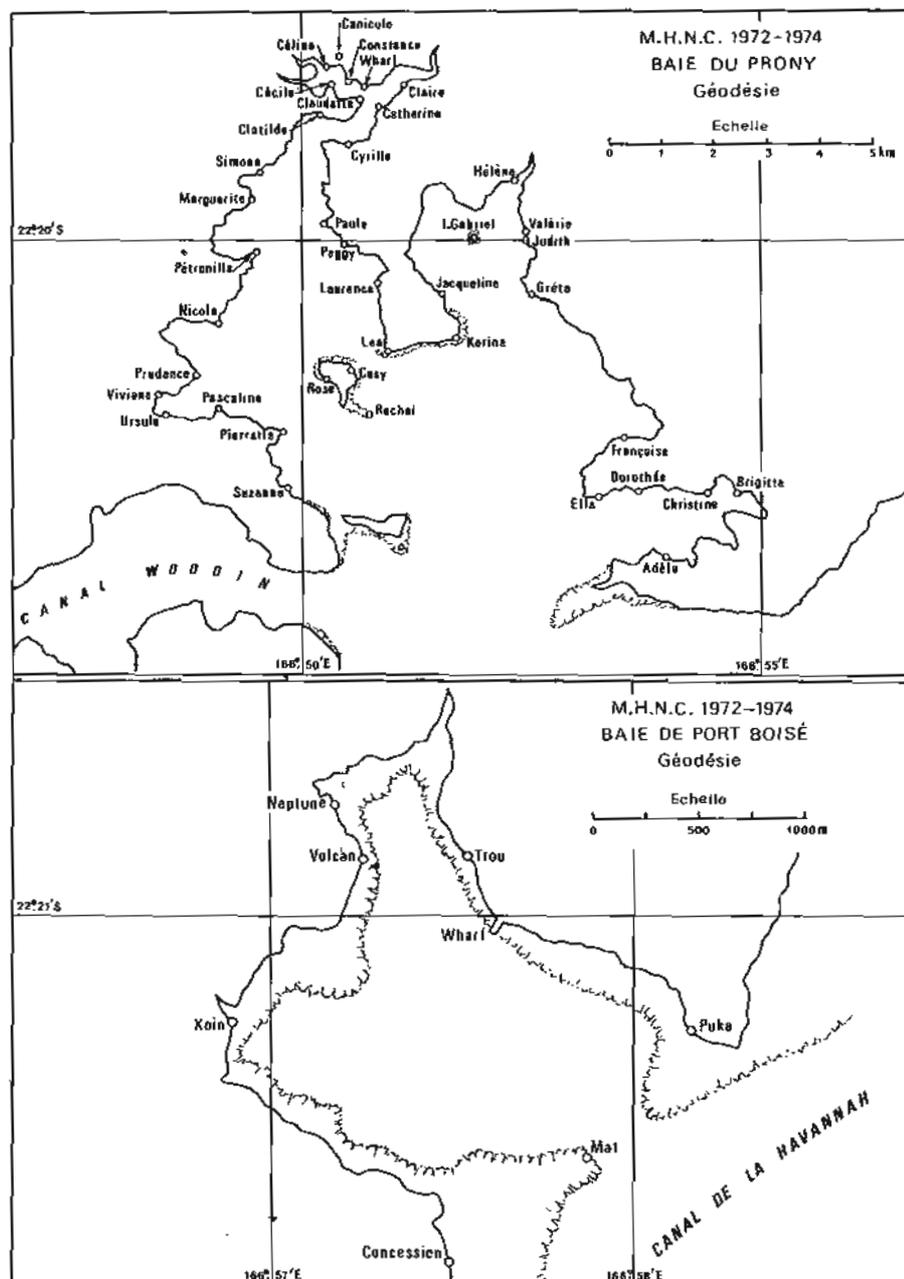


FIG. 6

Tableau III
Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C.
Baie du Prony
 Projection M.T.U. — Fuseau 58 — système I.G.N. 1969

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
Adèle	(signal)	695 628,40	7 523 048,30	Croisillon
Brigitte	(signal)	696 867,61	7 524 182,50	Croisillon
Christine	(signal)	696 373,10	7 524 142,35	Croisillon
Dorothée	(signal)	695 007,05	7 524 223,82	Croisillon
Ella	(signal)	694 313,93	7 524 097,40	Croisillon
Françoise	(station)	694 812,08	7 525 248,46	Piquet en fer
Gréta	(signal)	693 130,75	7 527 907,47	Croisillon
Judith	(signal)	690 912,03	7 529 103,64	
Valérie	(signal)	692 921,50	7 529 033,55	Croisillon
Hélène	(signal)	692 870,11	7 530 134,61	Planche clouée sur arbre
Ilot Gabriel	(signal)	692 056,92	7 528 902,71	Croisillon
Jacqueline	(signal)	691 481,99	7 527 958,00	
Karine	(signal)	691 732,6	7 527 184,5	Croisillon
Léa	(signal)	690 379,97	7 526 885,15	
Casy	(signal M.H.N.C. 72)	689 722,03	7 526 665,97	Croisillon
Laurence	(station)	690 196,31	7 528 130,70	Piquet en fer
Peggy	(station)	689 621,34	7 528 902,08	
Paule	(station)	689 207,90	7 529 347,80	Piquet en fer
Cyrille	(station)	689 806,02	7 530 897,53	Piquet en fer
Catherine	(station)	690 276,17	7 531 609,33	Piquet en fer
Claire	(station)	690 759,96	7 531 977,87	
Wharf	(station)	690 085,05	7 532 055,96	
"	(signal)	690 084,85	7 532 055,13	Croisillon
Constance	(station)	689 723,53	7 532 019,59	
Canicule	(station)	689 528,30	7 532 504,85	
Céline	(station)	689 280,20	7 532 308,72	
Cécile	(station)	689 434,85	7 532 038,36	
Claudette	(station)	689 962,00	7 531 754,45	
Clotilde	(station)	689 196,71	7 531 420,68	
Simone	(station)	687 964,27	7 530 321,10	
Marguerite	(station n° 1)	687 897,17	7 529 818,83	Piquet en fer
"	(station n° 2)	687 893,62	7 529 821,51	
Pétronille	(signal)	688 027,79	7 528 924,80	Croisillon
Nicole	(station)	687 129,70	7 527 439,45	Piquet en fer
Prudence	(signal)	686 782,86	7 526 589,88	Croisillon
Prudence	rocher	686 849,96	7 526 587,55	
Viviane	(station)	686 064,59	7 526 197,38	
Ursula	(station)	686 246,68	7 525 798,10	
Pascaline	(station)	687 206,50	7 525 970,07	
"	(signal)	687 221,27	7 525 971,03	Croisillon
Rose	(station)	689 166,88	7 526 409,88	Piquet en fer
Rachel	(signal)	689 862,00	7 525 784,34	Croisillon
Pierrette	(signal)	688 409,84	7 525 495,05	Piquet en fer
Suzanne	(station)	688 721,00	7 524 199,62	Piquet en fer

Tableau IV

*Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C.
Baie de Port-Boisé
Projection M.T.U. — Fuseau 58 — système I.G.N. 1969*

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
Puka	station M.H.N.C. 1969	702 800,8	7 526 505,3	piquet en fer point M.H.N.C. 1969
"	signal	702 800,1	7 526 506,7	
Wharf	station M.H.N.C. 73	701 865,42	7 526 998,20	
Trou	station et signal	701 757,70	7 527 364,90	
Volcan	station et signal	701 282,55	7 527 349,75	
Neptune	signal et station	701 166,10	7 527 597,10	
Koin	station et signal	700 681,35	7 526 604,25	
La Concession	repère M.H.N.C. 1973	701 663,17	7 525 401,78	borne + douille point M.H.N.C. 1969
"	signal M.H.N.C. 1969	701 660,5	7 525 403,7	
Mât	tétrapode en fer	702 301,79	7 525 944,76	

Tableau V

*Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C.
Baie de Port Koubé
Projection M.T.U. — Fuseau 58 — système I.G.N. 1969*

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
Fer	station M.H.N.C. 1972	689 280,50	7 517 806,86	douille
	signal M.H.N.C. 1970	689 281,00	7 517 807,86	croisillon
Anjou	station M.H.N.C. 1972	688 641,4	7 517 878,1	piquet en fer
	signal M.H.N.C. 1970	688 681,44	7 517 864,71	croisillon
Berry	station M.H.N.C. 1972	687 108,3	7 517 465,2	piquet en fer
	signal M.H.N.C. 1970	687 097,85	7 517 426,57	croisillon
Cantal	signal M.H.N.C. 1970	686 372,14	7 517 145,28	croisillon
Dauphiné	station M.H.N.C. 1970	686 067,24	7 517 376,35	bonde scellée
	signal	686 071,97	7 517 376,68	croisillon
	station M.H.N.C. 1972	686 069,71	7 517 374,82	
Franche-Comté	station M.H.N.C. 1970	685 328,06	7 516 605,35	bonde scellée
	signal	685 334,12	7 516 614,91	croisillon
Gâtinais	repère M.H.N.C. 1970	687 010,00	7 516 376,40	bonde scellée
	signal M.H.N.C. 1972	687 010,66	7 516 386,18	croisillon
	station excentrée 1972	687 010,00	7 516 373,90	
Jura (Pte Koué)	station M.H.N.C. 1970	688 218,55	7 516 359,16	bonde scellée
	signal M.H.N.C. 1970	688 217,43	7 516 358,92	croisillon
Lot	station M.H.N.C. 1972	688 260,6	7 515 741,4	
	signal M.H.N.C. 1972	688 263,5	7 515 744,5	croisillon

aériennes, ce qui permettait ainsi une restitution très correcte, malgré les distorsions assez importantes de certaines photographies et leur petite échelle (1/20 000). Les récifs ont été restitués à partir des photographies aériennes ainsi calées.

L'échelle de la rédaction a été celle des sondages

adjacents (1/1 000 dans la baie du Carénage, 1/5 000 dans le Grand-Port, 1/10 000 ailleurs).

La baie de Port Boisé a été levée avec les mêmes méthodes. L'échelle de la rédaction a été le 1/5 000, comme celle des sondages existants.

Tableau VI
Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C.
Port Koutouré
 Projection M.T.U. — Fuseau 58 — système I.G.N 1972

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
Tortue (Pte Nokoué)	station MHNC 1970	682 492,85	7 514 869,35	bonde scellée
	signal " 1973	682 493,83	7 514 868,85	croisillon
Ilot Mato	repère M.H.N.C. 1973	683 942,23	7 504 837,67	tube en fonte scellé
	signal	683 941,33	7 504 837,98	pyramide
Ilot Uo	repère M.H.N.C.	681 593,49	7 508 420,51	
	signal	681 592,66	7 508 416,76	croisillon
Erquy	station	682 831,73	7 514 693,12	piquet en fer
Fréhel	station	682 962,16	7 514 637,18	piquet en fer
	signal	682 964,41	7 514 635,69	croisillon
Guingamp	station	683 416,53	7 514 597,08	piquet en fer
	signal	683 418,57	7 514 596,15	croisillon
Hennebont	station	683 686,38	7 514 555,59	piquet en fer
	signal	683 687,82	7 514 556,46	croisillon
Inizan	station	684 175,45	7 514 475,49	piquet en fer
	signal	684 176,32	7 514 478,43	croisillon
Josselin	station	684 500,68	7 514 434,95	piquet en fer
	signal	684 500,60	7 514 433,30	croisillon
Kerlouan	station	684 924,87	7 514 569,29	piquet en fer
	signal	683 923,00	7 514 570,05	croisillon
Morgat	station	685 286,09	7 514 653,97	piquet en fer
	signal	685 288,28	7 514 654,57	croisillon
Quessant	station	685 666,78	7 514 245,68	piquet en fer
	signal	685 666,60	7 514 243,15	croisillon
Plougastel	station	685 815,60	7 513 951,75	repère scellé dans le rocher
	signal	685 817,93	7 513 952,59	croisillon
Quimper	station	686 120,50	7 513 941,60	
	signal	686 120,30	7 513 943,20	
Rodian	station	686 670,70	7 514 062,20	
	signal	686 671,80	7 514 065,10	
Sarthe	station	686 806,10	7 514 273,90	
	signal	686 806,00	7 514 274,40	
Tarn	station	687 061,65	7 514 652,80	
	signal	687 062,50	7 514 655,70	
Vannes	station	687 273,30	7 514 912,50	
	signal	687 277,95	7 514 923,50	
Waterloo	station	687 650,75	7 515 110,00	
	signal	687 652,25	7 515 110,05	
Trafalgar	station	687 857,10	7 515 414,10	
	signal	687 857,10	7 515 415,45	

2.3. Natures de fond.

A la demande du Laboratoire de Géologie du Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa, des prises d'échantillons du fond ont été effectuées par la *Boussole* dans la baie du Prony à l'aide d'une benne preneuse à griffes. On a reporté les natures du fond ainsi déterminées sur les minutes de topographie.

2.4. Documents établis.

- 73.13.1. T1¹ :
Topographie baie du Carénage au 1/1 000.
- 73.13.2. T1² :
Topographie baie du Carénage au 1/1 000.
- 73.13.3. T1³ :
Topographie baie du Carénage au 1/1 000.
- 73.13.4. T1⁴ :
Topographie baie du Carénage au 1/1 000.
- 73.13.5. T5¹ :
Topographie baie du Prony (Grand-Port) au 1/5 000
- 73.13.6. T5² :
Topographie baie du Prony (Grand-Port) au 1/5 000

- 73.13.7. NF-T10¹ :
Topographie et natures de fond baie du Prony au 1/10 000
- 73.13.8. NF-T10² :
Topographie et natures de fond baie du Prony au 1/10 000
- 73.13.9. T5 :
Topographie baie de Port Boisé au 1/5 000.

3. ILE OUEN : BAIES DE PORT Koubé ET DE PORT KOUTOURÉ.

Les travaux en baie de Port Koubé avaient été entamés par mon prédécesseur (*) (géodésie et début des sondages). Aussi le travail dans cette zone a-t-il consisté à terminer le levé en s'appuyant sur les résultats déjà obtenus.

3.1. Géodésie.

L'équipement du terrain était en place dans la baie de Port Koubé; nous nous sommes contentés

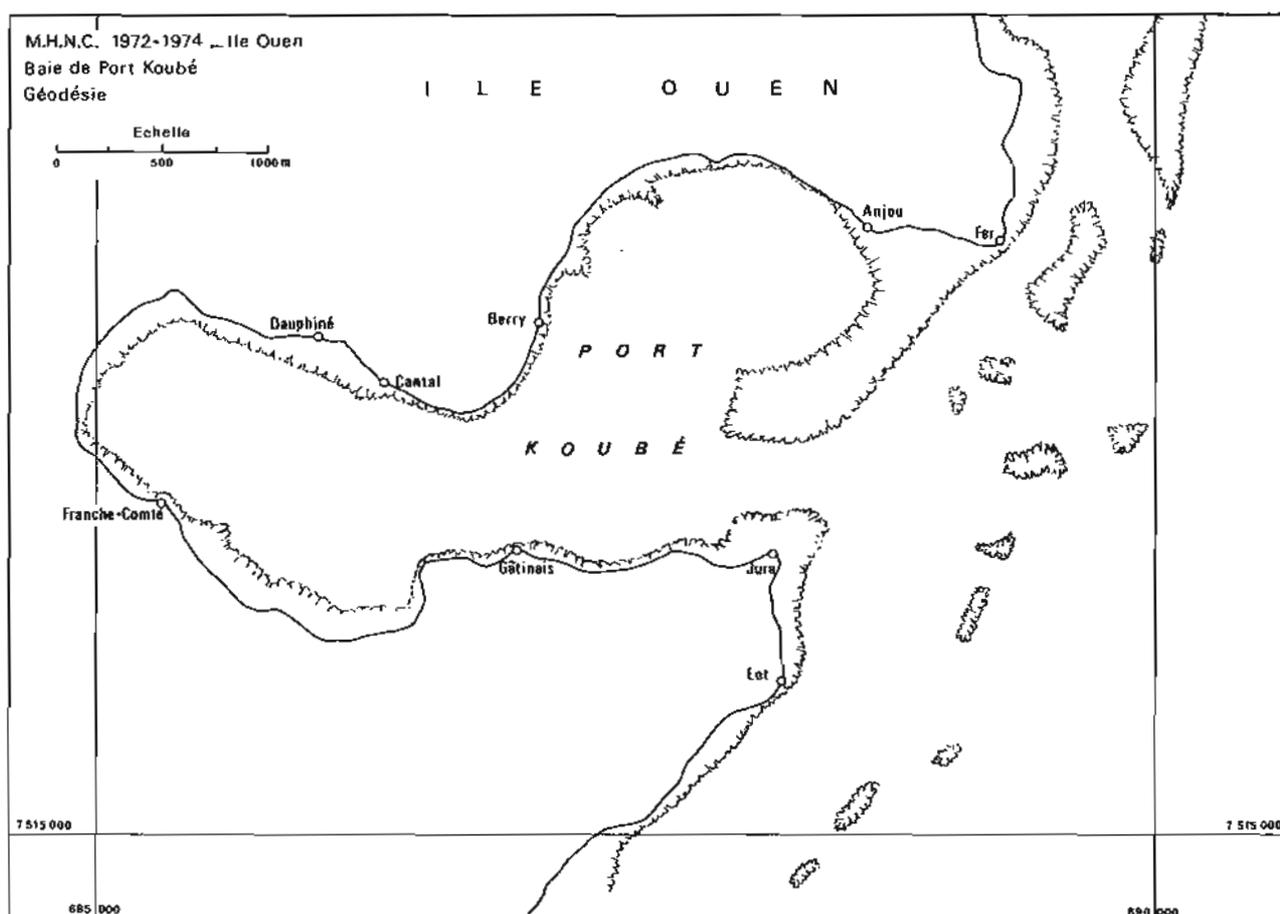


FIG. 7

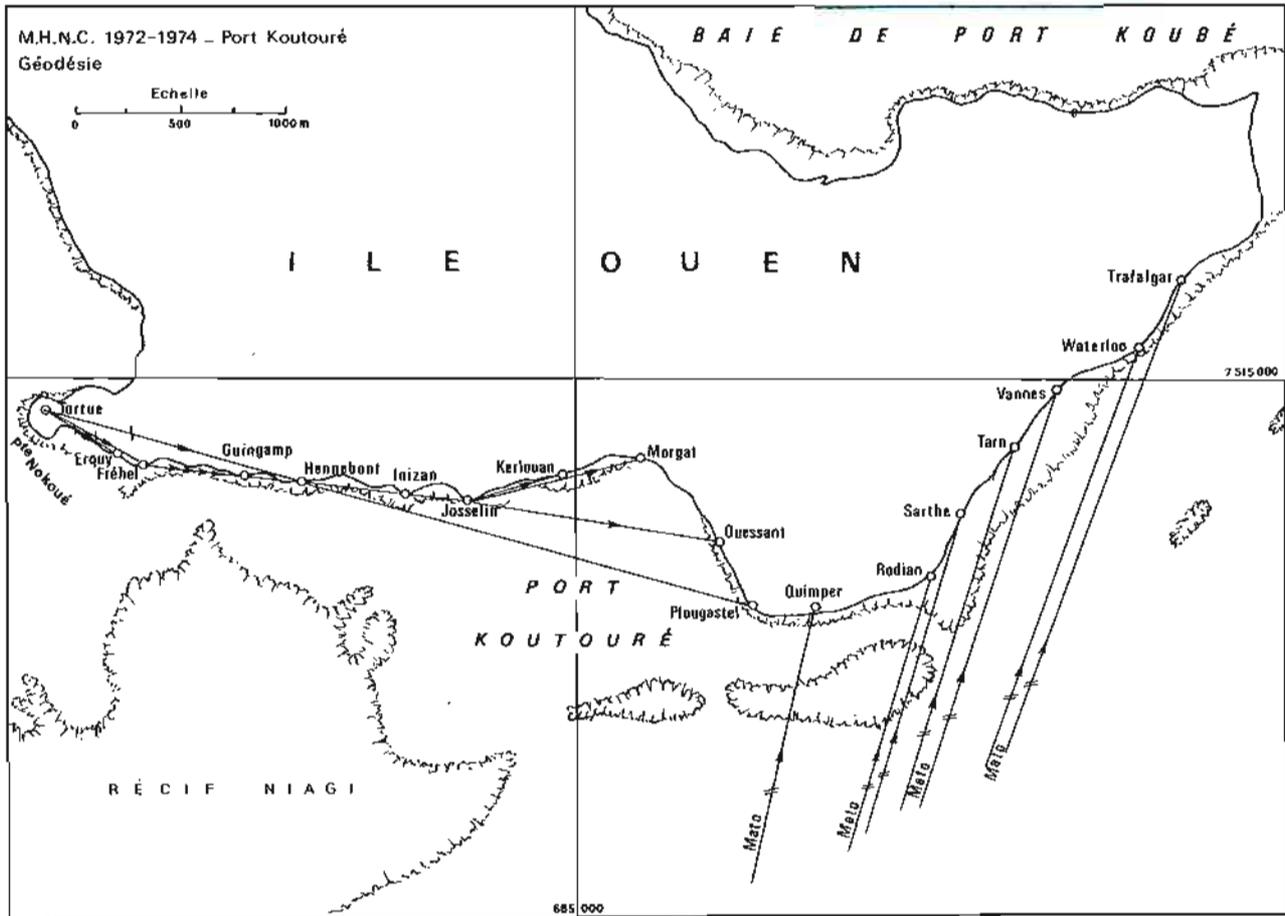


FIG. 8

d'utiliser les données existantes (*), ce qui a impliqué l'utilisation du système géodésique I.G.N. 1954 (modifié 1969).

La triangulation de Port Koutouré est en revanche originale. Le point « Tortue », réobservé et recalculé en coordonnées système I.G.N. 1972, a été utilisé comme « pivot » du canevas géodésique à partir duquel les autres points ont été déterminés par gisement et distance observée au telluromètre. Des relèvements directs et inverses et des distances ont en outre été observés de Mato, Uo et du Cap Ndoua.

Les tableaux V et VI donnent la liste des points utilisés respectivement dans les baies de Port Koubé et de Port Koutouré et les figures 7 et 8 en schématisent l'implantation.

3.2. Marée — Nivellement.

La marée observée à Ouara (voir fig. 4) a servi à la réduction des sondages exécutés dans l'entrée et l'intérieur de la baie de Port Koubé

A Port Koutouré, la marée a été observée du 1^{er} au 7 décembre 1973 sur un marégraphe implanté

(*) Rapport de M. Blavin (déjà cité).

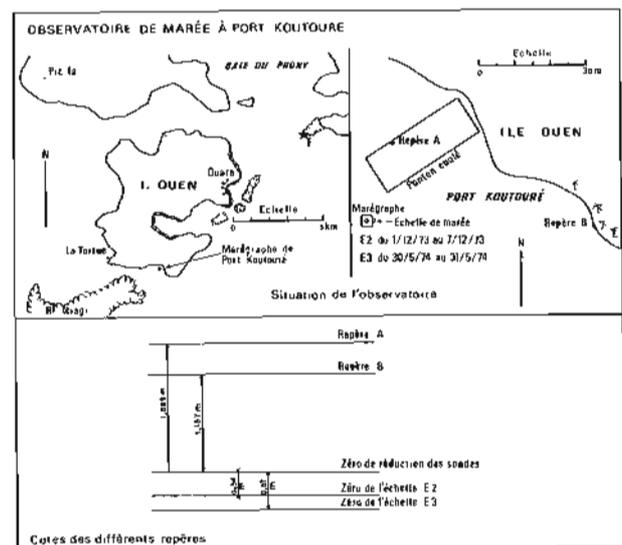


FIG. 9

au fond de la baie. La figure 9 donne la description de l'observatoire et des repères de nivellement. Le zéro de réduction des sondes a été obtenu par concordance avec la marée observée au marégraphe de la Tortue (*).

(*) Cf. rapport de M. Blavin (déjà cité) pour la description de cet observatoire.

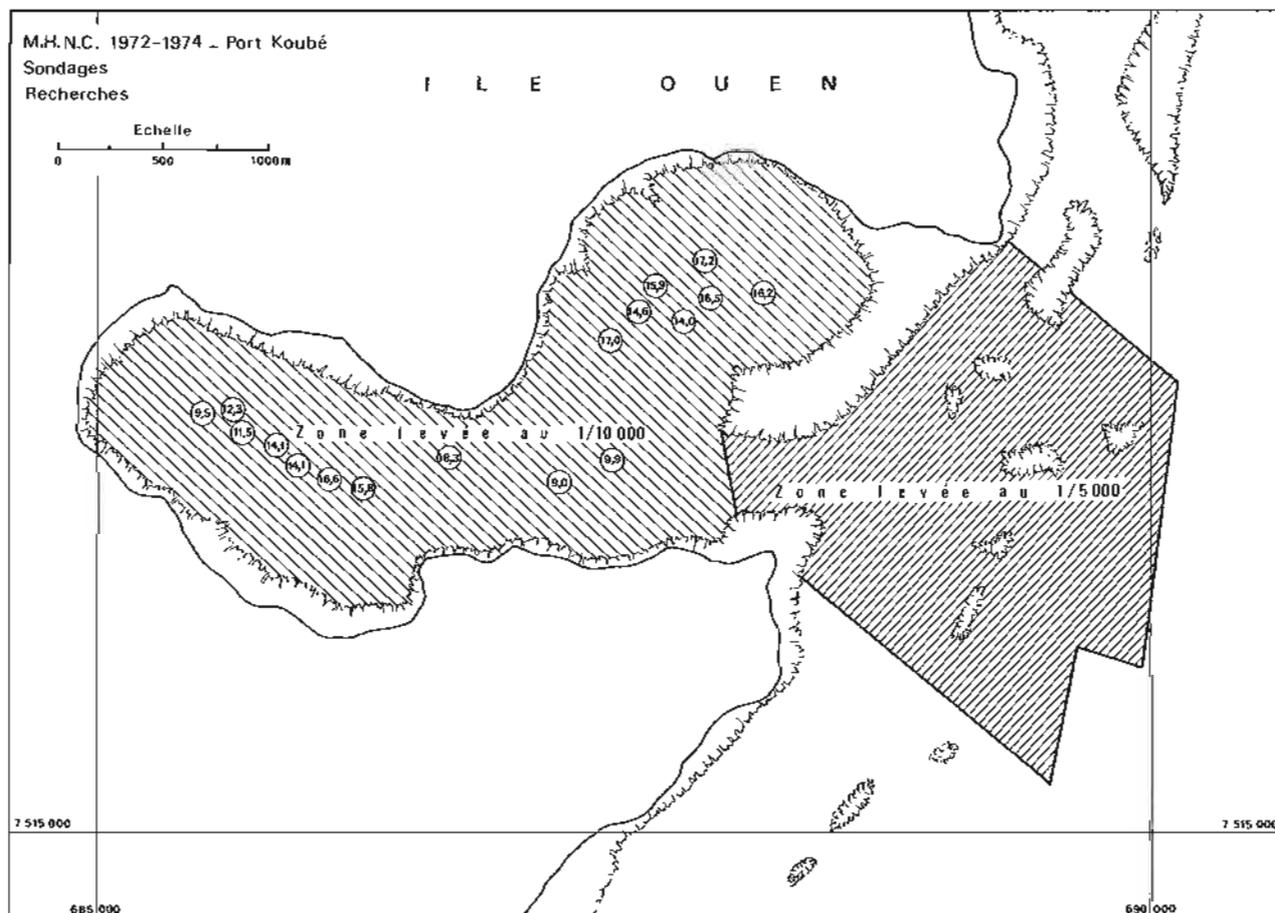


FIG. 10

Une zone de marée particulière a été utilisée pour la réduction des sondages effectués dans le chenal qui sépare l'île Ouen du récif Niagi et où règne un fort courant de marée. La marée utilisée est simplement la moyenne des hauteurs obtenues simultanément sur les marégraphes de Port Koutouré et de la Tortue.

La marée à Port Koutouré est très voisine de celle observée à Ouara : le rapport des amplitudes est pratiquement égal à 1 (concordance effectuée sur 12 pleines mers et 12 basses mers) et le déphasage des pleines et basses mers entre les deux ports est faible (légèrement fluctuant entre ± 10 mn environ).

3.3. Sondages (voir figures 10 et 11).

— L'entrée de la baie de Port Koubé a été sondée en vedette à l'échelle de 1/5 000 (écartement des profils : 50 m).

Le levé n'a donné lieu à aucune recherche de haut-fond.

La baie proprement dite a été sondée en vedette suivant des profils guidés par la station « Gatinais »,

donc assez divergents. L'écartement des profils au milieu de la baie est d'environ 50 m. La rédaction a été effectuée au 1/10 000.

Les sondages ont donné lieu à des recherches de hauts-fonds qui ont été confirmées par plongeurs. Elles ont été construites et rédigées à l'échelle du 1/10 000 également.

— La baie de Port Koutouré et le chenal entre l'île Ouen et le récif Niagi ont été sondés à l'échelle du 1/5 000 (écartement des profils 50 m). Les sondages de la baie proprement dite (zone 1) ont été réduits de la marée observée sur le marégraphe installé au fond de la baie. Ceux du chenal (zone 2) ont été réduits d'une marée définie par le calcul (moyenne des hauteurs lues simultanément sur les marégraphes de Tortue et de Port Koutouré. Les recherches de hauts-fonds décelés par le levé régulier ont été effectuées et ont été rédigées directement sur la minute de bathymétrie.

3.4. Topographie.

La topographie de la côte entre la pointe Nokoué (Tortue) et la baie de Port Koubé (incluse) a été

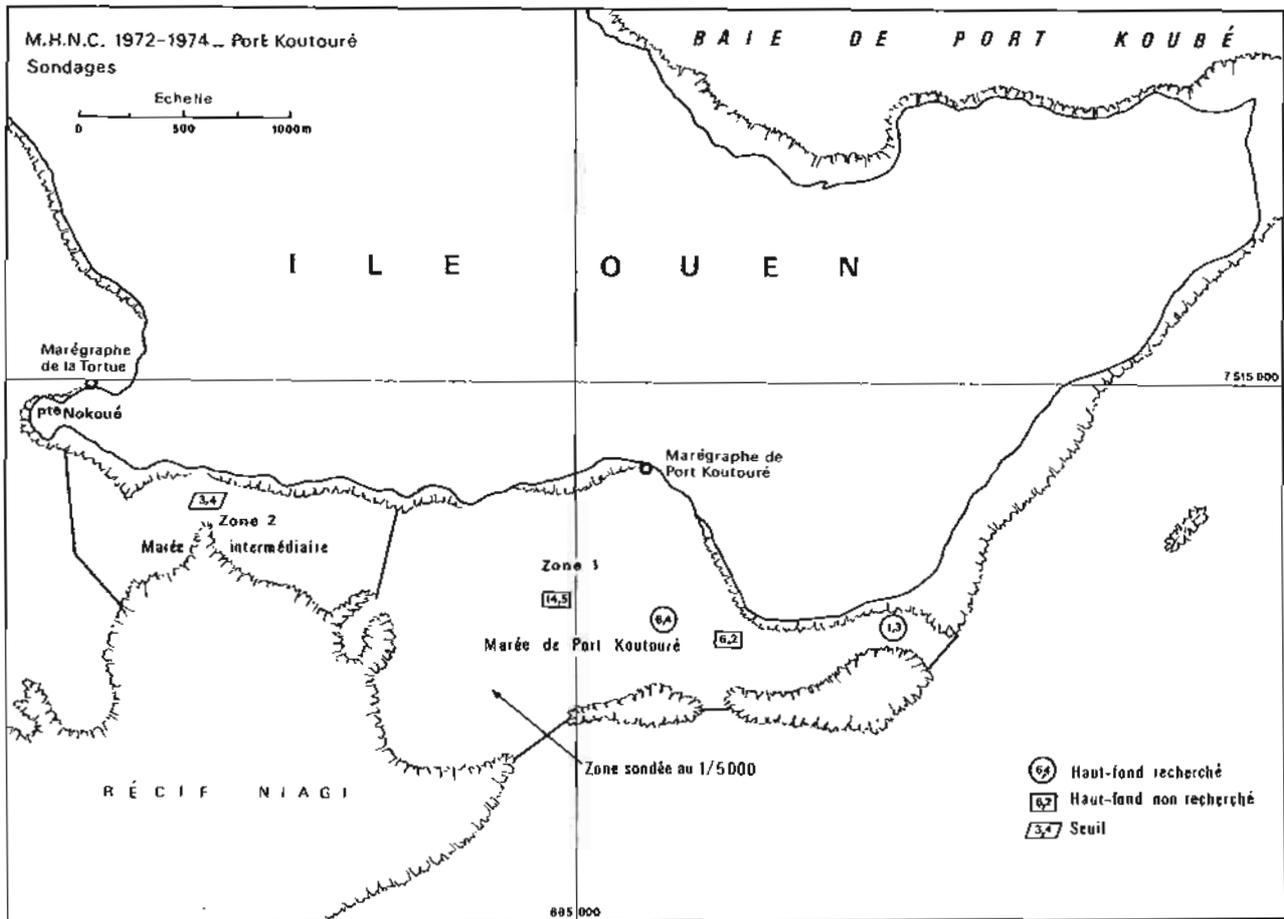


FIG. 11

réalisée par piquage d'un grand nombre de points sur les photographies aériennes disponibles (levé SOFRATOP 1969 au 1/20 000) et restitution par la chambre claire ou le Stéoréotop Zeiss (calé empiriquement). Plusieurs points ont été piqués sur les récifs adjacents.

L'échelle de rédaction de la topographie est de 1/10 000. Le système géodésique est l'I.G.N. 1972 (y compris pour Port Koubé).

3.5. Mesures de courant.

Aucune mesure de courant n'a été effectuée dans ces zones.

3.6. Natures de fond.

Les natures de fond ont été déterminées dans la baie et l'entrée de Port Koubé à l'aide du plomb suiffé. Elles n'ont pas été déterminées dans la baie de Port Koutouré.

3.7. Documents établis.

- 75.4.4. BT5 :
Bathymétrie et topographie « accès de Port Koubé » au 1/5 000.
- 75.4.5. B10 :
Bathymétrie « Port Koubé » au 1/10 000.
- 75.4.13. R10 :
Recherches de hauts-fonds Port Koubé au 1/10 000
- 75.5.1. B5 :
Bathymétrie « Port Koutouré » au 1/5 000.
- 75.5.11. T10¹ :
Topographie « Ile Ouen » au 1/10 000.

3.8. Comparaison avec les documents existants (plan de l'Ile Ouen au 1/25 000, n° 1845).

3.8.1. Sondes.

— Port Koubé (voir fig. 10).

De nombreuses têtes ont été trouvées dans la baie; les fonds environnants ont de valeurs com-

parables à celles des sondes qui figurent sur le plan en service. Les recherches effectuées au sondeur et avec le concours de plongeurs ont révélé une topographie très complexe de ces groupes de hauts-fonds.

— Port Koutouré (voir fig. 11).

Une seule tête a fait l'objet de recherches; son brassiage a été trouvé égal à 6,4 m, dans une zone où la carte indique des fonds supérieurs à 10 m. Au centre de la baie, le fond se relève à 14,5 m, là où la carte porte des sondes supérieures à 15 m. Par ailleurs, le seuil du chenal situé entre l'île Ouen et le récif Niagi a été trouvé à 3,4 m, alors que la carte porte des fonds supérieurs à 5 m.

3.8.2. Topographie.

Sans être grossièrement erronée, la topographie du trait de côte n'est pas conforme à la réalité, aussi bien à Port Koubé qu'à Port Koutouré.

4. ABORDS SUD-EST DE NOUMÉA.

La figure 12 indique les zones sondées et les échelles de la rédaction.

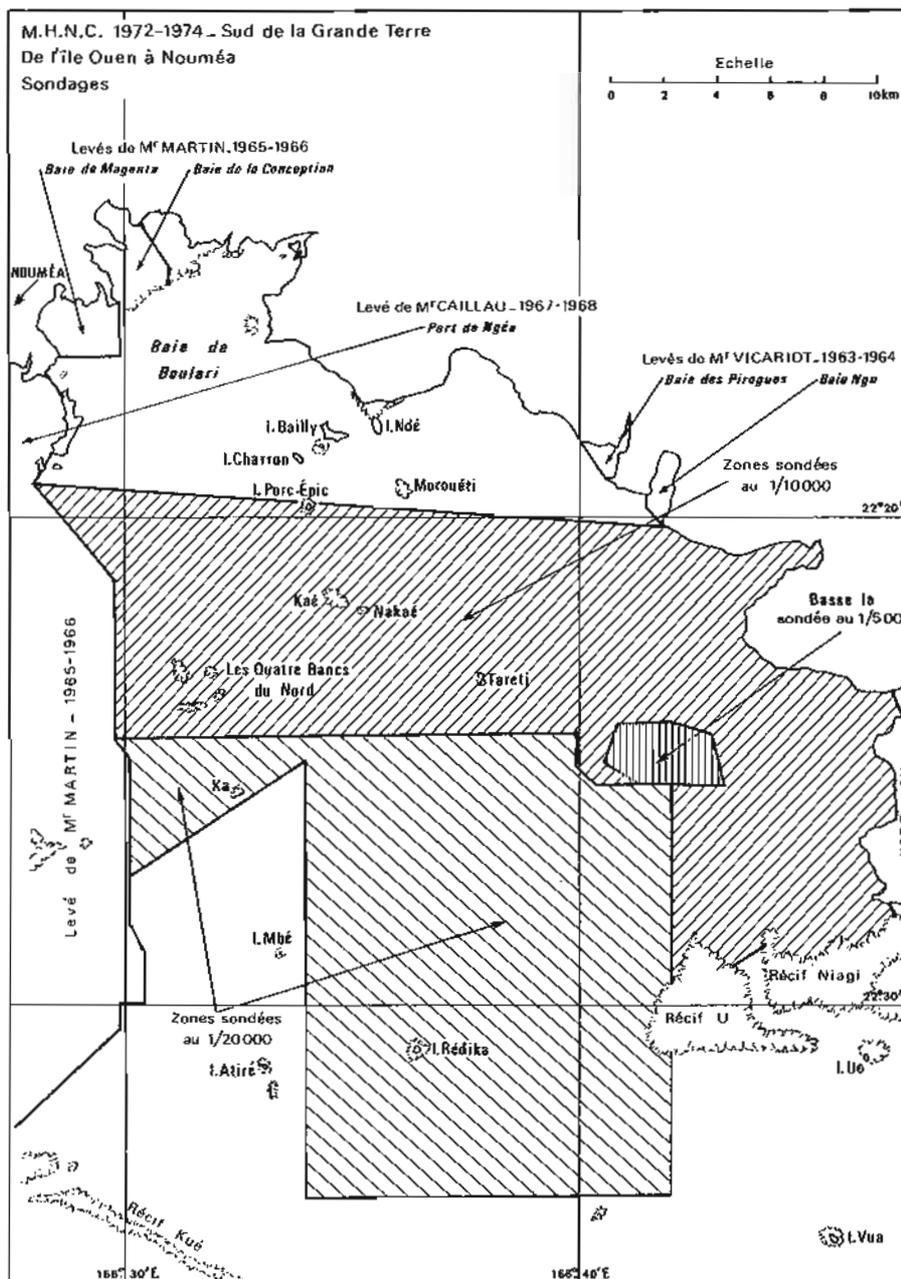


FIG. 12

Tableau VII

Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C.

Abords Sud-Est de Nouméa

Projection M.T.U. — Fuseau 58 — système I.G.N. 1972

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
Ouen Toro (I.G.N. 33-78)	borne (station astro)	649 504,99	7 532 335,32	pour mémoire (1 ^{er} ordre I.G.N.)
Tour Ifo (Orstom Ouen-Toro)	croix gravée sur le toit	649 477,72	7 532 110,08	
Feu récif Tabu		648 751,75	7 512 832,75	
Feu antérieur alignement îlot Amédée		650 499,50	7 513 098,85	
Phare Amédée	base paratonnerre	650 685,84	7 513 253,83	
	station de radio-guidage	650 688,72	7 513 255,05	plate-forme supérieure (croix peinture)
Îlot Amédée	repère M.H.N.C.	650 810,77	7 513 355,32	douille scellée dans fût de 200 l.
Îlot Ste Marie Ngea	pylône Q.R.T.F. (*)	652 834,1	7 533 034,7	axe du pylône
Îlot Atiré	repère M.H.N.C. et axe de la pyramide	659 807,65	7 508 393,30	
Pointe Bureau	station	659 980,92	7 536 036,97	piquet en fer
Îlot Mbé	repère M.H.N.C.	660 378,51	7 512 789,98	douille scellée dans fût de 200 l.
	pyramide (axe)	660 378,17	7 512 789,62	
Îlot Porc-Epic	feu (axe)	661 333,97	7 529 852,29	
	station M.H.N.C.	661 334,42	7 529 851,22	
Îlot Rédika	pyramide (axe)	665 376,94	7 509 047,93	repère M.H.N.C. 1971
	M.H.N.C. 71-repère M.H.N.C. (borne Nord)	665 377,00	7 509 047,74	douille scellée dans fût de 200 l.
	repère M.H.N.C. (borne Sud)	665 505,28	7 508 740,70	
	M.H.N.C. 73 repère M.H.N.C.	665 357,06	7 509 051,50	fût de 200 l. sous tour telluromètre
Mouéa (I.G.N. 36-6)	borne	669 790,51	7 533 396,69	point I.G.N. 3 ^e ordre
	station	669 788,94	7 533 396,03	
Almax	repère M.H.N.C.	675 001,09	7 528 905,03	
	station (piquet en fer)	674 997,61	7 528 904,46	
Tortue	repère M.H.N.C. 1970	682 492,85	7 514 869,35	bonde scellée
Nogoungouéto (I.G.N. 37-7)	tube en fonte scellé	684 242,10	7 515 689,77	point I.G.N. 1 ^{er} ordre

(*) Système I.G.N. 1954.

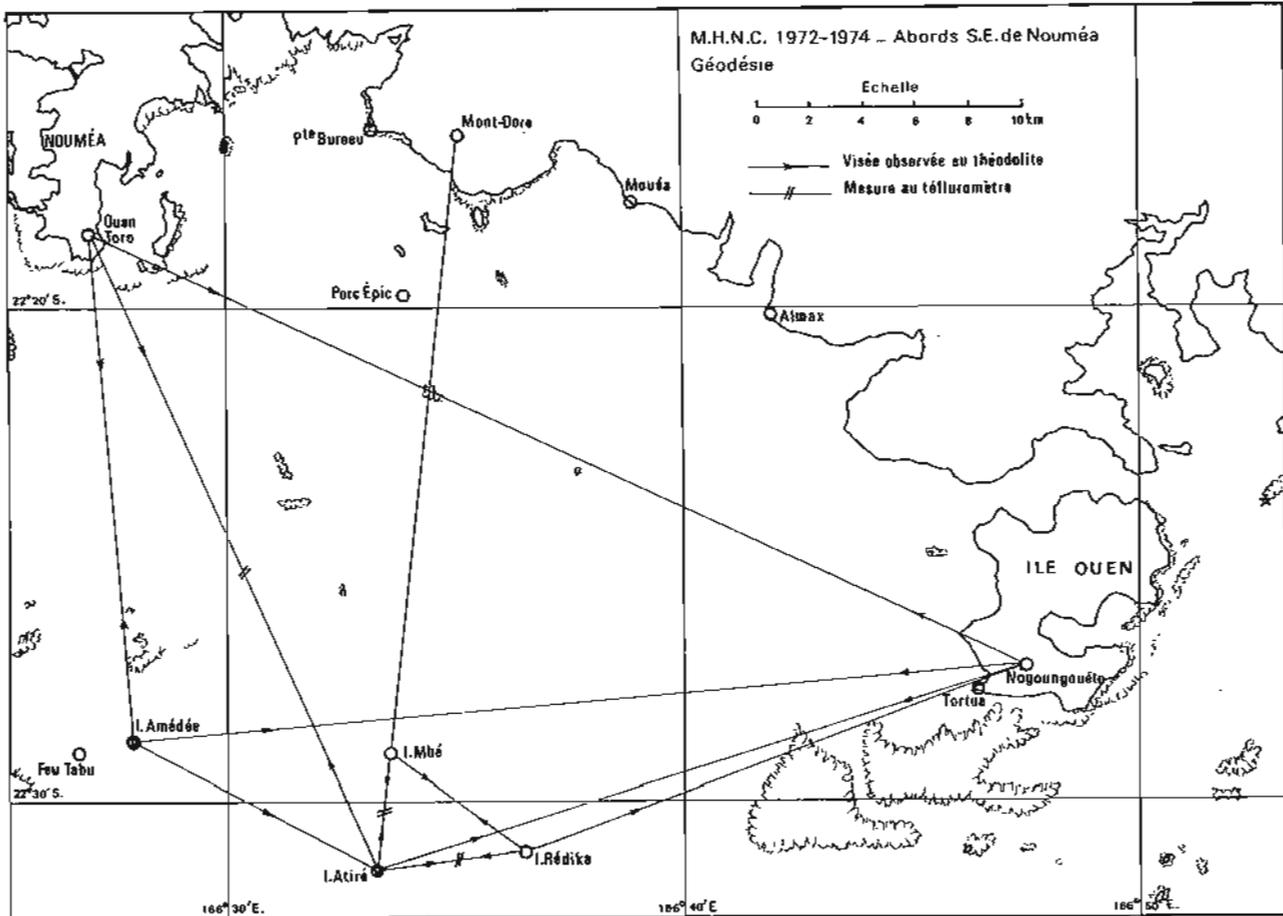


FIG. 13

4.1. Géodésie.

La triangulation dans la zone considérée a été assez réduite; le nombre des points utilisés est faible, étant donné la configuration de la côte, assez favorable, et la possibilité d'utiliser la *Boussole*, visible à grande distance, pour une bonne partie des sondages.

La figure 13 et le tableau VII donnent le schéma de la triangulation et la liste des coordonnées des points utilisés pour le levé du large. La figure 14 et le tableau VIII sont relatifs aux points utilisés pour le levé côtier (abords Ouest du canal Woodin et de l'île Ouen).

Le système géodésique I.G.N. 1972 a été utilisé dans toute la zone pour la rédaction des travaux. Le système I.G.N. 1954 (modifié 1969) n'a été utilisé que pour la construction des profils aux abords du canal Woodin, zone qui avait été entamée par mon prédécesseur (*) : la rédaction de la bathymétrie et

(*) Cf. rapport de M. Blavin (déjà cité), dans lequel figurent les paramètres du décalage entre les systèmes I.G.N. 1954 et 1972.

de la topographie de cette zone a été effectuée dans le système 1972, par simple translation (*).

La position de l'îlot Amédée a été redéterminée, conformément aux instructions techniques; cette opération (précision deuxième ordre) a été utilisée comme entraînement pour les travaux de géodésie du Grand Récif Sud : observation des angles et d'une distance du quadrilatère Ouen-Toro (I.G.N. premier ordre), Nogoungouéto (I.G.N. premier ordre), Amédée, Atiré. Le phare Amédée et les feux voisins ont été rattachés à la borne principale Amédée. Les îlots Mbé et Rédika ont été déterminés par mesures d'angles et de côtés du triangle Mbé, Atiré, Rédika, orienté sur les points I.G.N. de premier ordre : Mont-Dore et Nogoungouéto (voir fig. 13).

Le feu de l'îlot Porc-Epic a été réobservé et recalculé également.

4.2. Marée.

La marée a été observée dans la zone aux emplacements et aux périodes suivants (voir fig. 15) :

Nom de l'observatoire	Position		Période d'observation	Description
	φ	G		
Nouméa (Pte Chaleix) Ilot Porc-Epic	22° 17',7 S 22° 19',7 S	166° 26',0 E 166° 34',0 E	Observatoire permanent du 02.10.72 au 28.12.72 du 29.05.73 au 10.07.73 du 08.08.73 au 4.09.73 et du 05.11.73 au 16.11.73	cf. rapport de M. Cailliau cf. figure 17
Ilot Amédée Tortue	22° 28',72 S 22° 27',7 S	166° 27',8 E 166° 46',6 E	du 03.10.72 au 29.12.72 du 22.08.72 au 27.11.72 du 11.12.72 au 14.01.73 et du 21.06.73 au 30.08.73	cf. planche 18 et rapport de M. Martin (*) cf. rapport de M. Blavin

(*) Rapport de M. Martin (1964-1966) — *Annales Hydrographique* — Tome XV, année 1969, pages 205-248.

Tableau VIII

Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C.
Abords Ouest de l'île Ouen et du canal Woodin

Projection M.T.U. — Fuseau 58

Nom du point	Nature	Coordonnées 1969		Coordonnées 1972 utilisées (*)		Observations
		X	Y	X	Y	
Contrefort Pic Ia	douille M.H.N.C. scellée sur rocher	677 915,80	7 524 423,65			point M.H.N.C. 1970
	cornière en fer	677 922,25	7 524 423,25	677 933,8	7 524 412,45	" " "
Dafila	repère M.H.N.C. scellé sur rocher	682 041,78	7 522 489,17			" " "
Pte Strékoui	S ^{al} Louise (croisillon)	683 497,2	7 521 641,25			" " "
Mont Woodin (I.G.N. 37-5)	borne en fonte	682 946,07	7 520 384,74			point I.G.N. 3 ^e ordre
Grand Tioaé	douille scellée sur rocher			680 787,93	7 520 001,37	point M.H.N.C. 1970
Petit Tioaé	douille scellée sur rocher	681 388,30	7 519 892,55	681 400,02	7 519 881,49	point M.H.N.C. 1970
Argenton	" " " " signal (croisillon)			682 933,88 682 935,68	7 519 900,29 7 519 900,26	
Brignogan	douille scellée sur rocher signal (croisillon)			682 457,84 682 456,23	7 517 314,62 7 517 312,68	
Landunvez	piquet en fer			682 063,2	7 516 797,9	
Camaret	signal (croisillon)			682 384,12 682 384,37	7 516 203,10 7 516 204,45	
Douarnenez	douille scellée sur rocher signal (croisillon)			682 717,10 682 718,48	7 515 552,18 7 515 552,16	
Ila	balise sur récif			681 391,30	7 515 877,46	

(*) Nota : les coordonnées transformées du système 1969 au système 1972 peuvent différer de celles qui figurent dans le rapport de M. Blavin, du fait de la méthode de transformation différente.

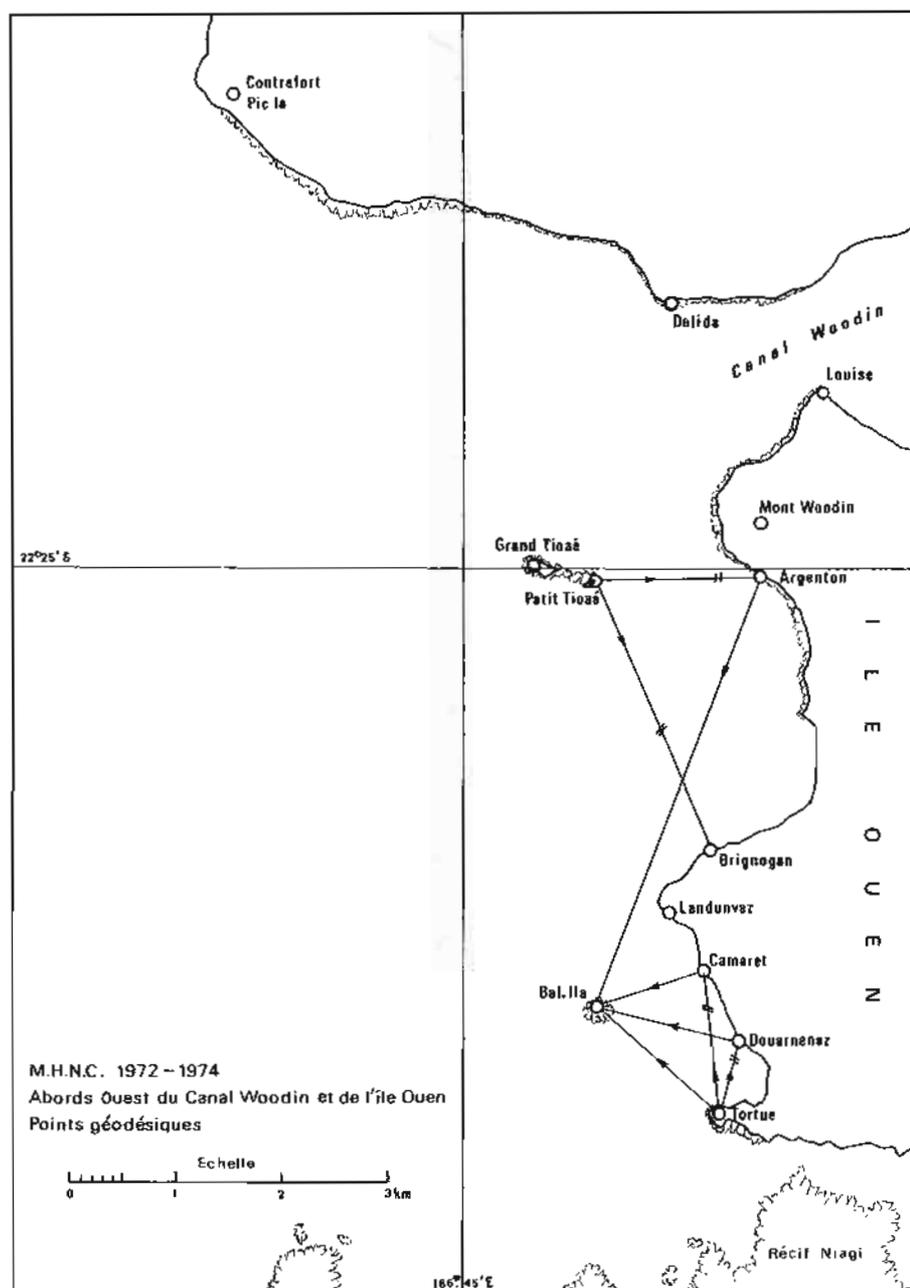


FIG. 14

Le dépouillement des observations montre que dans la partie du lagon située à l'Ouest de l'île Ouen jusqu'à Nouméa, la marée se déforme très peu d'un point à un autre.

La figure 16 indique les concordances en hauteur, montrant une amplitude croissant légèrement de l'île Ouen vers Nouméa.

Le tableau ci-après donne les concordances en heures (la dispersion est assez forte, l'écart avec la valeur indiquée pouvant atteindre 20 à 30 minutes):

La description des observatoires de Porc-Epic et Amédée est donnée sur les figures 17 et 18.

Avance de la marée par rapport à Nouméa (valeurs négatives dans le cas d'un retard)				
Observatoire	Pleines Mers		Basses Mers	
	V.E.	M.E.	V.E.	M.E.
Tortue	0	0.15	0	0.10
Porc-Epic	0	0.10	0	0.15
Amédée	-0.05	0.05	-0.05	0.12

Nota : on remarquera que les valeurs observées au marégraphe de Tortue donnent des résultats légèrement différents de ceux donnés dans le rapport de M. Blavin.

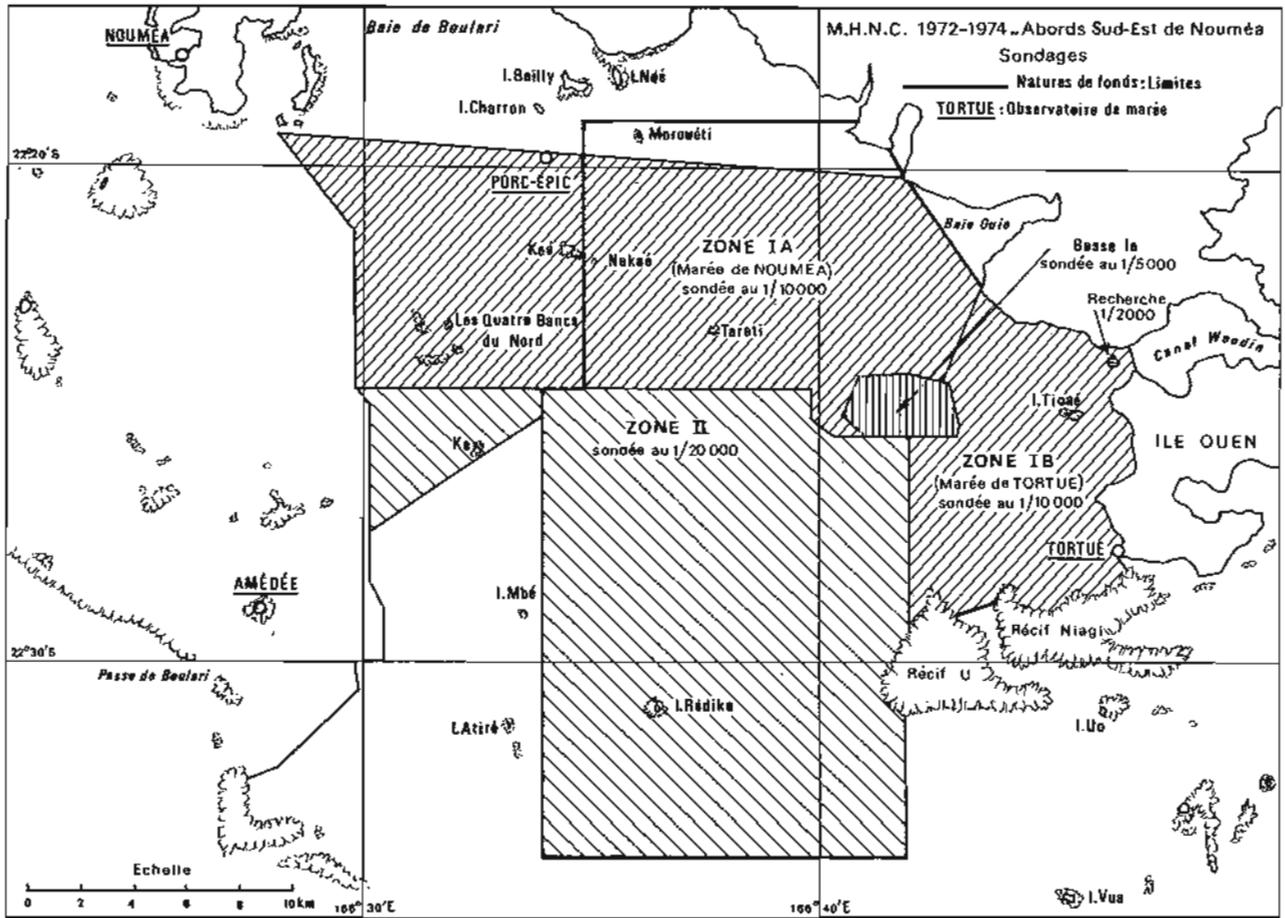


FIG. 15

M.H.N.C. 1972-1974 - Concordances en hauteur - Abords Sud et Est de NOUMÉA

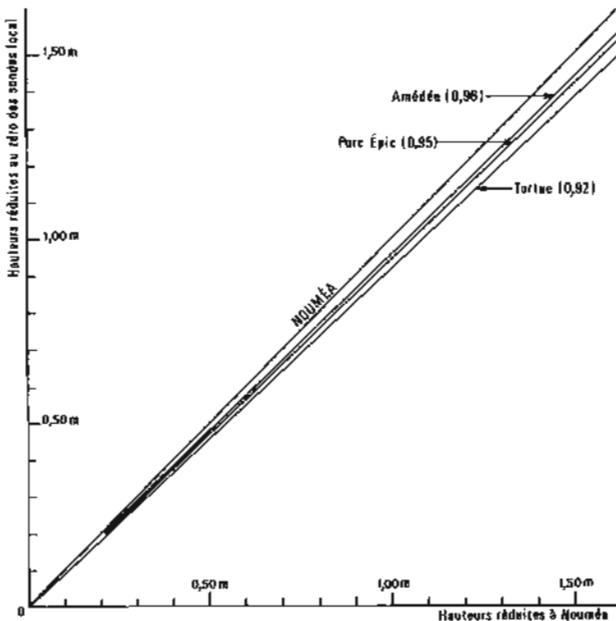


FIG. 16

4.3. Réduction des sondages.

Le marégraphe installé à l'îlot Porc-Epic n'a pas toujours fonctionné correctement et était en outre

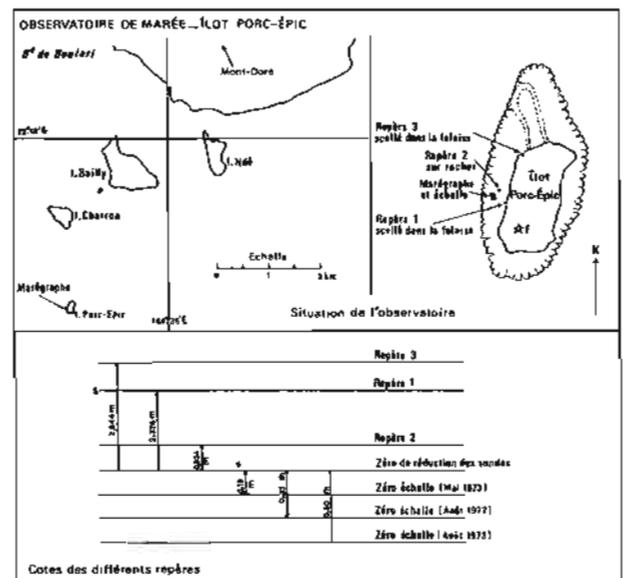


FIG. 17

exposé aux coups de vent d'Ouest.

C'est pourquoi les observations qui y ont été faites ont servi essentiellement à étudier la marée dans la zone, mais n'ont été utilisées que pour la réduction des sondages effectués sur la « Basse la » (échelle 1/5 000).

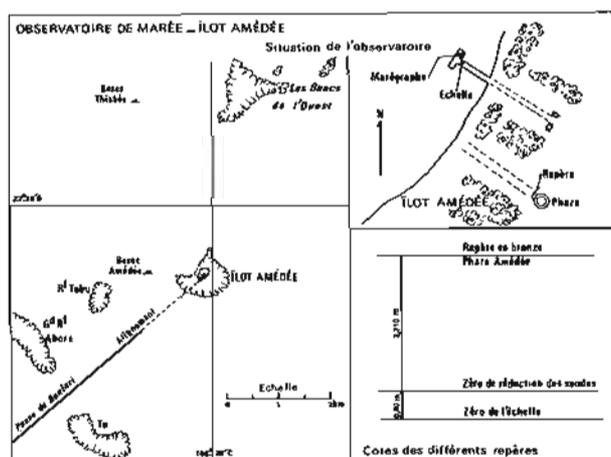


FIG. 18

Les sondages dans le reste de la zone ont été réduits de la marée observée (voir fig. 15) :

- au marégraphe de Tortue (zone IB);
- au marégraphe de Nouméa (zones IA et II).

L'erreur qui peut résulter de l'utilisation de la marée observée à Nouméa au lieu de celle observée à l'îlot Porc-Epic est inférieure à la précision du sondeur (de l'ordre de 10 cm) et est orientée de plus « dans le sens de la sécurité ».

4.4. Sondages (voir fig. 15).

Les sondages ont été exécutés aux échelles suivantes :

Zone I. échelle 1/10 000 — écartement moyen des profils 100 m excepté dans la partie Ouest de la minute « Abords Ouest de l'île Ouen », où il est de 200 m.

Zone II. échelle 1/20 000.

Les sondages ont été effectués pour la plupart sur profils radioguidés de la station « Almax » implantée à une altitude de 100 m environ au Sud de la baie Ngo. La plus grande partie de la zone a été levée par la *Boussole*, bien visible à grande

distance. Les levés côtiers de l'île Ouen ont été effectués par le *Corail* et par le yoyou ou les vedettes de la *Boussole*.

La basse la a été sondée à l'échelle de 1/5 000 et les têtes explorées par plongeurs : il s'agit d'un banc de sable parsemé de rares blocs de corail, sur lesquels poussent de longues algues de 1,5 m à 2 m de longueur, qui donnent un écho trompeur sur le sondeur.

La cote minimale trouvée est de 6,3 m au lieu de 4,5 m qui figure sur les cartes.

Une recherche très serrée (écartement des profils souvent inférieur à 5 m) a été effectuée à l'ouvert du canal Woodin, à la position des hauts-fonds (têtes à 8 1/4 et 9 1/4 fathoms) qui figurent sur la carte américaine n° 2872. Elle a fait apparaître des têtes à 16,0 m et 17,0 m (donc un peu supérieure aux cotes de la carte américaine). La recherche a été rédigée à l'échelle de 1/2 000.

4.5. Topographie.

La topographie du trait de côte, des îlots et des récifs a été effectuée par restitution des photographies aériennes (levés Sofratop 1969 et I.G.N. 1971 au 1/20 000 pour la côte, photographies prises par les appareils de la Section de Liaison de Nouvelle-Calédonie à diverses échelles pour les îlots et les récifs du large). La zone levée est représentée sur la figure 19; elle a été rédigée à l'échelle de 1/10 000 pour la côte et les îlots et récifs proches de la terre, à l'échelle de 1/20 000 pour les îlots et récifs du large.

4.6. Mesures de courant.

Des stations de courantométrie ont été effectuées aux points E, G, I, portés sur la figure 19 et dans la passe de Mato (point J) hors de la zone levée (*). Elles portent sur les périodes suivantes :

Position	φ G	Début (TU + 11)	Fin (TU + 11)	Observations	Référence S.H.O.M.
Sortie du canal Woodin Point E	22°24'21"S 166°46'17"E	16.05.72 11h	18.05.72 17h	marée moyenne	568
Îlot Porc-Epic Point G	22°20'28"S 166°34'00"E	01.08.72 11h	03.08.72 14h	M.E.	572
Point G	22°20'22"S 166°34'01"E	08.08.72 11h	10.08.72 14h	V.E.	573
Passe de Boulari Point I	22°30'06"S 166°26'36"E	22.08.72 11h	24.08.72 15h	marée moyenne	574
Passe de Mato Point J	22°40'38"S 166°39'15"E	03.10.72 16h	06.10.72 07h	marée moyenne	577

(*) Les positions sont données dans le système I.G.N. 1972.

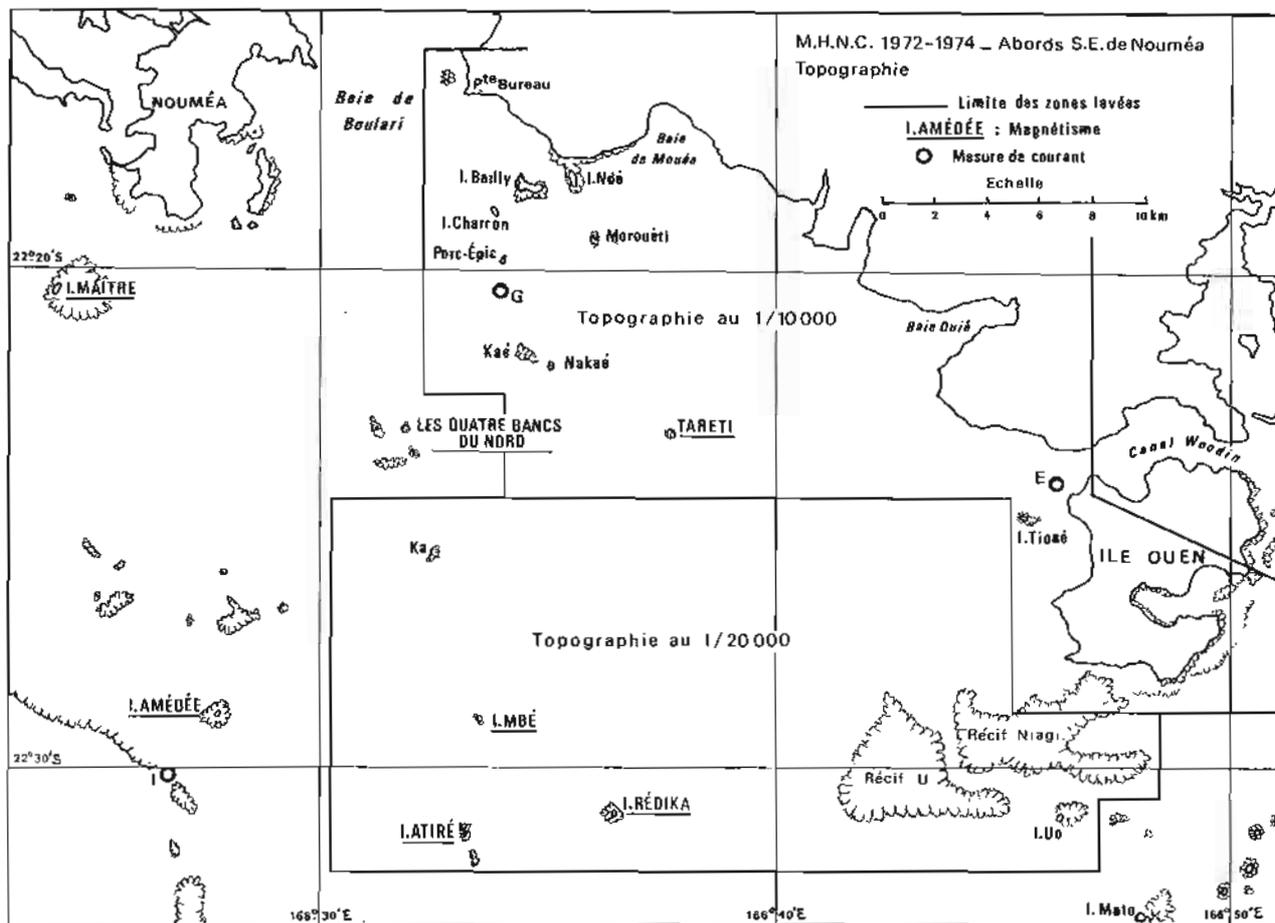


FIG. 19

Tableau IX
Courants de marée Sud et Est de Nouméa
Résultat des observations

Points d'observation	Coefficient moyen à Brest	Flot			Jusant			Observations	
		Heure (*)	V(**)	D	Heure (*)	V(**)	D		
Sortie du canal Woodin E.	67	PM-3h30	1,1	240°	PM + 3 h	1,3	045°	le flot est masqué par un courant permanent de 0,2 N portant au 110°.	
	79	PM - 4 h	1,4	240°	PM + 3 h	1,1	050°		
Sud flot Porc-Epic G	57		0		PM + 5 h	0,3	100°		
	68		0		PM + 4h30	0,3	100°		
	86	PM - 3 h	0,2	300°	PM + 3 h	0,4	095°		
	93	PM - 3 h	0,1	280°	PM + 3 h	0,4	110°		
Passe de Boulari I	68				PM + 3 h	0,2	235°		courant très irrégulier portant en général dans le secteur Ouest en flot comme en jusant.
	81	PM - 4 h	0,3	270°	PM + 3 h	0,2	205°		
Passe de Mato J	69	PM - 5 h à PM - 2 h	0,5	de 290° à 225°	PM + 3h30	1,2	055°	composante giratoire importante en période de flot	
	79	PM - 5 h à PM - 3 h	0,6	id.	PM + 3 h	1,6	070°		

(*) par rapport à la pleine mer de Nouméa.

(**) en noeuds.

Les résultats des observations font l'objet du tableau IX. L'étude sur le régime des courants de marée dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie utilise les résultats de ces mesures.

4.7. Natures de fond.

Les natures de fond ont été prises, dans la zone figurée sur la figure 15, à l'aide d'une benne preneuse à griffes prêtée par l'O.R.S.T.O.M. Les échantillons recueillis ont été remis au Centre O.R.S.T.O.M.

de Nouméa (Laboratoire de géologie) pour analyse sédimentologique.

Les prélèvements ont été faits aux nœuds d'un carroyage de 1 mille de côté environ.

4.8. Magnétisme (figure 19).

Des mesures de la déclinaison magnétique ont été effectuées aux points ci-après, à l'aide d'un théodolite-boussole Wild T0 ou T16. Elles ont toutes été réduites de la variation diurne observée à l'îlot Amédée.

Point	Coordonnées géographiques		Dates (TU + 11)		Déclinaison	
	φ	G	Début	Fin	Brute	Réduite
Îlot Maître	22°20'01",5 S	166°24'29",5 E	le 18.4.74	à 9 h 00	12°22' Est	12°23' Est
Bancs du Nord	22°23'26",0 S	166°31'18",2 E	le 17.4.74	à 11 h 00	11°56' Est	11°57' Est
Îlot Taréti	22°23'25",1 S	166°37'50",9 E	le 17.4.74	à 14 h 00	12°34' Est	12°31' Est
Îlot Rédika	22°31'00",6 S	166°36'28",1 E	le 28.2.74	à 14 h 50	12°11' Est	12°08' Est
Îlot Atiré	22°31'23",2 S	166°33'13",7 E	le 27.2.74	à 15 h 10	11°49' Est	11°46' Est
Îlot Mbé	22°29'00",4 S	166°33'31",9 E	le 28.2.74	à 9 h 45	11°58' Est	11°58' Est
Îlot Amédée	22°28'45",1 S	166°27'56",9 E	27.02.74	28.02.74	—	12°16' Est ($\pm 4'$)
			10 h 00	16 h 00	—	
			17.04.74	18.04.74	—	12°20' Est ($\pm 3'$)
			10 h 00	10 h 00	—	

4.9. Documents établis.

75.5.6. B10 :

Bathymétrie « Abords Ouest du canal Woodin » au 1/10 000.

75.5.8. R2 :

Recherches de hauts-fonds « Abords Ouest du canal Woodin » au 1/2 000.

75.5.4. B10 :

Bathymétrie « Abords Ouest de l'île Ouen » au 1/10 000.

75.5.3. B10 :

Bathymétrie « Ouest île Ouen-Basse Ia » au 1/10 000.

75.5.2. B5 :

Bathymétrie « Basse Ia » au 1/5 000.

75.5.7. B10¹ :

Bathymétrie « Abords Est de Nouméa » au 1/10 000

75.5.36. B10² :

Bathymétrie « Abords Est de Nouméa » au 1/10 000

75.5.37. B10³ :

Bathymétrie « Abords Est de Nouméa » au 1/10 000

75.5.38. B10⁴ :

Bathymétrie « Abords Est de Nouméa » au 1/10 000

75.5.39. B10⁵ :

Bathymétrie « Abords Est de Nouméa » au 1/10 000

75.5.40. B20 :

Bathymétrie « Abord Est de Nouméa » au 1/20 000

75.5.41. B20 :

Bathymétrie « Ouest île Ouen » au 1/20 000

75.5.42. R20 :

Recherches de hauts-fonds « Abords Ouest île Ouen » au 1/20 000

75.5.45. T20 :

Topographie « Ouest île Ouen » au 1/20 000

75.5.10. T20 :

Topographie « Récifs U et Niagi » au 1/20 000

75.5.11. T10¹ :

Topographie « île Ouen » au 1/10 000

75.5.12. T10² :

Topographie « du canal Woodin à la baie Ouie » au 1/10 000

75.5.44. T10³ :

Topographie « de la baie Ouie à la baie Mouéa » au 1/10 000

75.5.13. T10⁴ :

Topographie « de la baie de Mouéa à la baie de Boulari » au 1/10 000

75.5.14. T10⁵ :

Topographie « îlots et récifs Sud Mont Dore » au 1/10 000.

75.5.62. NF25 :

Natures de fonds de « Porc-Epic à l'île Ouen » au 1/25 000.

4.10. Comparaison avec les documents existants (carte 1894).

4.10.1. Généralités.

L'allure générale de la topographie du fond telle qu'elle figure sur la carte est globalement conforme à la réalité. Le levé systématique a fait apparaître l'existence de deux « vallées » sous-marines très encaissées, dont l'enregistrement est caractéristique sur le sondeur : l'une longe le rebord Sud-Ouest des « Quatre Bancs du Nord » pour rejoindre vraisemblablement les passes de Boulari, l'autre à l'Ouest de l'île Ouen est la prolongation vers le Nord de la cassure caractéristique qui sépare les récifs U et Niagi.

Le décalage général entre le système géodésique de la carte et celui du levé est quasi nul (quelques secondes sexagésimales de longitude).

4.10.2. Hauts-fonds connus.

a) la basse Prévoyante a été cotée 2,1 m (contre 0,5 sur la carte) à une position située à 200 m environ dans le Sud-Ouest du point de la carte.

b) la basse Oliver a été cotée 0,8 m (contre 2,0 sur la carte) ; elle est située 150 m environ plus au Sud ;

c) la basse Vandegou a été cotée 4,6 m (contre 5,6 sur la carte) ; elle est située à 400 m environ plus à l'Ouest ;

d) un haut-fond (unique) coté 2,0 m a été retrouvé à la position de la tête Sud du groupe de 2 m situé au Nord-Ouest des « Quatre Bancs du Nord » ;

e) la basse du Coëtlogon au Sud des « Quatre Bancs du Nord » (position douteuse sur la carte) a été retrouvée à une position nettement différente de celle de la carte (à 1 100 m dans le 121°). Elle a été cotée 0,5 m ;

f) la basse la a été soigneusement explorée. La cote minimale trouvée est de 6,3 m, à 200 m environ à l'Est du point coté 4,5 sur la carte. Une recherche par plongeurs a montré que les échos reçus sur le sondeur au voisinage de 4,5 m étaient dus à des algues de grandes dimensions qui croissent sur des blocs de corail isolés. Une tête séparée (correspondant à la courbe de niveau de 10 m indiquée sur la carte à l'Ouest de la basse la proprement dite) a été cotée 6,5 m. Elle est située à 350 m environ au Nord-Est du point coté 10 sur la carte ;

g) le haut-fond situé au Nord de l'îlot Rédika a été coté 2,2 contre 2,4 sur la carte. La position est correcte.

4.10.3. Hauts-fonds nouveaux.

Les hauts-fonds suivants ont été trouvés dans la zone levée : (coordonnées dans le système I.G.N. 1972).

Cote	φ	G
8,9	22° 27' 53" S	166° 35' 01" E
10,5	22° 28' 00" S	166° 37' 24" E
5,9	22° 30' 30" S	166° 38' 09" E
10,5	22° 30' 52" S	166° 40' 06" E
10,4	22° 30' 40" S	166° 39' 16" E
8,0	22° 34' 01" S	166° 37' 37" E
8,1	22° 27' 40" S	166° 43' 05" E
7,0	22° 27' 57" S	166° 43' 07" E
9,5	22° 27' 20" S	166° 44' 13" E
7,8	22° 27' 33" S	166° 44' 22" E
8,0	22° 27' 40" S	166° 44' 16" E

5. LEVÉ DES BAIES OUIE, NGO ET DES PIROGUES.

Les baies Ngo et des Pirogues avaient été sondées en 1963 (*). La marée de Nouméa ayant été utilisée pour la réduction des sondages, les Instructions Techniques prévoyaient d'effectuer quelques profils de contrôle dans ces deux baies.

Les travaux dans les trois baies ont consisté en :

- sondages et topographie en baie Ouie ;
- contrôle des sondages antérieurs et topographie dans les baies Ngo et des Pirogues.

5.1. Géodésie.

Elle s'est bornée à l'exécution d'une petite triangulation à l'intérieur de la baie Ouie (voir fig. 20), effectuée avec l'aide du telluromètre et ayant le point Almax (cf. § 4.4) comme origine.

Les autres points ont été déterminés de façon classique et ont servi à la topographie et à l'exécution des sondages de contrôle.

Le tableau X donne la liste et les coordonnées des points utilisés.

5.2. Marée.

La marée a été observée au marégraphe de Porc-épic (cf. § 4.2).

5.3. Sondages (figure 21).

La baie Ouie a été sondée à l'échelle de 1/10 000 par le youyou et une vedette de la Boussole (ouvert de la baie plus exposé).

(*) Cf. rapport M. Vicariot 1962-1964, *Annales Hydrographiques*, tome XV, année 1969, pp. 145-202.

Tableau X

Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C.
Baies Ouïe, Ngo et des Pirogues
Projection M.T.U. — Fuseau 58 — Système I.G.N. 1972

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
		<i>Baie Ouïe</i>		
Voyageuse	signal	674 836,9	7 528 740,9	croisillon
Arabica (Ouïe I)	station	675 740,7	7 528 287,6	douille scellée dans rocher
" "	signal	675 750,9	7 528 288,1	croisillon
Burgos	station	676 885,4	7 527 990,8	
Bossue	signal	677 219,1	7 527 731,3	croisillon
Carnéole (Ouïe II)	station	678 114,0	7 527 699,0	piquet en fer
" "	signal	678 114,2	7 527 700,6	croisillon
" "	station	678 116,54	7 527 703,53	
Dain	station	678 888,98	7 527 999,62	
" "	signal	678 892,5	7 527 993,6	croisillon
Eglantina (Ouïe III)	signal	680 357,6	7 527 868,4	croisillon
" "	station	680 356,88	7 527 869,21	douille scellée dans rocher
Fuseau (Ouïe IV)	station	680 759,8	7 527 660,1	piquet en fer
Argus	station	680 431,40	7 527 249,57	
" "	signal	680 433,95	7 527 248,10	croisillon
Géographe	station	679 974,09	7 527 258,83	
" "	signal	679 970,95	7 527 259,30	croisillon
Harpe	station	679 471,27	7 527 174,90	
" "	signal	679 470,38	7 527 174,82	croisillon
Mappa	station	679 297,7	7 527 068,4	
" "	signal	679 294,4	7 527 075,1	croisillon
Stolida	station	679 304,5	7 527 053,1	
Nautile	station	678 754,5	7 526 465,7	
Tigris (Ouïe V)	station	678 080,6	7 525 827,2	croix gravée dans bloc de ciment
" "	signal	678 077,5	7 525 826,2	
Erodée (Ouïe VI)	station	677 860,65	7 525 590,25	douille scellée dans rocher
" "	signal	677 856,1	7 525 593,3	croisillon
Cribarja	station	677 771,7	7 524 687,6	
" "	signal	677 779,4	7 524 683,0	croisillon
Toutoute	station	677 991,9	7 524 292,4	
" "	signal	677 988,4	7 524 292,5	croisillon
		<i>Baie Ngo</i>		
Ponctuée	signal	674 851,9	7 529 017,5	croisillon
Bernique	station	675 142,85	7 530 423,73	piquet en fer
" "	signal	675 140,91	7 530 422,32	croisillon
Troca	station	675 075,67	7 531 601,36	piquet en fer
Zig zag	signal	675 263,9	7 530 772,8	croisillon
Wharf	station	674 592,15	7 531 027,52	piquet en fer
" "	signal	674 595,01	7 531 025,72	croisillon

Tableau X (suite)

Lynx	station	674 260,62	7 529 936,11	piquet en fer
"	signal	674 260,82	7 529 937,27	croisillon
Taupe	station	673 084,33	7 530 101,16	piquet en fer
"	signal	673 083,52	7 530 104,27	croisillon
<i>Baie des Pirogues</i>				
Porcelaine	station	672 671,79	7 530 583,35	
"	signal	672 673,33	7 530 584,45	croisillon
Cône	signal	673 063,4	7 530 979,4	croisillon
Terès	station	673 194,61	7 531 138,26	
"	signal	673 193,30	7 531 133,25	croisillon
Fuseau	signal	673 141,1	7 531 545,1	croisillon
Volute	station	673 593,85	7 531 855,09	
"	signal	673 600,60	7 531 859,40	croisillon
Huitre	signal	673 589,4	7 532 094,5	croisillon
Coque	station	673 398,99	7 532 562,58	
"	signal	673 395,90	7 532 559,70	croisillon
Mitre	station	672 933,00	7 532 183,90	
"	signal	672 932,42	7 532 185,34	croisillon
Olive	signal	672 360,1	7 531 881,8	croisillon
Pirogues	station	671 746,50	7 532 051,85	
"	signal	671 745,65	7 532 053,34	croisillon

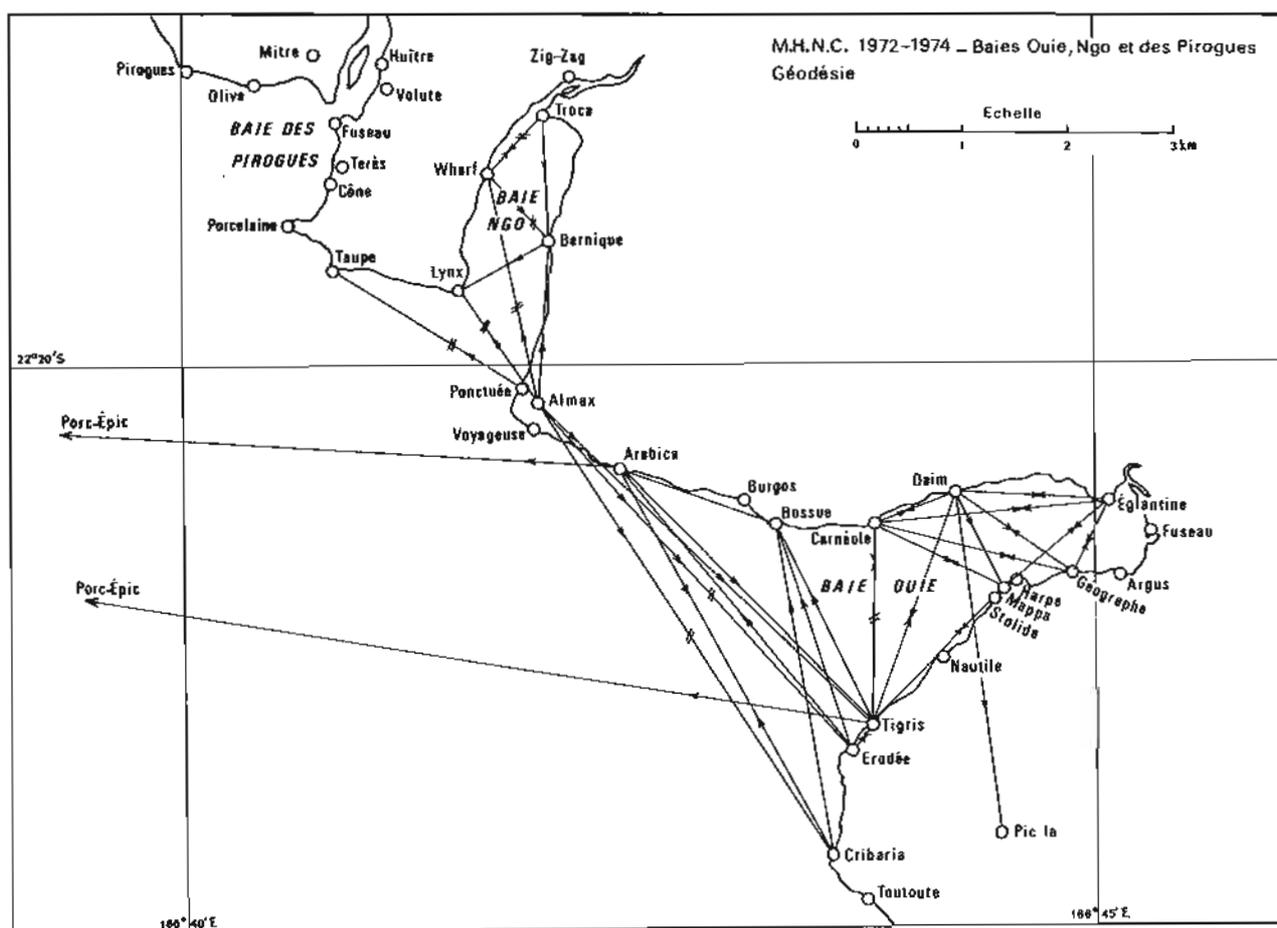


FIG. 20

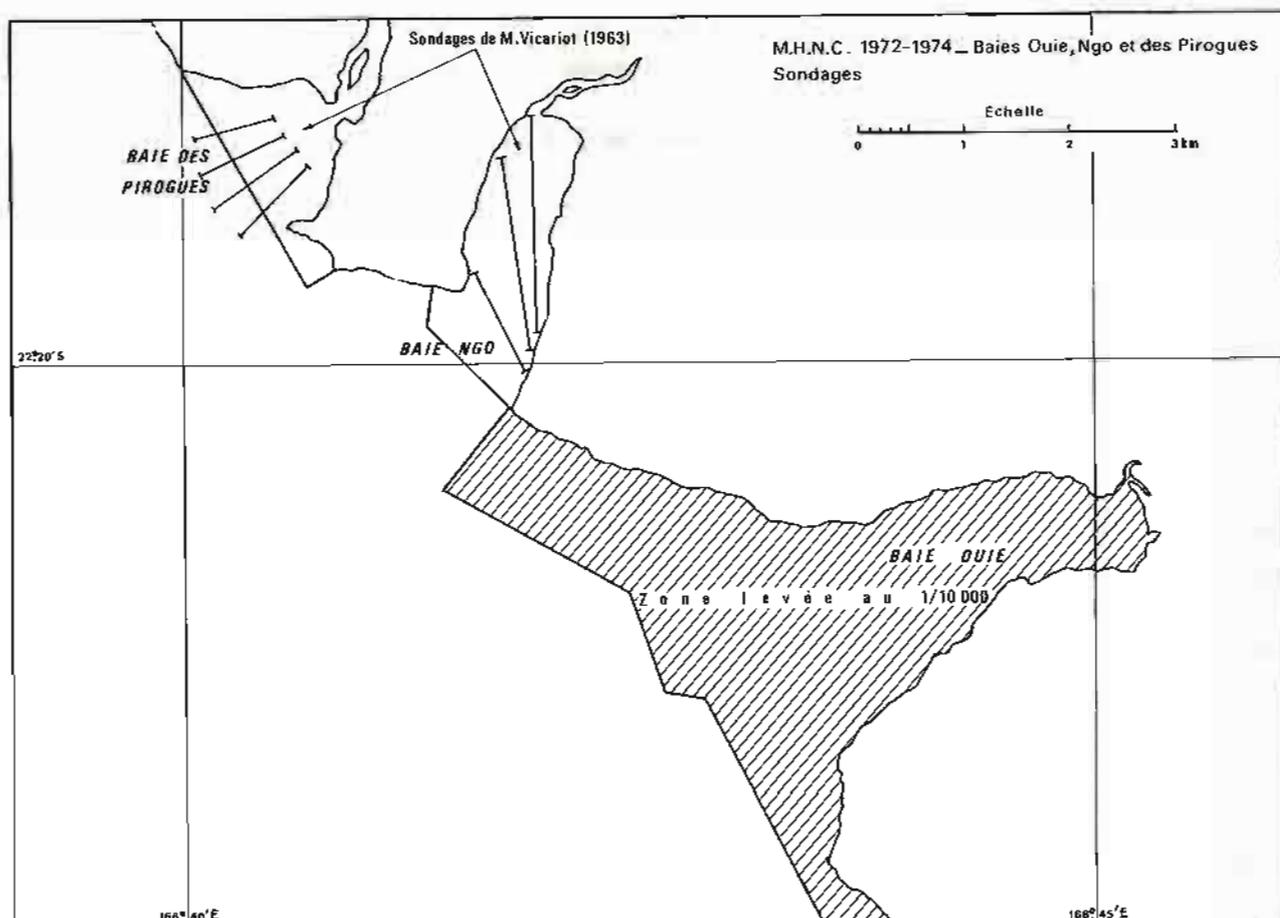


FIG. 21

Quelques recherches de hauts-fonds ont été effectuées, mais dans l'ensemble, le fond est sain et régulier.

Trois profils de contrôle ont été exécutés dans la baie Ngo et quatre dans la baie des Pirogues, répartis de manière à couvrir au mieux la zone sondée antérieurement. Les sondes obtenues sont parfaitement cohérentes avec le levé ancien, ce qui confirme la quasi-identité de la marée dans la zone avec celle de Nouméa (cf. § 4.2).

5.4. Topographie.

La topographie de la baie Ouie a été rédigée au 1/10 000. Elle a été exécutée de la façon classique au moyen d'un grand nombre de stations sur la côte, la rédaction étant contrôlée par la restitution des photographies aériennes (levé Sofratop 1969 au 1/20 000).

La topographie des baies Ngo et des Pirogues a été rédigée au 1/5 000, échelle homogène à celle des sondages. Elle a été effectuée par les méthodes classiques, complétées par l'utilisation de photographies aériennes. Elle a également été rédigée au 1/10 000 dans le cadre de la couverture topographique générale de la côte.

5.5. Documents établis.

- | | | | |
|----------|------------------|---|-----------|
| 75.5.5. | B10 | Bathymétrie « Baie Ouie » au 1/10 000. | 12,6 cic. |
| 75.5.9 | BT5 | Bathymétrie (contrôle) et topographie « Baies Ngo et des Pirogues » au 1/5 000. | |
| 75.5.12. | T10 ² | (pour mémoire) Topographie « du canal Woodin à la baie Ouie » au 1/10 000. | |
| 75.5.44. | T10 ³ | (pour mémoire) Topographie « de la baie Ouie à la baie de Mouéa » au 1/10 000. | |

6. SONDAGES ET TOPOGRAPHIE DANS LE PORT DE NOUMÉA.

A la suite de dragages et de « déroctages » dans la petite rade de Nouméa, la Mission a exécuté des levés de contrôle dans cette zone, et a affectué la mise à jour du plan 6492, rendue nécessaire à cause des travaux très importants réalisés dans le port.

Tableau XI

Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C.

Nouméa

Projection M.T.U. — Fuseau 58 — Système I.G.N. 1954

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
		1) <i>Amers</i>		
		<i>Presqu'île Ducos</i>		
Baie des Dames	réservoir de gaz "A"	644 844,43	7 540 107,81	axe du réservoir
	réservoir de gaz "B"	644 863,15	7 540 064,35	" " "
Pte Kauri	silos de la cimenterie	645 516,90	7 538 950,10	
		<i>Ile Nou</i>		
Téréka	mirador	642 913,03	7 538 362,50	axe
Mont Oumbo	mirador A	643 981,85	7 536 503,37	axe
	mirador B	644 056,60	7 536 505,78	"
Ile Nou	antenne radio	644 760,70	7 536 771,25	axe
St Ducros	alignement au 347°			
	feu antérieur	645 612,05	7 536 005,49	axe de la lanterne
	feu postérieur	645 529,75	7 536 377,75	
		<i>Large</i>		
Sèche Croissant	balise	641 138,50	7 529 874,50	tétrapode métallique
		<i>Presqu'île de Nouméa</i>		
Presqu'île Doniambo	cheminée	647 945,00	7 538 066,15	
Usine "Le Nickel"	réservoir "B"	647 692,02	7 537 883,12	axe
Montravel	antenne radio "A"	649 048,87	7 537 139,69	axe
Montravel	antenne radio "B"	649 101,16	7 537 186,63	"
Travaux Publics	feu	648 229,80	7 536 777,56	alignement au 117° avec feu du sémaphore
Port	feu rouge sur Dock	647 751,55	7 536 132,10	axe lanterne (alignement au 62° avec feu du sémaphore)
Sémaphore	antenne O.R.T.F.	648 606,55	7 536 593,95	axe
	feu	648 611,46	7 536 585,60	axe de la lanterne
Port	cantine	647 659	7 536 472	
Centre Culturel (F.O.L.)	feu	648 603,00	7 536 015,18	axe lanterne (alignement au 55° avec feu de la cathédrale)
Cathédrale	feu	648 469,46	7 535 923,42	axe de la lanterne
Météo	antenne radar	649 386,9	7 535 536,7	axe
Mont Coffyn	pylône T.V.	648 618,68	7 535 410,24	axe
Pte de l'Artillerie	pin colonnaire	647 762	7 535 127	
	cheminée du S.M.B.	647 925,27	7 535 092,02	axe
Les Aloès	immeuble remarquable	649 284	7 533 872	7 533 872
Pte Chaleix	antenne radio "A"	647 406,34	7 533 557,97	axe
	antenne " " "B"	647 352,35	7 533 548,98	"
	" " "C"	647 369,20	7 533 527,02	"
Château Royal	hôtel	648 879	7 531 858	angle N.E.

Tableau XI (suite)

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
		2) <i>Points divers</i>		
Pte Lambert	station	647 019,89	7 536 751,47	croix gravée sur plate-forme du feu axe du feu
	feu	647 019,97	7 536 752,26	
Digue de l'île Nou	station	646 783,82	7 536 463,30	
Quai Fed	station sur le quai	647 388,00	7 536 422,80	
île Nou	apportement	646 785,11	7 535 716,84	
	tapis de roulement	646 708,90	7 535 130,88	
Ilot Brun	station et voyant	646 534,13	7 534 237,85	station de radioguidage
Ilot Brun	beaching	646 804,70	7 534 086,90	
Pte de l'Artillerie	wharf-station	647 841,68	7 535 262,77	station de radioguidage borne Citra n°9
	" -signal	647 845,01	7 535 248,50	
Baie de la Moselle	quai du batelage			
	Bofard Sud	647 767,80	7 535 609,40	
Pte Chaleix	jetée	647 616,65	7 533 849,45	douille scellée repère sur le toit (disparu)
	bâtiment de commandement	647 242,00	7 533 704,40	

6.1. Géodésie.

Elle a consisté dans la détermination des coordonnées des stations de radioguidage et d'un grand nombre de points nécessaires au calage des différents documents topographiques disponibles, ainsi que de celles des amers nouveaux.

Tous les calculs ont été effectués en projection M.T.U. fuseau 58, système I.G.N. 1954.

Un bon nombre de points d'origines diverses étaient calculés dans le système local : les transformations nécessaires ont été effectuées.

Le tableau XI donne les coordonnées des points importants utilisés.

6.2. Marée.

La marée utilisée a été celle observée au marégraphe de la Pointe Chaleix.

6.3. Sondages.

La figure 22 donne le schéma des zones sondées. La petite rade proprement dite a été sondée avec un écartement des profils de 10 m, la baie de la Moselle avec un écartement double. La rédaction a été effectuée à l'échelle de 1/2 000 qui permettait la couverture de toute la zone par une seule minute.

Un sondage de contrôle à la même échelle a été effectué après dragage d'une zone d'évitage située devant les quais, ainsi qu'un sondage à l'échelle de 1/500 devant le quai Fed.

Une copie de ces divers documents a été remise directement au Service des Travaux Publics du Territoire, maître d'œuvre des travaux de dragage dans la petite rade.

6.4. Topographie.

La mise à jour de la carte 6492 après les importants travaux portuaires exécutés a été effectuée, partie par compilation de documents d'origines diverses (essentiellement S.L.N. (Société « Le Nickel »), Service Topographique, Port Autonome), partie par levés originaux (digue de l'île Nou, baie des Pêcheurs, entre autres).

On a également déterminé la position des amers importants de la carte.

6.5. Mesures de courant.

Des mesures de courant ont été effectuées dans la passe entre la grande et la petite rade avant la fermeture de la digue de Nouville (janvier-février 1972).

Ces mesures sont archivées à l'E.P.S.H.O.M. sous les références : 462, 463, 464.

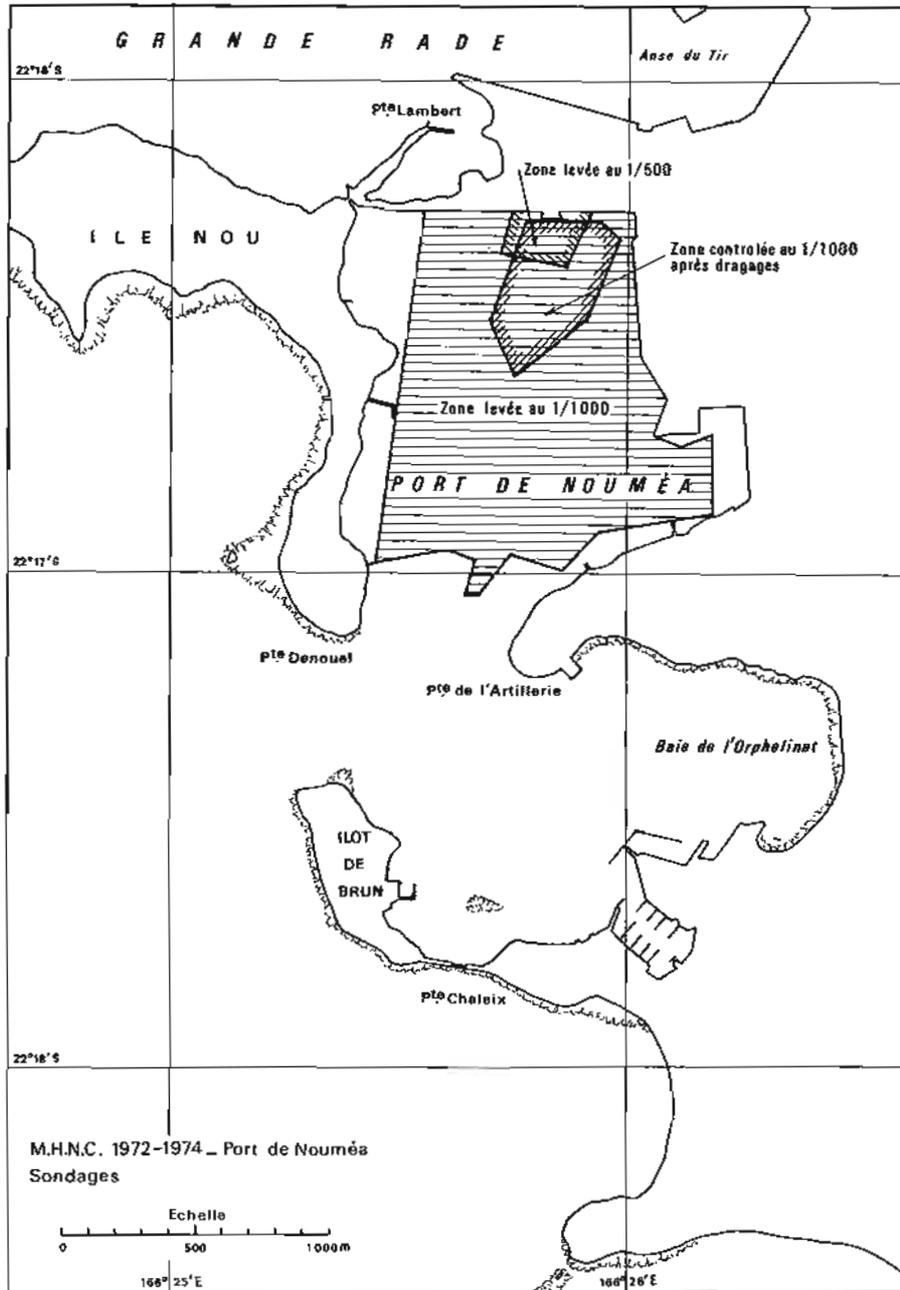


FIG. 22

6.6. Natures de fond.

Les natures de fond ont été déterminées au plomb suiffé dans la zone sondée.

6.7. Documents établis.

72.1.1.	B2	Bathymétrie. Port de Nouméa au 1/2 000.	12.6 cic.	72.1.11.	B2	Bathymétrie. Port de Nouméa au 1/2 000.
72.1.2.	T5	Topographie. Port de Nouméa, au 1/5 000.		72.1.12.	T5	Topographie. Port de Nouméa, au 1/5 000.
72.1.3.	T2 ¹	Topographie. Port de Nouméa, au 1/5 000.		72.1.13.	T2 ¹	Topographie. Port de Nouméa, au 1/5 000.
72.1.4.	T2 ²	Topographie. Port de Nouméa, au 1/2 000.		72.1.14.	T2 ²	Topographie. Port de Nouméa, au 1/2 000.
72.1.5.	T2 ³	Topographie. Port de Nouméa, au 1/2 000.		72.1.15.	T2 ³	Topographie. Port de Nouméa, au 1/2 000.
72.1.8.	B0,5	Bathymétrie. Port de Nouméa, quai Fed au 1/500.		72.1.16.	T2 ¹	Topographie. Port de Nouméa, au 1/2 000.

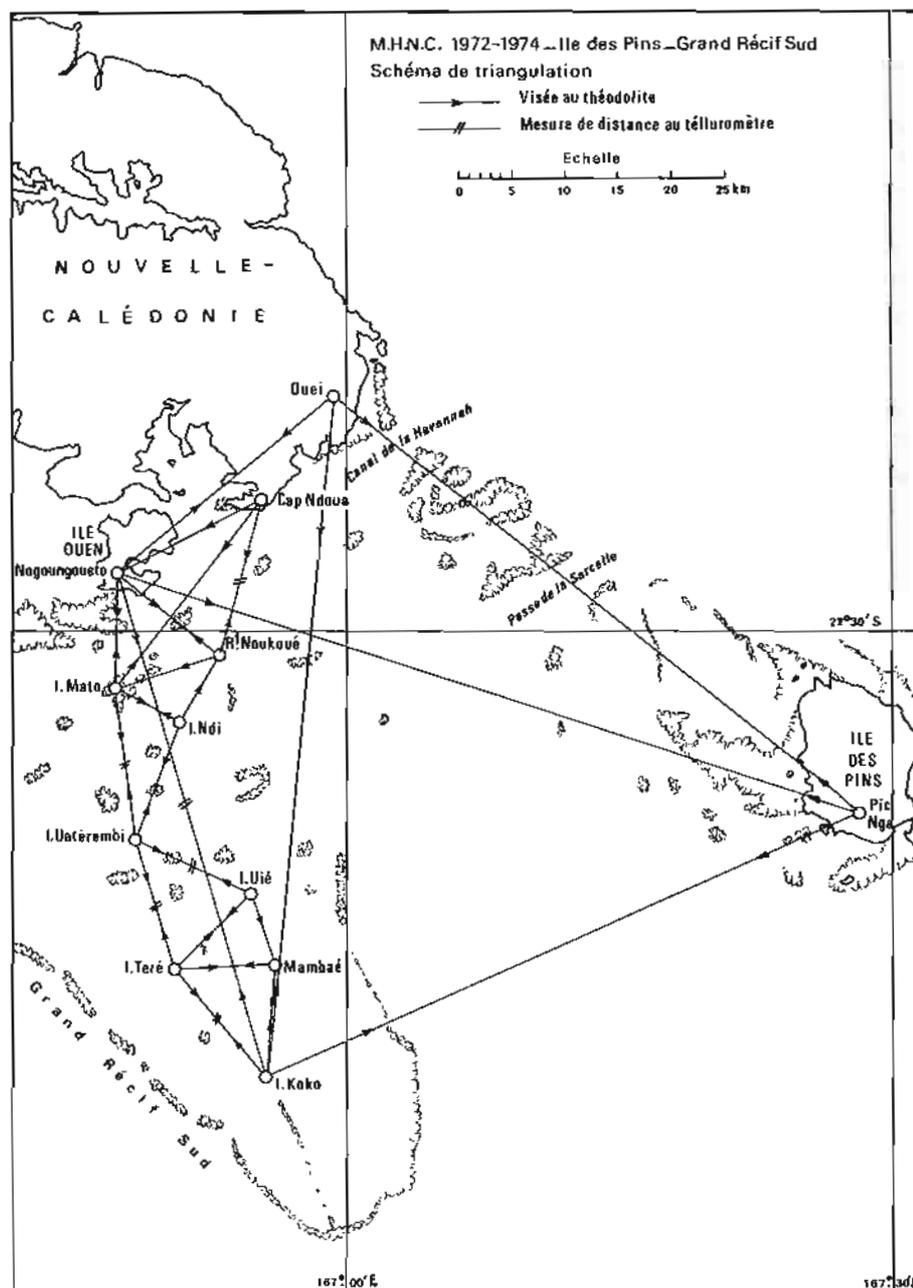


FIG. 23

7. TRIANGULATION DES ILOTS DU GRAND RÉCIF SUD ET DE L'ILE DES PINS.

En vue d'uniformiser la triangulation dans le Sud de la Grande Terre et de préparer les levés dans la zone des récifs du Sud, la Mission a procédé au rattachement (préciser 1^{er} ordre) de l'île des Pins (Pic Nga) et de l'îlot Koko à la triangulation principale de l'I.G.N. (points de 1^{er} ordre Nogoungouéto et Ouei).

La position du Pic Nga avait déjà déterminée par

l'I.G.N. en 1954, par deux visées « en sifflet » (20°) depuis les deux points précités de la Grande Terre, ce qui laissait une certaine imprécision sur les coordonnées du point.

L'opération a consisté dans l'observation des angles du quadrilatère Ouei, Nogoungouéto, Koko, Pic Nga, au théodolite Wild T3, à 32 tours et dans la mesure de la distance : Nogoungouéto - Koko au telluromètre MRA3 (huit séries de mesure).

On a ensuite observé une chaîne de triangles entre l'îlot Koko et les points I.G.N. Nogoungouéto et Cap Ndoua (I.G.N. 2^e ordre) : les mesures d'angles étaient faites au théodolite Wild T3 à 16 tours et les mesures de distances au telluromètre MRA3 (quatre séries de mesures).

La figure 23 donne le schéma de la triangulation.

Toutes les stations étaient centrées, les visées s'effectuant de nuit sur projecteurs type I.G.N. pour la triangulation de 1^{er} ordre, de jour sur pyramides de 8 m munies de mires type Figaret pour l'observation de la triangulation de 2^e ordre.

Les travaux sur le terrain ont été effectués avec le concours du patrouilleur *La Bayonnaise* commandé par le Lieutenant de Vaisseau De Maintenant.

La figure 24 donne le schéma des pyramides utilisées.

Les calculs, avec compensation, ont été effectués par l'Institut Géographique National sur demande de l'Etablissement Principal du S.H.O.M.

Les coordonnées calculées font l'objet du tableau XII.

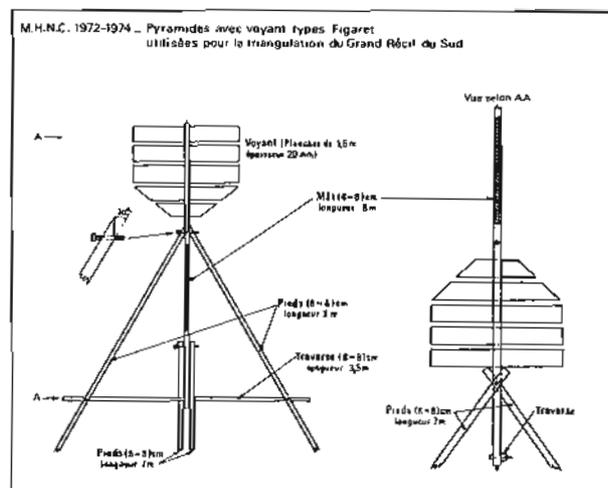


FIG. 24

Tableau XII

Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C.

Triangulation Grand Récif Sud

Projection M.T.U. — Fuseau 58 — Système I.G.N. 1972

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
Pic Nga (île des Pins)	borne	752 654,36	7 492 483,68	point I.G.N. redéterminé
Koko	borne M.H.N.C.	697 963,40	7 468 099,17	pyramide centrée
	tube en fonte	697 959,79	7 468 116,60	point du S.T. redéterminé
Téré	borne M.H.N.C.	689 432,71	7 478 394,73	pyramide centrée
	repère	689 456,64	7 478 331,19	point rattaché
Mambaé	borne M.H.N.C.	698 665,35	7 478 722,48	pyramide centrée
	tube en plastique empli de ciment	698 673,68	7 478 707,71	point rattaché
Uié	borne M.H.N.C.	696 495,72	7 485 440,92	pyramide centrée
	tube en plastique empli de ciment	696 525,65	7 485 443,95	point rattaché
Uatérembi	borne M.H.N.C.	685 900,23	7 490 483,46	pyramide centrée
	repère scellé dans une dalle de corail	685 861,28	7 490 611,25	point rattaché
Ndi	borne M.H.N.C.	689 933,75	7 501 484,34	pyramide centrée
	borne B (tube plas- tique)	689 943,69	7 501 498,11	point rattaché
	repère scellé dans le corail	689 955,63	7 501 462,88	" "
Mato	douille scellée au centre d'un tube en plastique empli de ciment	683 941,33	7 504 837,98	pyramide centrée
	tube en fonte	683 942,23	7 504 837,67	point rattaché
Noukoué	borne M.H.N.C.	693 763,32	7 507 644,16	pyramide centrée
	repère scellé dans corail	693 759,35	7 507 630,18	point rattaché

CHAPITRE II

ILES LOYAUTÉ

1. LEVÉ DU BEACHING DE FAYAOUÉ
(ILE OUVÉA).

1.1. Généralités.

La Mission a effectué, du 23 mai au 6 juin 1972, le levé d'une zone située devant le village de Fayaoué en vue de définir un « beaching » pour un bâtiment du type Edic.

La mission était presque achevée lorsque le passage sur l'île de la dépression tropicale Ida, le 3 juin, a interrompu le travail en détruisant d'un coup tous les repères installés sur la plage pour le sondage. Il a été nécessaire de tout reprendre et d'envoyer la *Boussole* pour terminer les travaux (recherches des hauts-fonds), du 12 au 17 juin.

1.2. Configuration du terrain (voir fig. 25).

L'île d'Ouvéa est en fait un atoll ayant l'allure générale d'un triangle grossièrement équilatéral d'environ 35 km de côté; cet atoll aurait basculé, le côté Est émergeant jusqu'à une altitude d'une trentaine de mètres, les deux autres côtés se réduisant à un chapelet d'îlots et de récifs.

L'île d'Ouvéa proprement dite, qui borde à l'Est le lagon, se compose de deux presqu'îles reliées par un isthme étroit. Le rivage du lagon se réduit à deux plages séparées à la hauteur de l'isthme par une côte formée de falaises de corail très découpées et de forme convexe. Fayaoué se trouve sur la plage Sud.

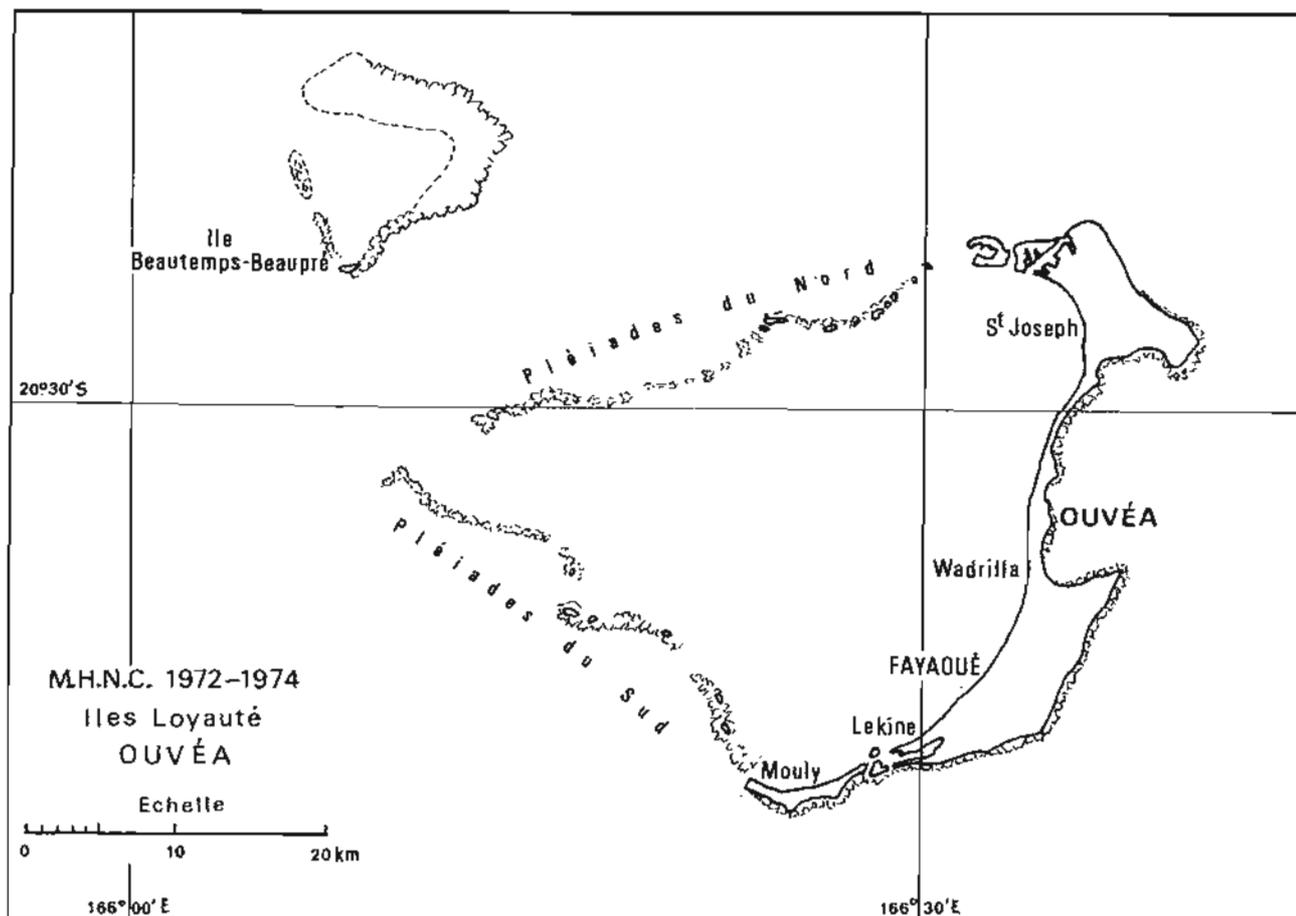


FIG. 25

Tableau XIII

Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C.
Ile Ouvéa - Fayaoué

Projection M.T.U. — Fuseau 58 — Système M.H.N.C. 1972

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
Wadrilla	Temple (axe fronton)	663 374,66	7 721 487,60	Fiche géodésique établie
	Repère M.H.N.C.	663 199,40	7 721 246,79	" " "
Waguélo	Borne Astro I.G.N.	662 970,00	7 720 520,00	Déterminé par I.G.N.
	Repère auxiliaire I.G.N.	662 963,24	7 720 517,59	" " "
	Borne S.H.	662 977,75	7 720 499,38	Fiche géodésique établie
Nimaha	Temple (axe fronton)	662 778,44	7 719 070,70	" " "
Banout	Temple (axe fronton)	662 050,22	7 717 615,53	" " "
	Borne en fonte	662 034,43	7 717 590,56	Repère d'azimut de l'I.G.N.
Fayaoué 1	Borne Service Topo	660 981,59	7 715 918,29	Fiche géodésique établie
Fayaoué	Eglise clocher N.	660 974,47	7 715 787,15	" " "
	clocher S.	660 968,66	7 715 777,80	" " "
Fayaoué 2	Monument (axe)	660 916,26	7 715 816,47	" " "
	Repère de nivellement	660 916,31	7 715 815,41	" " "
	Borne S.H.	660 867,67	7 715 781,05	" " "
Fayaoué	Temple (marque dans le dallage)	660 874,6	7 515 632,9	Point transformé du Service Topographique — fiche géodésique établie
Fayaoué	Monument aux Morts (axe)	660 426,6	7 715 112,4	Fiche géodésique établie
	Borne Service Topo	660 407,33	7 715 147,78	" " "
	Mât du pavillon Gendarmerie	660 466,67	7 715 203,34	" " "
Wakat	Temple (axe fronton)	659 292,11	7 713 809,00	" " "
	Borne S.H.	659 234,99	7 713 811,54	" " "

1.3. Géodésie (voir fig. 26).

Il n'existe pas de triangulation dans l'île, les points placés par l'I.G.N. étant des points astronomiques. Par ailleurs, la configuration du terrain telle qu'elle vient d'être décrite, interdit absolument l'exécution d'une triangulation classique, à moins d'élever des signaux au-dessus de la végétation, ce qui n'était pas dans les possibilités de la Mission.

C'est pourquoi on a utilisé intensivement le telluromètre et placé les différents points par gisement-distance à partir du point astronomique de l'I.G.N. « Waguélo ».

— Gisement de référence.

Le carnet de coordonnées I.G.N. indique une référence d'azimut au point astronomique Waguélo sur le « Clocher de Fayaoué » (le repère d'azimut de « Banout » n'ayant pu être retrouvé qu'à la fin de la Mission); or, l'église de Fayaoué possède deux clochers. Pour lever le doute, on a observé au T3 un azimut astronomique Waguélo-Wakat par

l'heure, celle-ci étant contrôlée avant et après la séance par les tops-horaires émis en continu par la station de Hawaï. Quatre étoiles ont été observées en séries de 5 tops chacune. Compte tenu de la bonne qualité des observations, on a adopté le gisement de référence issu de ces observations, qui diffère de celui de l'I.G.N. d'une dizaine de secondes sexagésimales environ.

— Mesure des angles et des distances.

Les angles déterminant les directions à partir de la borne astronomique de Waguélo ont tous été mesurés au théodolite Wild T3 (8 tours d'horizon).

Les distances ont été mesurées au telluromètre MRA 3 (2 séries de mesures avec permutation Master-Remote).

Il n'a pas été possible de centrer systématiquement les stations au telluromètre sur toutes les bornes, étant donné la végétation qui couvre les abords de la plage, mais les réductions au centre ont été soigneusement observées; la détermination des coordonnées des amers (temples) a nécessité le plus souvent l'observation et la résolution d'un

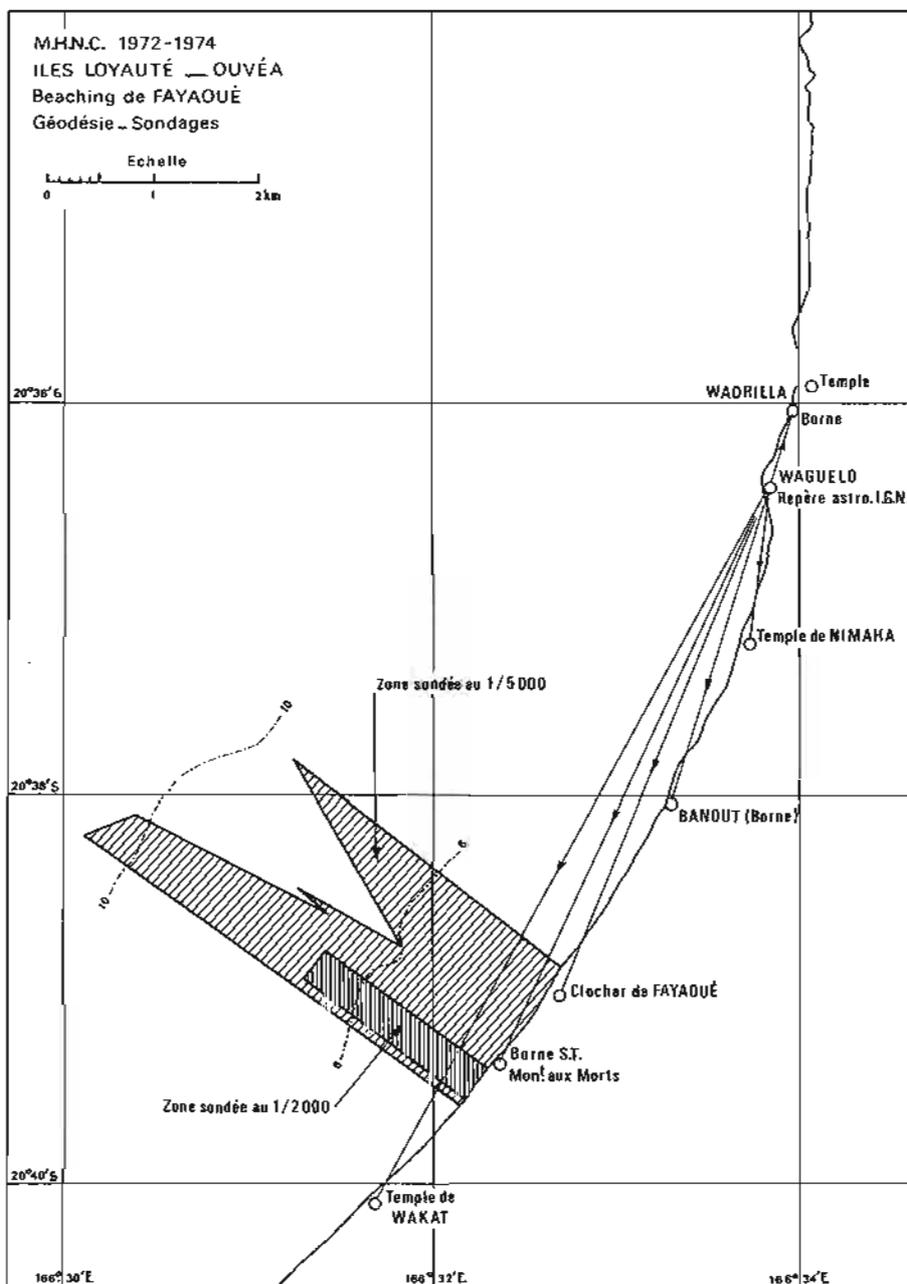


FIG. 26

triangle avec une mesure de base à la Stadia en invar. Les coordonnées des points déterminés sont données dans le tableau XIII.

On trouvera au paragraphe 1.11 une étude sur la comparaison des coordonnées de certains points communs à la triangulation M.H.N.C. et à un cheminement effectué antérieurement à 1960 et dont les résultats ont été communiqués à la Mission par le Service Topographique du Territoire.

1.4. Sondages (voir fig. 26).

Le sondage a été effectué avec le youyou de 5,5 m de la Mission équipé d'un propulseur de

20 CV et d'un sondeur hors-bord Kelvin-Hugues MS 26 F.

Chaque profil perpendiculaire à la côte était matérialisé à l'aide d'un théodolite centré sur des points piquetés à l'avance sur la plage, deux théodolites assurant les relèvements traversiers. Les profils de sonde étaient poursuivis le plus au large possible, en vue d'atteindre, dans la mesure du possible, les fonds de 10 m. En fait, le faible gradient du fond et l'état de la mer qui se détériorait au fur et à mesure que l'on s'éloignait de l'abri de la côte, n'ont pas permis d'atteindre ces fonds la majeure partie du temps.

La zone qui figure sur la figure 26 a été sondée à l'échelle de 1/5 000 (écartement des profils 50 m). Après examen des bandes de sondes, on a défini

une zone d'environ 300 m de largeur, paraissant relativement saine, qui a été explorée le long de profils d'écartement 10 m.

La rédaction de ce levé de détail a été effectuée à l'échelle du 1/2 000, pour des raisons de commodité de construction.

Les recherches de hauts-fonds ont été effectuées à l'aide des vedettes de la *Boussole* et rédigées directement sur les minutes.

1.5. Topographie.

La topographie du trait de côte (laisse de pleine mer) a été déterminée sur la partie adjacente à la zone levée par les moyens classiques (mires placées par théodolites).

En outre, des photographies aériennes verticales ayant été prises par le DC3 de la Section de Liaison, on a rédigé une minute de topographie à l'échelle de 1/5 000 qui couvre une zone allant du cimetière de Fayaoué à Wakat.

1.6. Marée. Nivellement.

En raison de la nature de la côte (plage) et de la faible durée impartie à la mission, on n'a pu installer de marégraphe. La marée a été observée sur une échelle installée près de l'église de Fayaoué. L'implantation de l'observatoire et la description des repères sont données sur la figure 27. Une concordance entre pleines et basses mers a été effectuée avec la marée de Wé (Lifou) et de Nouméa (figures 28 et 29). Le zéro de réduction des sondes a été choisi à la cote $-6,006$ m par rapport au repère A.

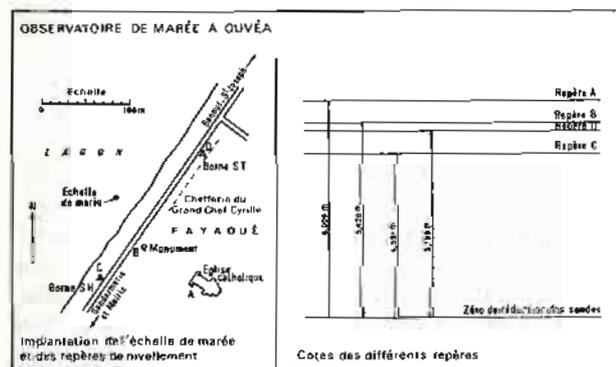


FIG. 27

1.7. Mesures de courant.

Un courantographe avait été mouillé au voisinage de la zone levée et les contrôles au relevage

M.H.N.C. 1972-1974 - Marée à OUVÉA

Concordance en hauteur avec la marée de WÉ (Ile LIFOU)
(Périodes du 25/5/72 au 5/6/72 et du 13/6/72 au 16/6/72)

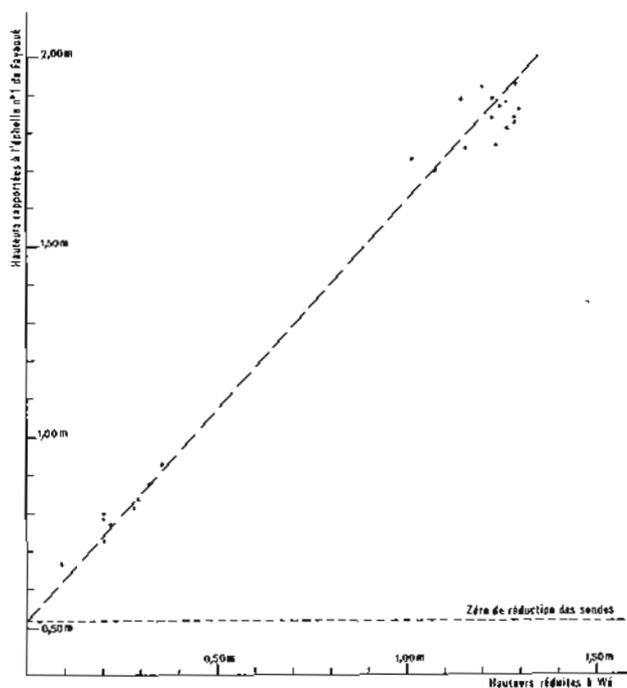


FIG. 28

M.H.N.C. 1972-1974 - Marée à OUVÉA

Concordance en hauteur avec la marée de NOUMÉA
(Périodes du 25/5/72 au 5/6/72 et du 13/6/72 au 16/6/72)

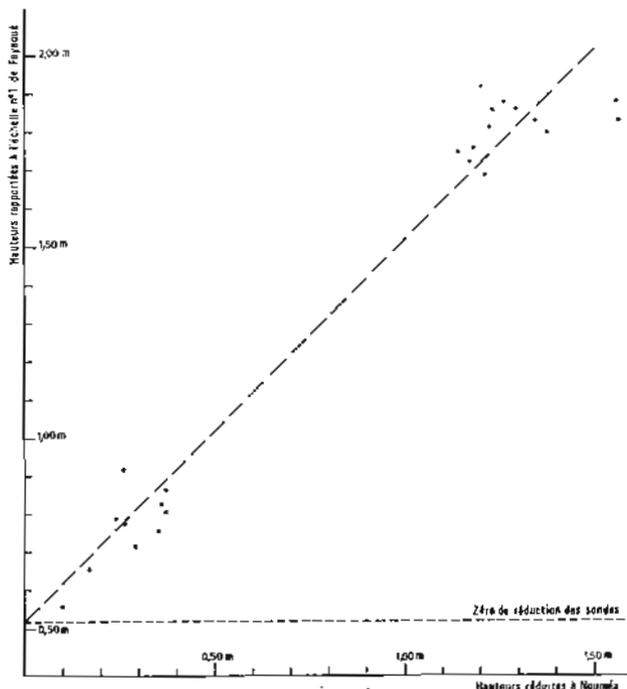


FIG. 29

avaient confirmé un bon fonctionnement de l'appareil. On s'est aperçu seulement au dépouillement que le compas était resté bloqué et qu'en conséquence, les mesures étaient parfaitement inexploitable.

1.8. Natures du fond.

Elles ont été prises au plomb suiffé aux nœuds de mailles de 500 m de côté environ pour la zone levée au 1/5 000, de 100 m pour la zone rédigée au 1/2 000.

1.9. Déclinaison magnétique.

Elle a été mesurée au théodolite boussole Wild T0 sur le repère situé près du point astronomique de Waguelo.

La valeur brute obtenue est de : 11°55'E, mesurée à 7 h 30, 10 h 00 et 11 h 15 (T.U. + 11).

Il n'y a pas eu de mesure de la variation diurne.

1.10. Documents rédigés.

- 73.14.1. B2 Bathymétrie « Fayaoué », au 1/2 000.
73.14.2. B5 Bathymétrie « Fayaoué », au 1/5 000.
73.14.5. T5 Topographie « Fayaoué », au 1/5 000.

1.11. Comparaison des systèmes géodésiques M.H.N.C. 1972 et Service Topographique 1960.

Un cheminement avait été effectué par le Service Topographique entre Waguelo et le Monument aux

Morts de Fayaoué. La Mission n'en a eu connaissance qu'au cours des travaux sur le terrain, ce qui l'a incitée à rechercher les bornes suivantes :

— Banout, qui a été retrouvée et rattachée au canevas géodésique.

— Waguelo (point astronomique replacé à l'époque), retrouvée.

— N° 1 S.T. à Fayaoué, retrouvée et rattachée.

Un certain nombre de points sont communs aux deux systèmes ; ils ont servi de base de comparaison.

L'écart entre les deux systèmes est dû :

— à la différence d'orientation : la M.H.N.C. a utilisé ses propres mesures ; le Service Topographique a utilisé une valeur sensiblement différente, qui, ramenée à la même origine, avec l'imprécision que cela entraîne, s'écarte de 13,7'' de la précédente.

(Orientation M.H.N.C. : Repère auxiliaire I.G.N. → Borne Wakat :

$$Z = 208^{\circ} 31' 15,5''$$

Orientation S.T. : Borne Banout → Point astronomique fondamental

$$V = 19,6756^{\circ}$$

— à une différence possible d'échelle (le cheminement S.T. ayant été effectué à la Stadia en invar).

Les points communs aux deux systèmes sont les suivants :

	X (S.T.)	Y (S.T.)
Banout (borne)	662 034,71	7 717 590,69
Fayaoué (borne ST 1)	660 982,13	7 715 918,60
Clocher N. église Fayaoué	660 974,93	7 715 787,44
Clocher S. église Fayaoué	660 969,15	7 715 778,09
Monument devant église Fayaoué	660 916,74	7 715 816,72
Borne LB 1	660 407,85	7 715 148,19
Monument aux Morts	660 427,47	7 715 112,43

A priori, le passage d'un système à l'autre s'effectue donc par rotation et homothétie, c'est-à-dire que les formules de transformation seront de la forme :

$$U = k(u \cos \alpha - v \sin \alpha)$$

$$V = k(v \cos \alpha + u \sin \alpha)$$

avec :

$$U = X - x_0$$

$$V = Y - y_0$$

$$u = x - x_0$$

$$v = y - y_0$$

où X et Y sont les coordonnées d'un point dans le système S.T.

x et y sont les coordonnées du même point dans le système M.H.N.C.

x_0 et y_0 sont les coordonnées (identiques dans les deux systèmes) du repère I.G.N. de Waguelo.

α est l'angle de rotation (de l'ordre de + 13,7'' a priori).

k un facteur d'échelle.

On a déterminé α et k à l'aide des coordonnées des points communs. Les valeurs moyennes trouvées, en éliminant le Monument aux Morts (aberrant) sont :

$$\alpha = +13,4''$$

$$k = 0,9999 123$$

$$\sin \alpha = 0,0000 650$$

D'où la formule de transformation simplifiée (où $\cos \alpha \approx 1$) :

$$U = 0,9999 123 (u - 0,0000 650 v)$$

$$V = 0,9999 123 (v + 0,0000 650 u)$$

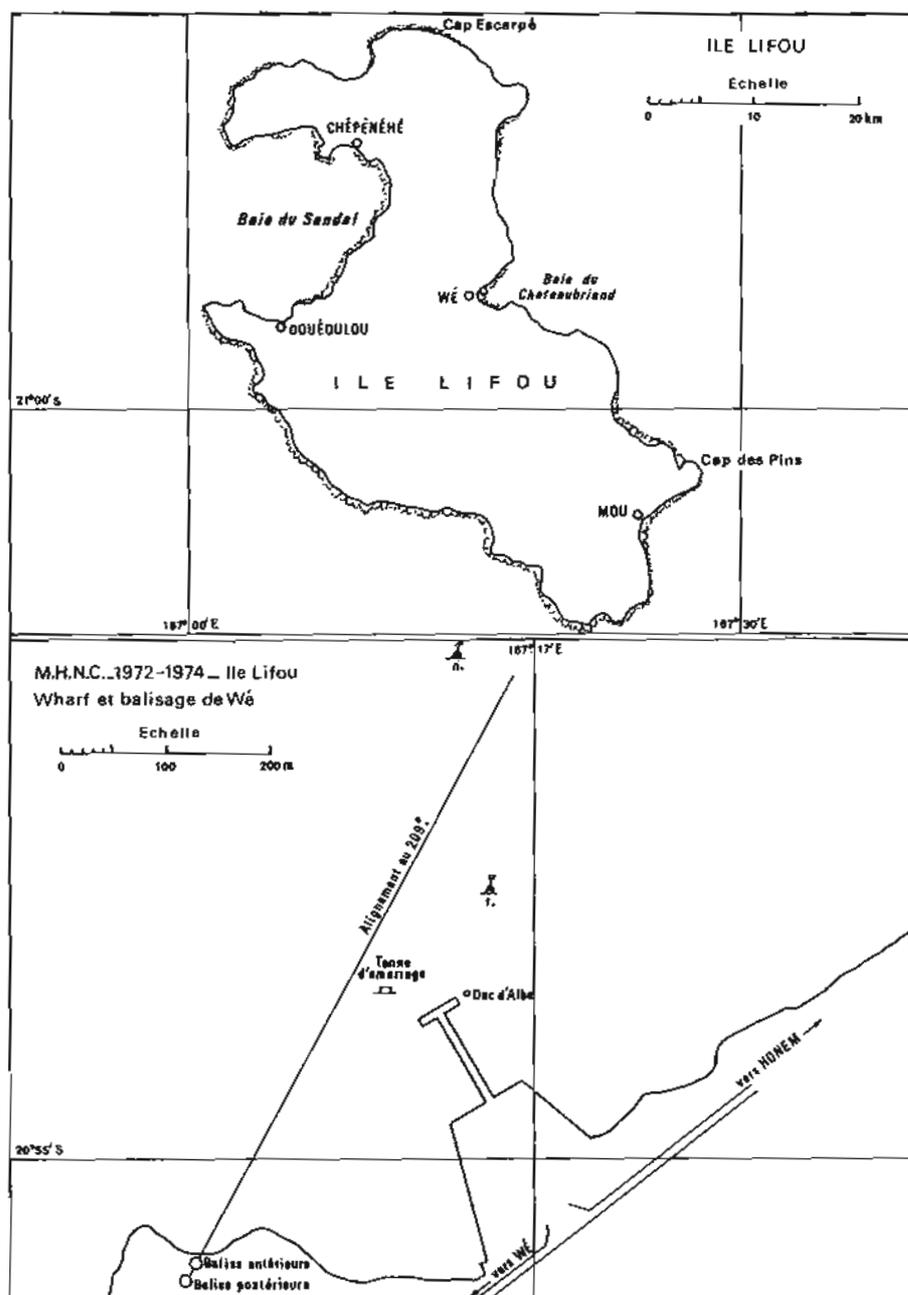


FIG. 30

ou encore en remplaçant U, V, u, v par leurs valeurs :

$$X = 0,9999\ 123\ x - 0,0000\ 650\ y + 559,93$$

$$Y = 0,9999\ 123\ y + 0,0000\ 650\ x + 634,00$$

En effectuant la transformation à l'aide de cette formule sur les points communs aux deux systèmes, on trouve un écart quadratique moyen de 4 cm en X et de 6 cm en Y.

La précision de la transformation est donc finalement fort convenable.

2. TOPOGRAPHIE EN BAIE DU CHATEAUBRIAND (Ile Lifou) (figure 30).

A la suite de la construction d'un wharf en baie du Chateaubriand à Wé, la Mission a été amenée à déterminer le plan de l'ouvrage ainsi que la position du balisage d'accès, les documents disponibles étant trop sommaires, voire inexistantes.

Cette opération a donné lieu à un petit levé topographique réalisé par visées au théodolite à

partir des points de la triangulation M.H.N.C. 1969
(*)).

Les coordonnées sont données dans le tableau
XIV ci-dessous.

Tableau XIV

*Coordonnées des points déterminés par la M.H.N.C.
Baie du Chateaubriand (Ile de Lifou)
Projection M.T.U. — Fuseau 58 — Système M.H.N.C. 1969*

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
Alignement au 209°	Balise antérieure Balise postérieure	737 171,5 737 161,9	7 685 266,0 7 685 249,2	Alignement très peu sensible
Bouée Conique Rouge	Voyant cylindre rouge	737 453,5	7 685 599,5	$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 20^{\circ} 54' 52,1'' \text{ S} \\ G = 167^{\circ} 16' 58,5'' \text{ E} \end{array} \right.$
Bouée Conique Noire	Voyant cône noir	737 426,9	7 685 817,0	$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 20^{\circ} 54' 45,0'' \text{ S} \\ G = 167^{\circ} 16' 57,5'' \text{ E} \end{array} \right.$
Tonne d'amarrage	Cylindre blanc	737 355,6	7 685 510,3	$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 20^{\circ} 54' 53,3'' \text{ S} \\ G = 167^{\circ} 16' 55,2'' \text{ E} \end{array} \right.$

(*) Cf. rapport de M. Pérez (déjà cité).

CHAPITRE III

NOUVELLES HÉBRIDES

LEVÉ EXPÉDITIF A PORT SANDWICH (ILE MALLICOLO)

1. GÉNÉRALITÉS.

A la suite d'une demande du Commissaire Résident de France aux Nouvelles-Hébrides, la *Boussole* a effectué, à son retour de carénage à Suva, une mission à Port Sandwich du 20 au 22 mars 1972.

Le but de la mission était de reconnaître l'accès de Port-Sandwich et de définir un schéma de balisage qui en permette l'entrée : le mouillage est en effet un excellent abri en cas de cyclone (voir fig. 31).

Les travaux ayant conduit à la rédaction d'une minute, la Mission a profité du passage du dragueur *La Bayonnaise* à Port Sandwich les 4 et 5 novembre 1972 pour préciser quelques points (géodésie, nivellement) susceptibles d'améliorer la qualité du levé.

2. GÉODÉSIE.

Lors du séjour de la *Boussole*, aucun travail de

géodésie n'avait été effectué, compte tenu du temps limité dont disposait le bâtiment et du fait que la mission avait un but de simple vérification, puisqu'il ne s'agissait, au départ, que de confirmer l'existence de fonds suffisants de part et d'autre des routes conseillées. On s'est aperçu, par la suite, qu'il était possible de rédiger le levé de façon plus définitive, à condition de préciser la géodésie, ce qui a été fait à l'occasion du passage de *La Bayonnaise* à Mallicolo.

Le « point d'observation » qui figure sur la carte marine n'ayant pu être retrouvé, nous sommes partis des coordonnées géographiques de l'une des stations de guidage (piquet en fer Pointe Planter) lues sur la carte marine n° 4865.

Un azimut astronomique sur le soleil a été effectué pour l'orientation et une base a été mesurée à la stadia en invar.

Deux bornes retrouvées à proximité des stations « Planter » et « Pearl » ont été rattachées à la triangulation.

La figure 32 donne le schéma de la triangulation observée et le tableau XV les coordonnées des points utilisés.

Tableau XV

Coordonnées des points utilisés par la M.H.N.C.

Ile Mallicolo — Port Sandwich

Projection M.T.U. — Fuseau 58 — Système M.H.N.C. 1972

Nom du point	Nature	X	Y	Observations
Pointe Planter	Station	797 499,81	8 180 600,35	Piquet en fer
	Borne	797 522,76	8 180 612,88	Borne
Pointe de la Pearl	Station	796 913,25	8 181 118,77	Piquet en fer
	Borne	796 912,83	8 181 118,82	Borne
	Signal	796 898,0	8 181 120,4	Pyramide
Pointe Deep	Station	797 711,68	8 181 955,18	Piquet en fer
Rocher Tambu	Signal	798 916,4	8 181 348,8	Pyramide

Balisage flottant

Désignation	X	Y	φ	G
Bouée n° 2	797 969	8 181 310	16° 25' 52" S	167° 47' 24" E
Bouée n° 4	797 656	8 181 332	16° 25' 51" S	167° 47' 13" E
Bouée n° 6	797 490	8 181 176	16° 25' 56" S	167° 47' 08" E

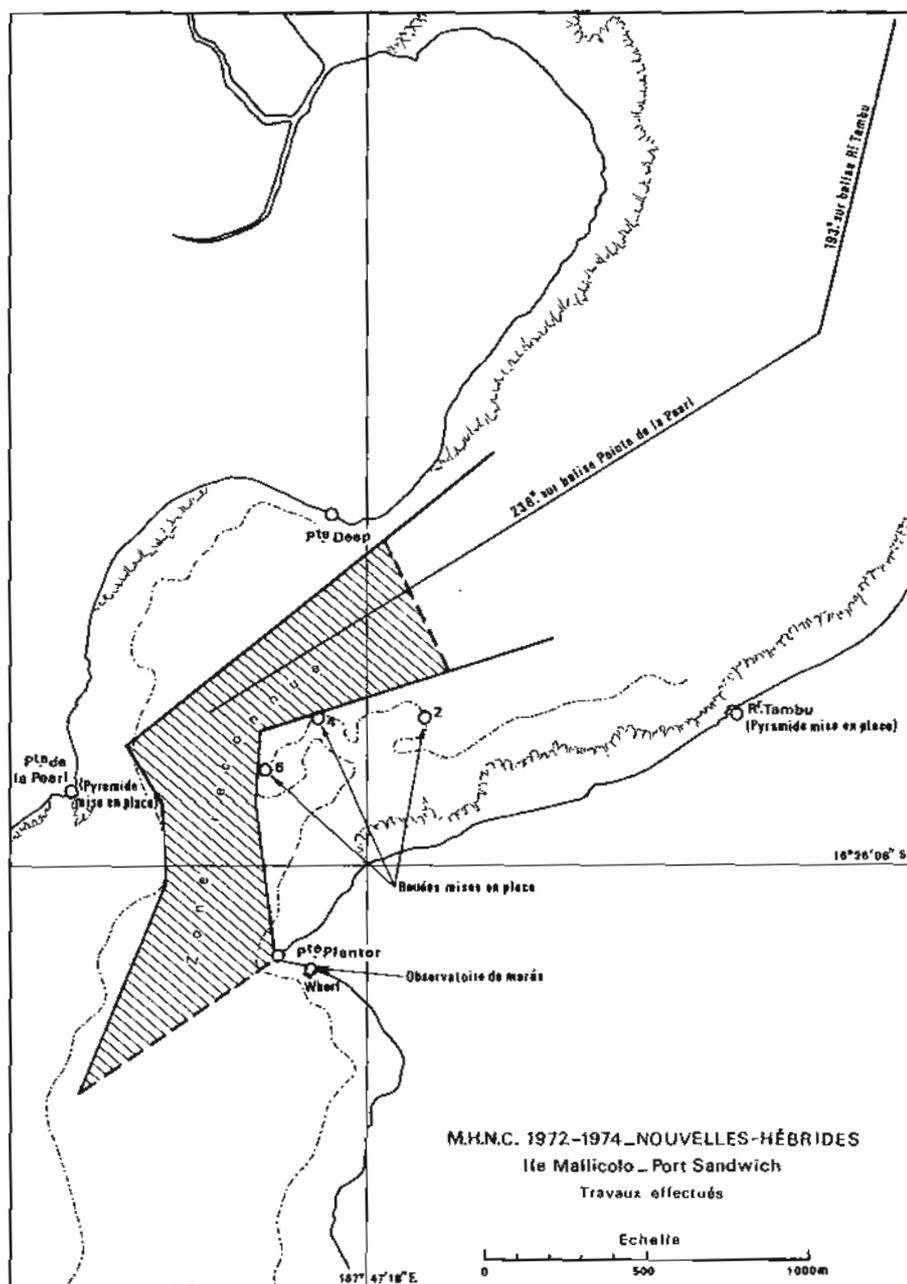


FIG. 31

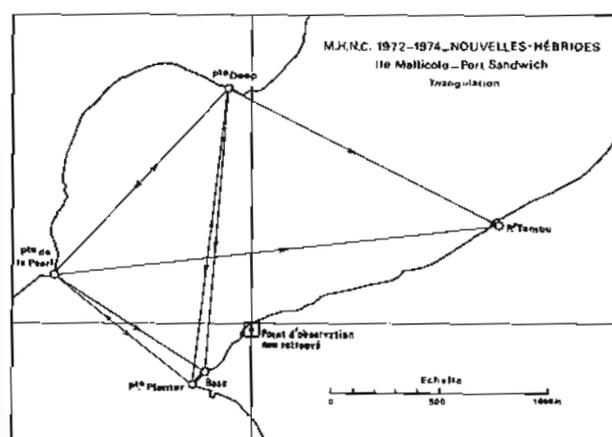


FIG. 32

3. SONDAGES.

Les travaux de sondage ont été effectués sous la direction du Lieutenant de vaisseau Le Boursicaud, Commandant le BH.2 *Boussole*, par le Maître Hydrographe L'Yavanc (voir fig. 31).

Ils ont consisté en l'exécution de sondages de vérification des fonds sur profils radioguidés

4. MARÉE. NIVELLEMENT. RÉDUCTION DES SONDES.

La marée a été observée pendant les heures de sondage sur une échelle installée sur le wharf de la Pointe Planter.

L'échelle avait été repérée en nivellement par rapport au niveau du plancher du wharf.

A l'occasion du passage de *La Bayonnaise*, le nivellement par rapport à un repère scellé dans l'enracinement du wharf a été effectué (voir fig. 33).

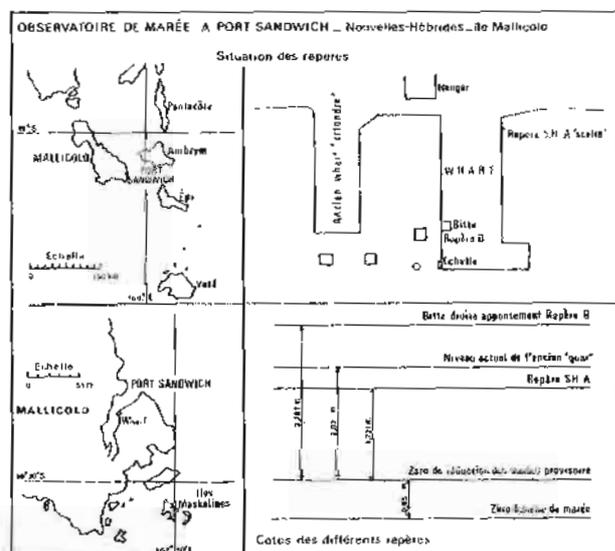


FIG. 33

Deux pleines mers et une basse mer ont été observées. Elles ont permis l'établissement d'un graphique de concordance avec la marée de Nouméa (figure 34) : le niveau de réduction des sondes a été choisi en « concordance » avec celui de Nouméa. Il est bien évident que la précision d'une telle détermination est faible, mais nous avons préféré utiliser ce procédé plutôt que de rechercher le niveau de réduction indiqué sur la carte marine : le « quai en pierre » est effondré et la détermination du niveau moyen sur une journée n'est pas plus précise.

Quoi qu'il en soit, on peut voir sur la « droite de concordance » que le niveau moyen de la journée du 21 mars est en assez bonne concordance avec celui de Nouméa et que si on reporte le niveau de réduction des sondes adopté sur la carte (0,70 m en-dessous du niveau moyen), on obtient une valeur qui est en concordance avec un niveau compris entre 0,30 et 0,35 m à Nouméa, et qui correspond vraisemblablement au niveau des basses mers moyennes de vive-eau, probablement adopté comme niveau de réduction des sondes par les missions

M.H.N.C. 1972-1974 - NOUVELLES-HÉBRIDES - MALLICOLO
MARÉE À PORT SANDWICH
Concordance en hauteur avec la marée de NOUMÉA

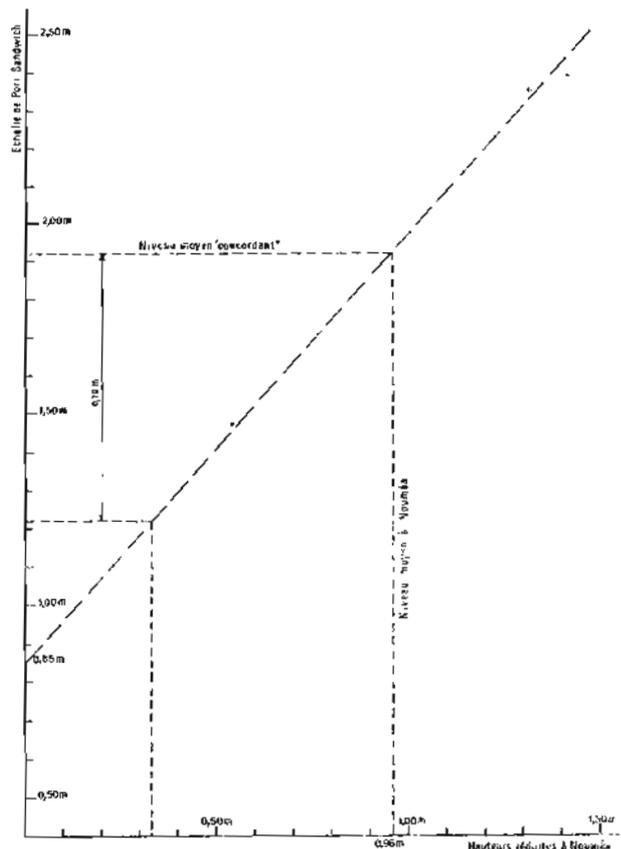


FIG. 34

hydrographiques britanniques qui ont effectué le levé.

De toute façon, il faut considérer le zéro adopté comme un *zéro provisoire* qui ne pourrait être confirmé que par une observation de marée de longue durée.

5. RÉDACTION.

Malgré le caractère de simple vérification qu'avait à l'origine le travail entrepris, il a été jugé utile de rédiger une minute de bathymétrie à l'échelle de 1/5 000. Le niveau de réduction des sondes est défini au § 4 ci-dessus.

6. TOPOGRAPHIE.

Elle a été reportée sur la minute d'après la carte marine 4865.

7. TRAVAUX DE BALISAGE.

Trois bouées (provisoires) numérotées 2, 4 et 6 ont été mouillées pour délimiter les « pâtes Gedge » aux positions suivantes (prises sur la minute) :

— bouée n° 2 :

$$\begin{aligned}\varphi &= 16^{\circ}25'52''\text{S} \\ G &= 167^{\circ}47'24''\text{E}\end{aligned}$$

— bouée n° 4 :

$$\begin{aligned}\varphi &= 16^{\circ}25'51''\text{S} \\ G &= 167^{\circ}47'13''\text{E}\end{aligned}$$

— bouée n° 6 :

$$\begin{aligned}\varphi &= 16^{\circ}25'56''\text{S} \\ G &= 167^{\circ}47'08''\text{E}\end{aligned}$$

Deux pyramides de bois, peintes en blanc, ont été installées :

— d'une part sur le rocher Tambu; position :

$$\begin{aligned}\varphi &= 16^{\circ}25'50''\text{S} \\ G &= 167^{\circ}47'56''\text{E}\end{aligned}$$

— d'autre part sur la pointe de la Pearl; position :

$$\begin{aligned}\varphi &= 16^{\circ}25'58''\text{S} \\ G &= 167^{\circ}45'48''\text{E}\end{aligned}$$

8. DOCUMENTS ÉTABLIS.

73.12.1. BT5 Bathymétrie et Topographie « Port Sandwich » au 1/5 000.

9. COMPARAISON AVEC LES DOCUMENTS EXISTANTS.

La comparaison de la minute et de la carte confirme la validité des sondes portées sur cette dernière.

La cote de la tête du haut-fond (non coté sur la carte) située à 0,3 mille au Nord de la Pointe Planter a été recherchée; elle a été trouvée à 2,9 m au-dessous du zéro provisoire défini ci-dessus.

CHAPITRE IV

TRAVAUX DIVERS

1. PROFILS BATHYMÉTRIQUES EXÉCUTÉS AU COURS DE TRAVERSÉES DE LA BOUSSOLE.

1.1. Généralités (figure 35).

La plupart des traversées de la *Boussole* ont été mises à profit pour effectuer des mesures bathymétriques.

La position du bâtiment était déterminée en général par l'estime ou par points en vue de terre, excepté dans le cas du profil qui traverse les bancs des Chesterfield où la *Boussole*, qui précédait le N/O *Coriolis* de l'O.R.S.T.O.M. a été placée par relèvement distance de ce dernier navire, lui-même positionné par le système de navigation à satellites Transit.

Les sondes étaient mesurées à l'aide du sondeur Elac Deneb, dont le fonctionnement, parfois défectueux, a occasionné quelques « blancs » dans la rédaction des profils.

La rédaction a été effectuée sur canevas de Mercator à l'échelle de 1/1 000 000 (à la latitude de 33°)

Les profils exécutés sont les suivants :

- Nouvelle-Calédonie - Bancs des Chesterfield (avril 1972).
- Nouméa - Ile Norfolk (aller et retour) (février 1973).
- Papeete - Nouméa (septembre 1973).
- Nouméa - Ile Océan - Ile Nauru - Nouméa (novembre-décembre 1973).

1.2. Documents établis.

- 75.7.1. B 1000 :
Bathymétrie « Nouméa - Iles Chesterfield ».
- 73.15.1. B 1087 :
Bathymétrie « Traversée Norfolk - Nouméa ».
- 75.7.3. B 1000¹ :
Bathymétrie « Papeete - Vavao - Nouméa ».
- 75.7.5. B 1000² :
Bathymétrie « Papeete - Vavao - Nouméa ».
- 75.7.2. B 1000¹ :
Bathymétrie « Nouméa - Océan - Nauru - Nouméa ».
- 75.7.4. B 1000² :
Bathymétrie « Nouméa - Océan - Nauru - Nouméa ».

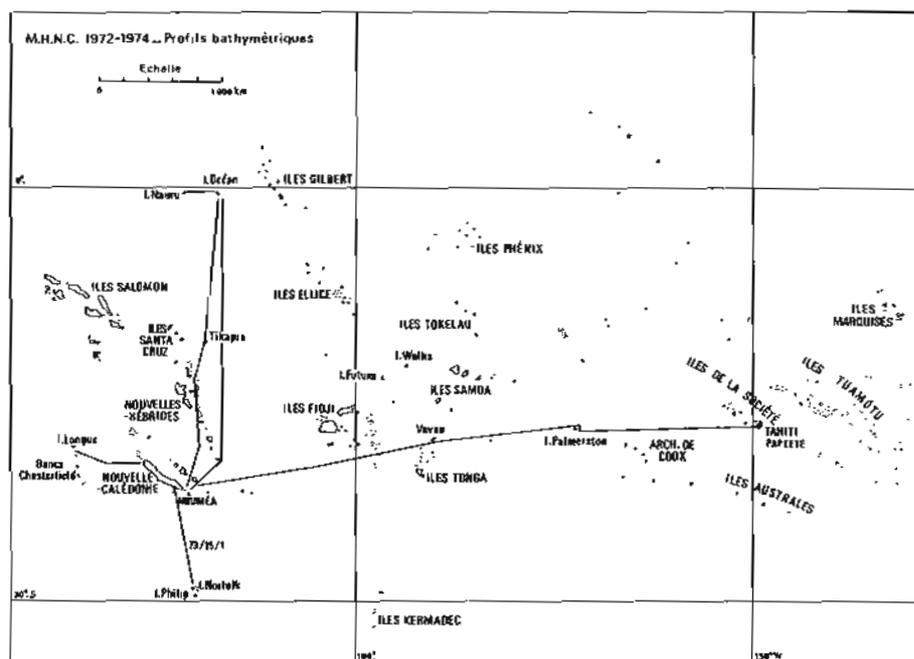


FIG. 35

2. RECHERCHE DU HAUT-FOND DE LA GAZELLE.

Au cours d'un transit entre les Iles Loyauté et le Nord de la Grande Terre, *La Bayonnaise* avait recherché, sans succès, le récif de la Gazelle, qui figure sur les cartes 4310 et 1960 avec les mentions et positions respectives :

- carte 4310 : E.D. $\varphi = 20^{\circ}10,5'S$ et $G = 165^{\circ}28,5'E$
- carte 1960 : P.D. $\varphi = 20^{\circ}11,0'S$ et $G = 165^{\circ}26,5'E$

La Mission a profité d'une sortie « Surmar » du DC4 de la Section de Liaison de Nouvelle Calédonie pour effectuer une recherche sur une zone plus vaste.

Le schéma de la recherche est donné sur la figure 36. Les conditions étaient excellentes : absence de nuages, houle réduite, proximité de la basse mer.

Aucun indice de haut-fond n'a été décelé (coloration de l'eau, brisants).

Sans pouvoir conclure de façon absolument affirmative à l'inexistence du récif, on peut cependant affirmer qu'il ne découvre certainement pas.

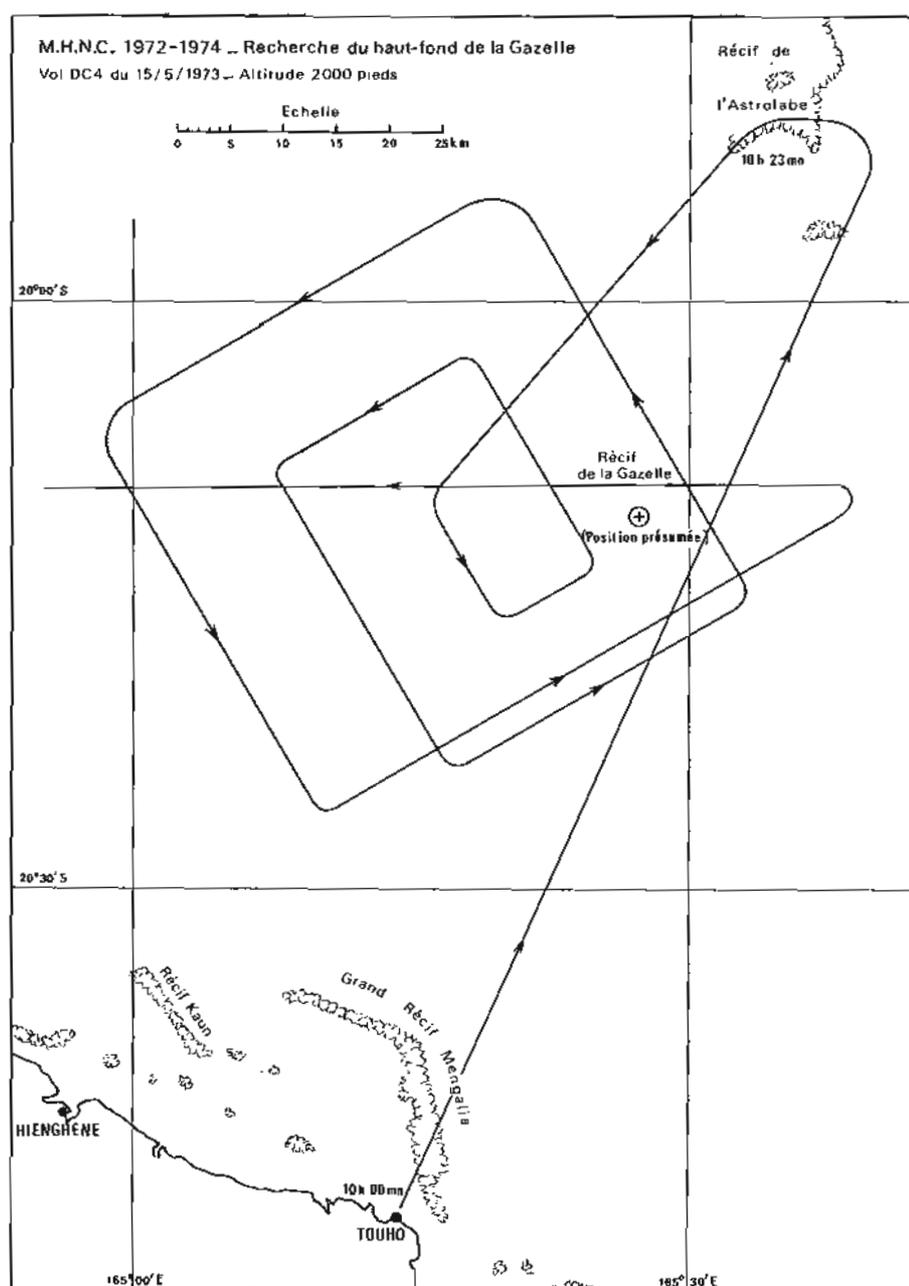


FIG. 36

3. CAMPAGNE OCÉANOGRAPHIQUE VATÉ.

La *Boussole* a participé à la campagne océanographique Vaté (Variations Temporelles à l'Equateur) organisée par la Section « Océanographie » de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.) de Nouméa. Le N/O *Coriolis* du C.N.E.X.O. participait également à cette campagne, qui s'est déroulée du 6 novembre au 4 décembre 1973.

3.1. Programme et observations (voir fig. 37).

Coriolis.

La mission du bâtiment était la suivante :

- réalisation du mouillage d'une bouée par grande profondeur (4 000 m);
- mesures absolues du courant équatorial de surface et du courant de Cromwell situé dans la thermocline au moyen de six courantomètres (à rotor de Savonius).
- mesure du courant équatorial intermédiaire et des autres courants profonds par poursuite de flotteurs de Swallow.

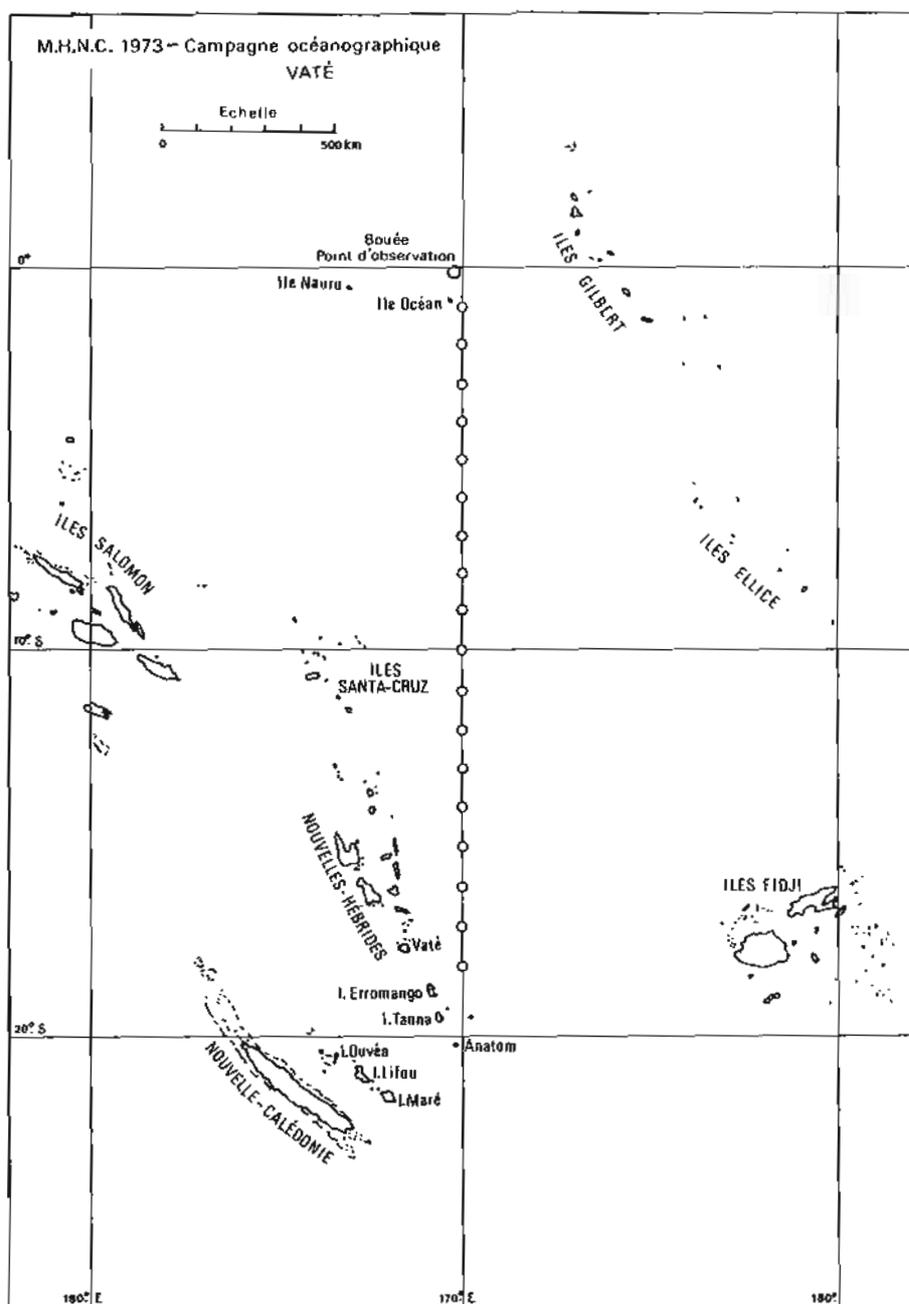


FIG. 37

Boussole.

Le programme de la *Boussole* comportait plus précisément :

— l'étude des variations à très longue période des profils verticaux de température, de salinité et d'oxygène au voisinage immédiat de la bouée mouillée en 00°04'S - 169°51'E;

— dans un deuxième temps, l'exécution de stations hydrologiques, espacées de 60 nautiques en moyenne, de l'Equateur à la latitude 19°30'S; en suivant le méridien 170°E.

Durant la première phase, le bâtiment a effectué une station d'hydrologie par jour (palanquée de 15 bouteilles), et des stations bathysonde toutes les deux heures (Bissett-Berman à enregistrement *in situ*).

Durant la deuxième phase, il a été exécuté 17 stations d'hydrologie, la bathysonde étant fixée à l'extrémité du câble d'hydrologie.

3.2. Déroulement de la campagne.

La campagne s'est déroulée sans incidents et conformément aux projets.

Les conditions météorologiques ont, dans l'ensemble, été très bonnes, notamment dans la zone

équatoriale, où ces circonstances favorables ont permis un bon comportement du mouillage de la bouée par grand fond.

Le matériel a fonctionné correctement (à l'exception des bouteilles à renversement Mécaboliier fournies par la M.H.N.C. et qui ont dû être remplacées par des bouteilles Niskin appartenant à l'O.R.S.T.O.M.), mais l'emplacement du treuil d'hydrologie (remplacé au cours du grand carénage du bâtiment à Papeete) rendait l'exécution des stations très délicates comme cela a déjà été noté par les précédents utilisateurs (*): par vent faible, la *Boussole* peut tenir la station en restant à 20° sur babord du lit du vent, le moteur en « avant très lente », mais dès que le vent atteint la vitesse de 10 nœuds, le bâtiment tombe inévitablement en travers. Les mouvements de plate-forme deviennent alors importants, le bateau dérive très vite et le câble d'hydrologie prend une inclinaison importante pouvant atteindre 40 à 50°.

3.3. Dépouillement des mesures.

Le dépouillement des mesures a été effectué au Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa.

(*) Cf. rapports de M. Bouiard et de M. Blavin (déjà cités).

ANNEXE I

VELETTE HYDROGRAPHIQUE « CORAIL »



La vedette hydrographique *Corail* a été achetée par la Marine Nationale en 1973, pour mise à la disposition de la Mission Hydrographique de Nouvelle-Calédonie, en remplacement de la vedette de même nom, qui avait été acquise en 1960 (*).

Le bâtiment, de 75 tonnes de déplacement, construit en acier, a été construit en 1967 aux Chantiers de Thuin, en Belgique, et a été utilisé, dans le Pacifique, comme bâtiment-base d'une équipe de plongeurs opérant sur des chantiers en Polynésie, puis en Nouvelle-Calédonie, pour le compte d'une société de travaux sous-marins. Sa longueur est de 17,80 m, sa largeur de 4,92 m et son tirant d'eau de 1,9 m.

Il est équipé d'un moteur diesel Caterpillar de 270 CV à 2 000 t/mn, qui lui permet une vitesse de 8,5 nœuds pour une autonomie de 2 000 milles marins.

L'alimentation électrique est assurée au mouillage

(*) Voir rapport de M. Ribet (*Annales Hydrographiques* 1965-1966, Tome XIII, 4^e série).

par un alternateur qui fournit le courant sous 220 V/50 Hz.

Pour la manœuvre, le bâtiment dispose de :

— 2 lignes de mouillages, à l'avant, et un treuil hydraulique de 1 200 kg, utilisé comme guindeau;

— un mât de charge, qui peut être utilisé avec un second treuil hydraulique de 500 kg, à l'arrière.

L'abri de navigation, entièrement fermé, réalisé en alliage léger, est équipé d'un radar Decca 202, d'un sondeur d'hydrographie Atlas Krupp Deso 10 et des émetteurs-récepteurs de radio (TRMM 3 A, ANGRC 9 et TRPP 13).

Une vaste soute permet le stockage du matériel et des vivres du bord et le transport du matériel d'une équipe d'hydrographie.

L'autonomie en vivres et en eau est d'une dizaine de jours pour un équipage de 7 hommes.

Un jugement définitif ne pouvait être porté en mai 1974 sur la bonne adaptation des aménagements et les qualités du bâtiment puisque celui-ci en était encore au stade des essais et mises au point.

ANNEXE II

OBSERVATION DE LA MARÉE A PAAGOUÏMÈNE

La marée a été observée à Paagouïmène par le cabinet Toper de Nouméa, chargé du levé hydrographique côtier de détail de la zone prévue pour l'installation d'une usine de traitement du minerai de nickel dans le Nord de la Nouvelle-Calédonie.

L'installation consistait en un marégraphe Ott R16 implanté sur le wharf de Paagouïmène à proximité de l'observatoire de marée utilisé par la Mission Hydrographique dirigée par l'Enseigne de Vaisseau Canuel en 1937 (*).

Le zéro de réduction des sondes du levé a été choisi, à la demande du cabinet Toper qui a fourni tous les documents, par concordance avec la marée de Nouméa (pleines et basses mers de trois mois consécutifs).

Les repères de nivellement ont été rattachés par la société Sofratop au réseau du Nivellement Général de la Nouvelle-Calédonie (N.G.N.C.) d'une part, et au repère de l'observatoire de marée décrit par M. Canuel, qui a pu être retrouvé, d'autre part.

(*) Voir *Annales Hydrographiques*, 3^e série, Tome XVI 1938-1939, pp. 35-59.

Le résultat de ces rattachements est donné sur la figure 38; on peut observer que le zéro adopté en 1937 est situé à environ 0,15 m au-dessus de celui adopté en 1973.

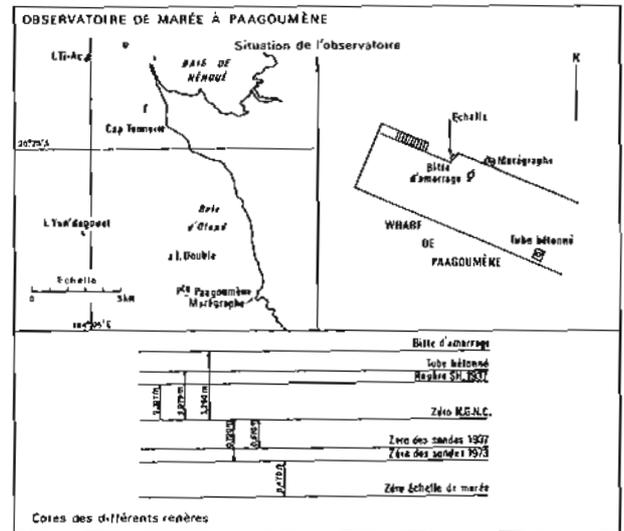


FIG 38

ANNEXE III

RATTACHEMENT DE CERTAINS REPÈRES DE MARÉES DE LA M.H.N.C. AU NIVELLEMENT GÉNÉRAL DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE (N.G.N.C.)

A l'occasion de levés topographiques exécutés par diverses sociétés ou organismes, certains repères de marée posés par la M.H.N.C. ont été rattachés au Nivellement Général de la Nouvelle-Calédonie (N.G.N.C.) dont le réseau couvre une partie importante du territoire.

C'est ainsi que :

— La société Seret-Pacifique a coté le repère de marée de Touho (*) à 1,259 m au-dessus du zéro N.G.N.C.

— Le Service Topographique du Territoire a rattaché le repère de nivellement A1 de Thio (**) et a trouvé 1,22 m au-dessus du zéro N.G.N.C.

— La société Sofratop a rattaché le repère de nivellement de Paagoumène (***) au N.G.N.C. (voir annexe II ci-dessus) : le repère de 1937 a été trouvé à la cote 2,327 m au-dessus du zéro N.G.N.C.

Le schéma ci-contre (figure 39) récapitule les résultats en rattachant entre eux les différents niveaux locaux.

(*) Cf. rapport de M. Vicariot (déjà cité).

(**) Cf. Rapport de M. Cailliau (déjà cité).

(***) Cf. rapport de M. Canuel (*Annales Hydrographiques*, 3^e série, Tome XVI, 1938-1939, pp. 35-59).

Rattachement des niveaux moyens
et des niveaux de réduction de sondes

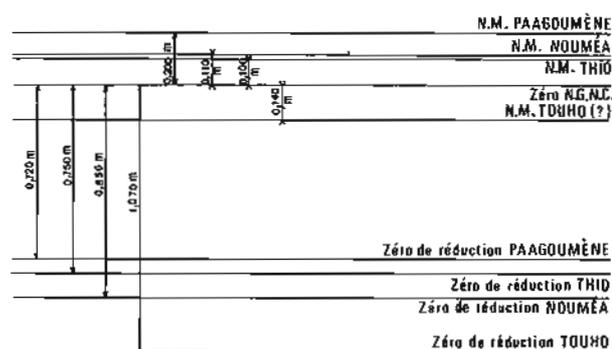


FIG. 39

La comparaison des niveaux moyens adoptés amène aux remarques suivantes :

— Les niveaux moyens à Nouméa, Thio et Paagoumène sont cohérents entre eux (écart de 1 cm entre les 2 premiers, de 9 cm entre le premier et le troisième).

— Par contre, l'écart est de 24 cm entre celui de Thio et celui de Touho (situés sur la même côte Est), ce qui semble trop important; il est difficile de faire la part entre l'imprécision possible du N.G.N.C. et l'adoption du niveau moyen à Touho, calculé à partir des données de concordance figurant sur la fiche de marée.

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN

Publications scientifiques et littéraires

TYPD - OFFSET

05002 GAP · Téléphone 51-25-23 ·

Dépôt légal 625-1978

AVIS AUX AUTEURS

Les auteurs sont priés de se conformer aux indications suivantes :

Texte

- 1) Les manuscrits doivent être remis dactylographiés de préférence avec double interligne et sur le recto seulement de feuilles format 21 × 29,7 cm.
- 2) Les noms propres doivent être écrits en capitales ou soulignés d'un double trait; les noms des espèces animales et végétales ainsi que les noms de navires doivent être soulignés d'un trait.
- 3) Le titre de l'article ou de la communication doit être suivi du prénom usuel et du nom du ou des auteurs; il doit comporter ensuite l'indication du laboratoire ou de l'institution d'origine.
- 4) Les articles doivent être accompagnés d'un résumé en français, et si possible d'un résumé en anglais.
- 5) Les références bibliographiques seront groupées à la fin du manuscrit; elles seront classées dans l'ordre d'apparition dans le texte. Ces références comporteront : nom de l'auteur, initiales des prénoms, date, titre complet de l'article, titre du périodique abrégé selon les règles internationales, volume, pagination complète.
- 6) Les manuscrits dactylographiés et les planches ne doivent pas excéder 25 pages.

Illustration

- 1) Les dessins doivent être exécutés à l'encre de Chine sur papier calque de préférence, sinon sur bristol ou carte grattage (les tirages Ozalid, photocopies ou tout autre moyen de reproduction ne peuvent être acceptés).
- 2) Ils doivent être envoyés roulés ou à plat, mais jamais pliés.
- 3) Ils peuvent être présentés à grande échelle; des réductions, exécutées par l'atelier de photographie, les ramèneront au format exigé de la publication : 16,5 × 25 cm; ils ne devront en aucun cas être présentés à une échelle nécessitant un agrandissement. Lettres et chiffres seront écrits soigneusement et suffisamment grands pour qu'ils demeurent facilement lisibles une fois la réduction effectuée. Il est demandé de tenir compte dans la préparation des planches de la présentation du texte sur deux colonnes.
- 4) Pour les cartes et plans, il convient de faire figurer une échelle linéaire dont l'unité de mesure sera évidemment indiquée, et de ne pas mentionner d'échelle numérique susceptible d'être modifiée par réduction du cliché.

Tirés à la suite

Les auteurs d'une même communication reçoivent collectivement vingt-cinq exemplaires de leur article. Les tirés à la suite supplémentaires doivent être commandés à l'envoi du manuscrit en précisant le nombre d'exemplaires ainsi que l'adresse à laquelle doivent être envoyées les factures.

SOMMAIRE

PREMIÈRE PARTIE

	Pages
J.P. LONGUEMARD : Mesure <i>in situ</i> des modalités de propagation des ondes longitudinales ultra-sonores dans les sédiments marins : application à la détermination des paramètres mécaniques et physiques de ces sédiments	3
J.L. CARSIN et A. PAITRY : Problèmes posés par l'automatisation du dosage potentiométrique de l'oxygène dissous dans la méthode de Winkler	19

DEUXIÈME PARTIE

B. SCHRUMPF : Mission Océanographique de l'Atlantique (octobre 1972 - octobre 1974)	29
F. MILARD : Mission Hydrographique de Nouvelle-Calédonie (janvier 1972 - mai 1974)	87