

# ANNALES HYDROGRAPHIQUES

5ème Série - Vol. 8, fasc. 1-1980

No 754



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'Établissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la marine, 13, rue du Chatellier, B.P. 426, 29275 Brest Cedex.

# ANNALES HYDROGRAPHIQUES

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages
<b>Première partie</b>	
Analyse de 19 ans d'observations de marée à Brest, par M.B. SIMON, Ingénieur civil sous contrat, de l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine .....	5
L'AMOCO CADIZ : comportement de ses hydrocarbures dans le milieu marin, par le Pharmacien-Chimiste Principal des Armées J.L. CARSIN, de l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine .....	19
Formation d'ondes internes stationnaires sur le Talus continental, application au Golfe de Gascogne, par M. R. MAZE, du Laboratoire d'Océanographie Physique de l'Université de Bretagne occidentale .....	45
<b>Deuxième partie</b>	
Mission Océanographique du Pacifique (mai 1974-mai 1976), par M. M. BOULARD, Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe) .....	61
Mission Hydrographique de l'Atlantique (avril 1976-février 1977), par M. M. RIBET, Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe) .....	127
Mission Hydrographique des Glorieuses (septembre 1977-décembre 1977), par M. J.P. THOUIN, Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe) .....	145



*PREMIÈRE PARTIE*

---

# ANALYSE DE 19 ANS D'OBSERVATIONS DE MARÉE À BREST

par

M. B. SIMON

Ingénieur civil sous contrat

Établissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

## RESUME

L'analyse harmonique de 19 années d'observations a permis la recherche de tous les termes du développement du potentiel de la force génératrice de la marée.

A l'aide d'une décomposition en série de Fourier de ces observations, il a été possible, d'une part de repérer les composantes de la marée sur une représentation graphique, d'autre part de calculer les constantes harmoniques en résolvant le système formé par les coefficients de résidus.

Dans le domaine des longues périodes, un bruit important, vraisemblablement d'origine météorologique, interdit la recherche des composantes de la marée, à l'exception de l'onde annuelle  $S_a$ .

La validité des termes correctifs théoriques (provenant des variations de la longitude du nœud ascendant et de la longitude du péri-gée) appliqués habituellement dans les analyses annuelles aux ondes diurnes et semi-diurnes, a pu être vérifiée pour les composantes principales.

L'instabilité de certaines composantes harmoniques déduites des analyses annuelles a pu être expliquée par l'existence d'ondes d'interaction non séparées.

L'apparition dans la représentation graphique de la série de Fourier de composantes imprévues a pu être expliquée par un défaut de fonctionnement du marégraphe.

## SUMMARY

The harmonic analysis of tidal observations extending over 19 years is used to find all the terms of the tidal potential expansion.

The tidal constituents are graphically located and the constants computed using a Fourier serie representation.

No long period constituent but  $S_a$  is found because of a large noise, probably due to meteorological effects.

The validity of the theoretical correcting factors (due to variations in the longitudes of the ascending node and of the perigee) usually applied, in one year analyses, to diurnal and semi-diurnal constituents is corroborated, as far as the main constituents are concerned.

The instability of some constituents inferred from one year analysis is attributed to non separated shallow water constituents.

Unexpected constituents which appear in the graphical representation of the Fourier serie are due to a flaw of the tide gauge.

La méthode utilisée est exposée en détail dans une publication de MM. DESNOËS et SIMON (référence 1). Elle fait appel à la technique dite des "hauteurs réduites" de l'Ingénieur en Chef de l'Armement Demerliac (référence 2).

L'Analyse porte sur les observations brutes qui ne sont pas toujours d'excellente qualité (en particulier en 1963, les calages en temps semblent souvent défectueux), ce qui entraîne au voisinage des ondes importantes, un bruit pouvant masquer des phénomènes intéressants (cf. référence 3). On s'aperçoit, en particulier,

qu'il est pratiquement impossible de détecter les ondes de faible amplitude voisines de  $M_2$ .

La période d'observation est égale au cycle de Méton qui est de 6939, 0618 jours. Le nombre d'échantillons est égal à 4096, ce qui impose une période d'échantillonnage de 1,69410688 jour et une résolution de 0,0021616754 °/heure critère de séparation de Rayleigh).

Il est possible d'explorer le spectre de  $(15 \times k - 4, 427)$  °/heure à  $(15 \times k + 4, 427)$  °/heure où  $k$  est le numéro d'un groupe (1 pour diurne, 2 pour semi-diurne. . . etc). Seuls les groupes 0, 1 et 2 ont été étudiés en détail.

1. SPECTRES

1. Longues périodes

Le spectre des ondes à longue période est présenté sur la figure 1. Le bruit étant de l'ordre de 1 cm, il est impossible de repérer les ondes prévues par la théorie, sauf  $S_a$ .

2. Diurnes

Les figures 2 et suivantes montrent le spectre diurne.

Figures 2 et 3 : vitesses supérieures à  $15^\circ$ /heure.

a)  $\psi_1, \varphi_1, \theta_1, J_1, OO_1$  qui ont une amplitude du même ordre de grandeur que le bruit ne peuvent pas être déterminées de façon satisfaisante.

b) Une onde non prévue par la théorie apparaît à

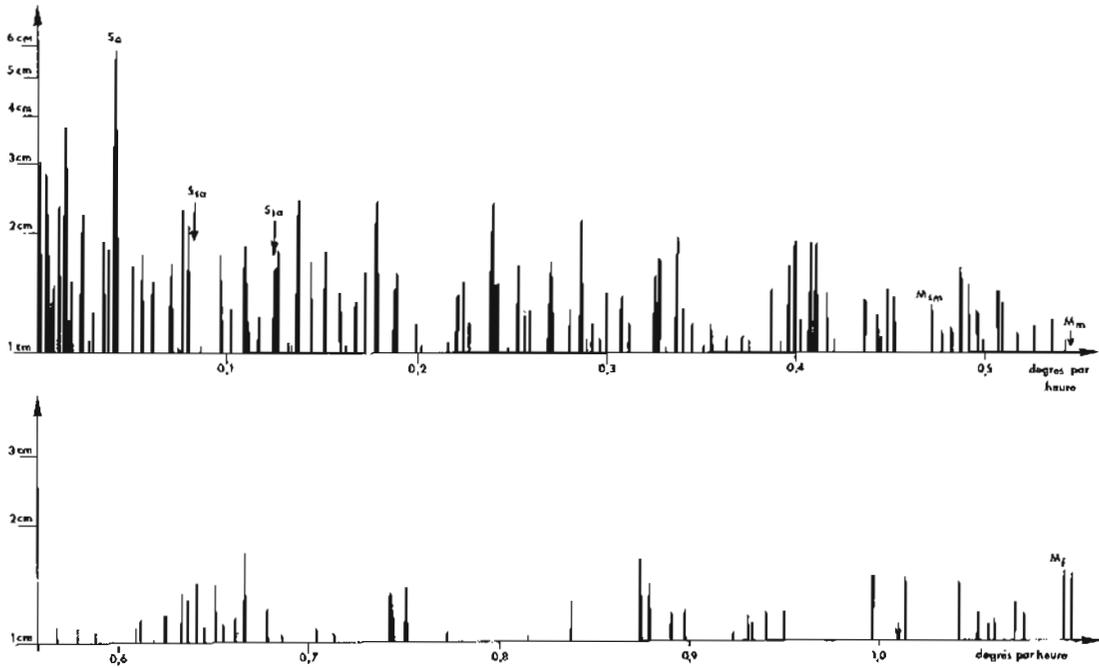


FIG. 1. — Spectre d'amplitude des ondes à longue période

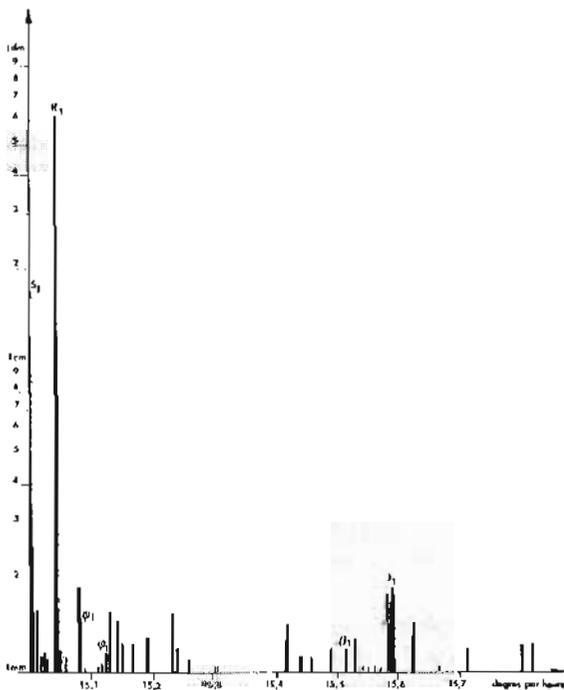


FIG. 2. — Spectre d'amplitude des ondes diurnes

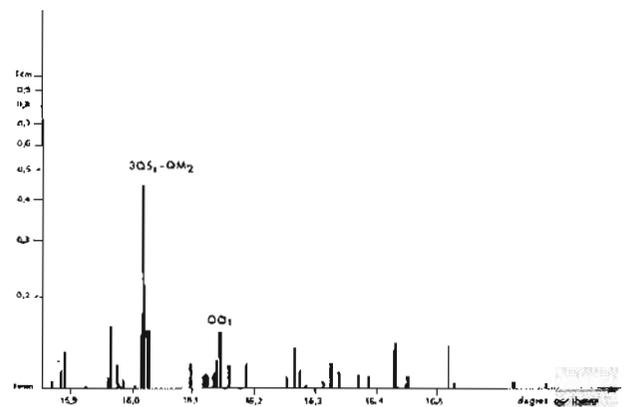


FIG. 3.

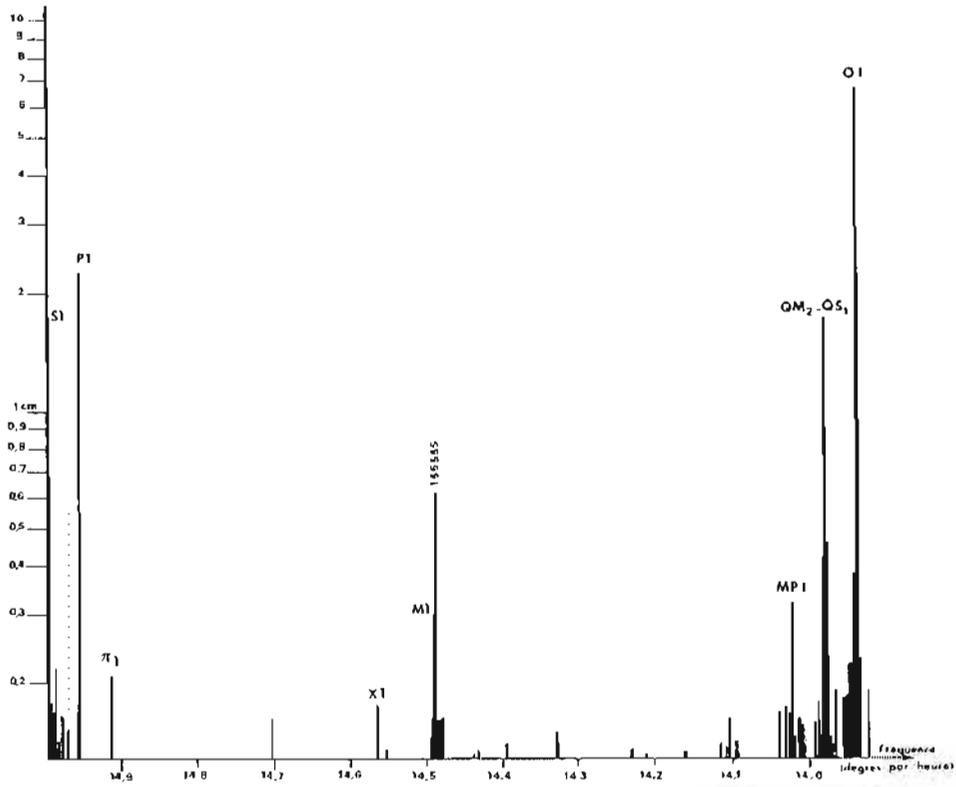


FIG. 4.

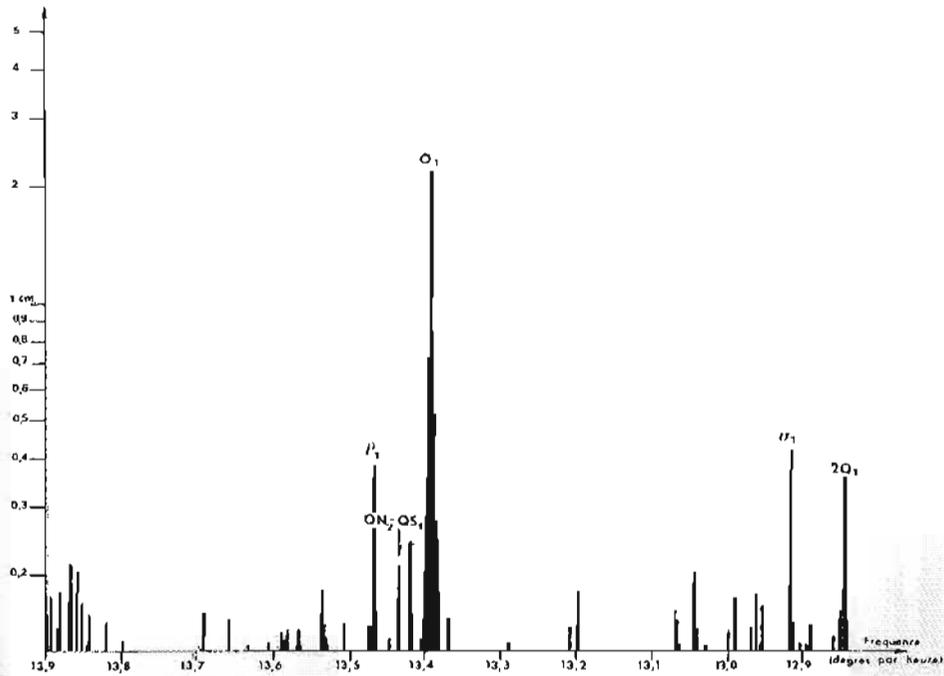


FIG. 5

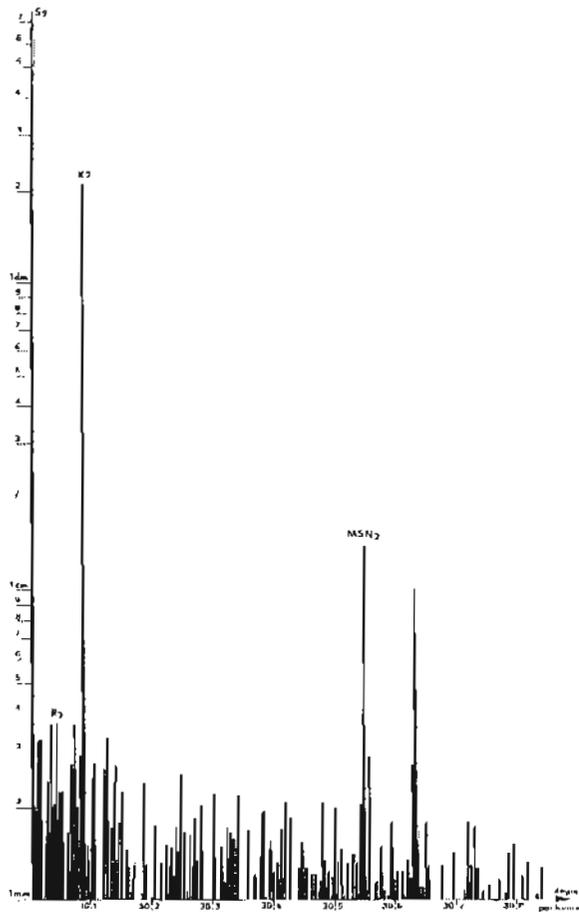


FIG. 6. — Spectre d'amplitude des ondes semi-diurnes

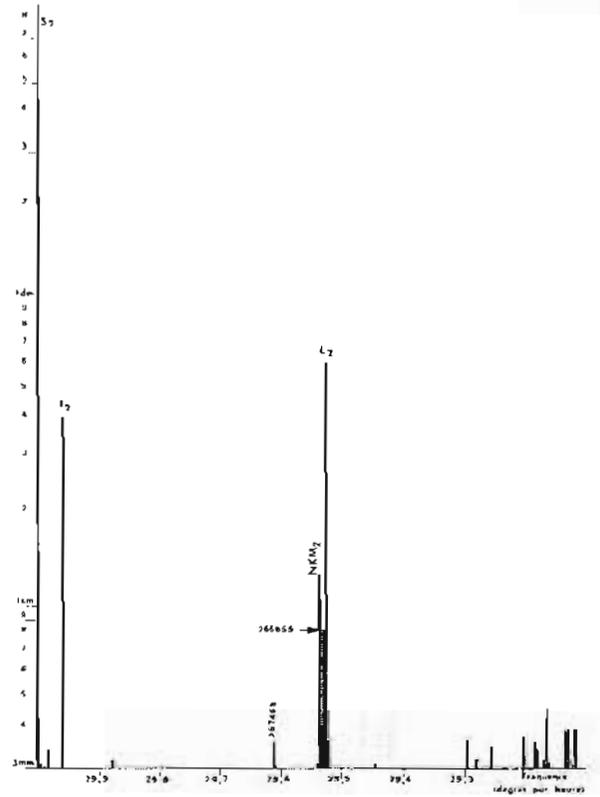


FIG. 8

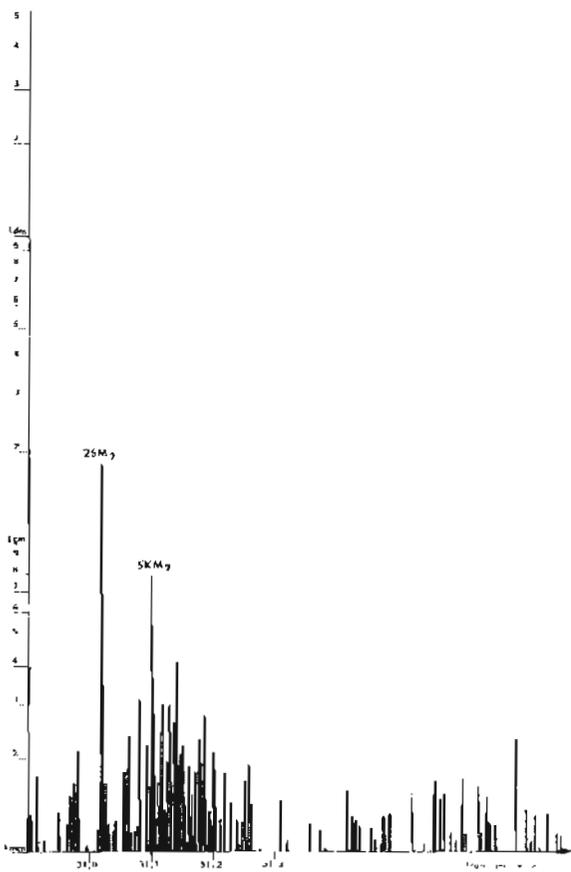


FIG. 7

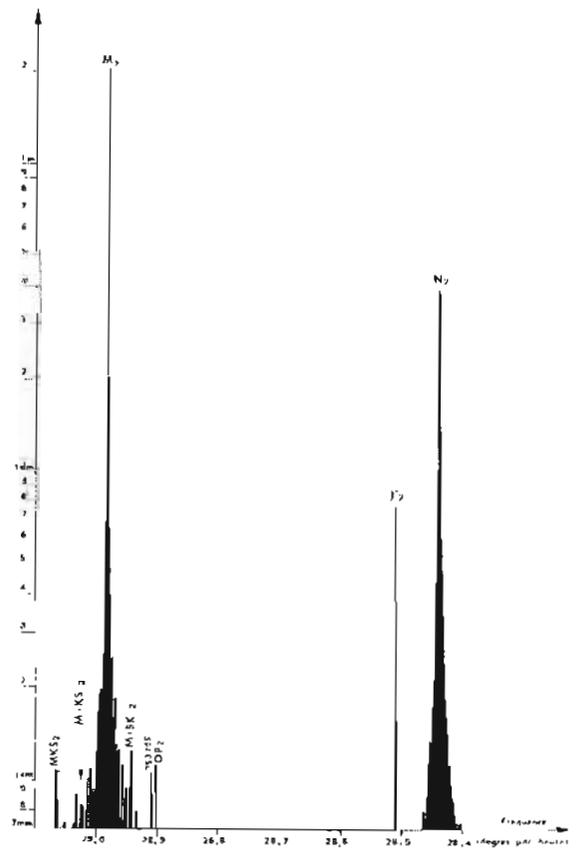


FIG. 9

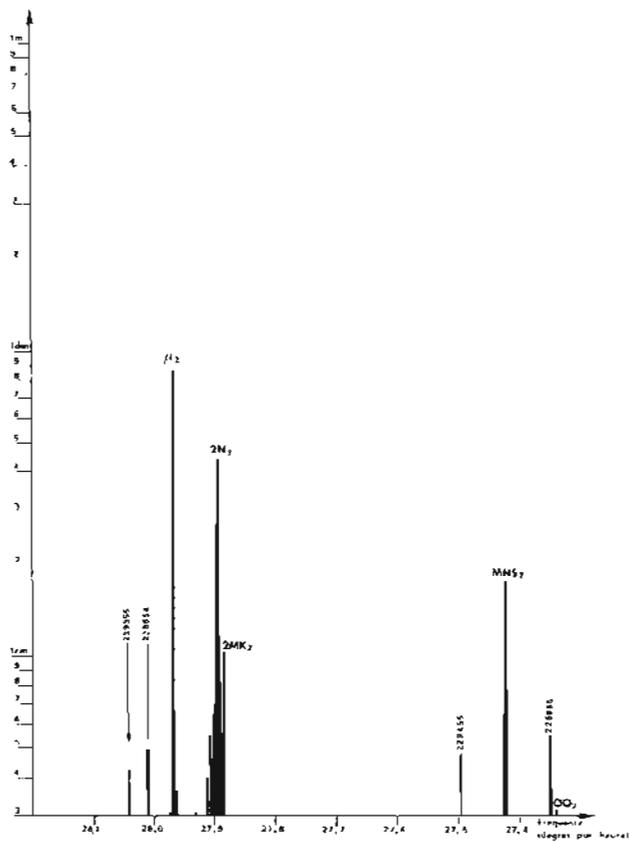


FIG. 10

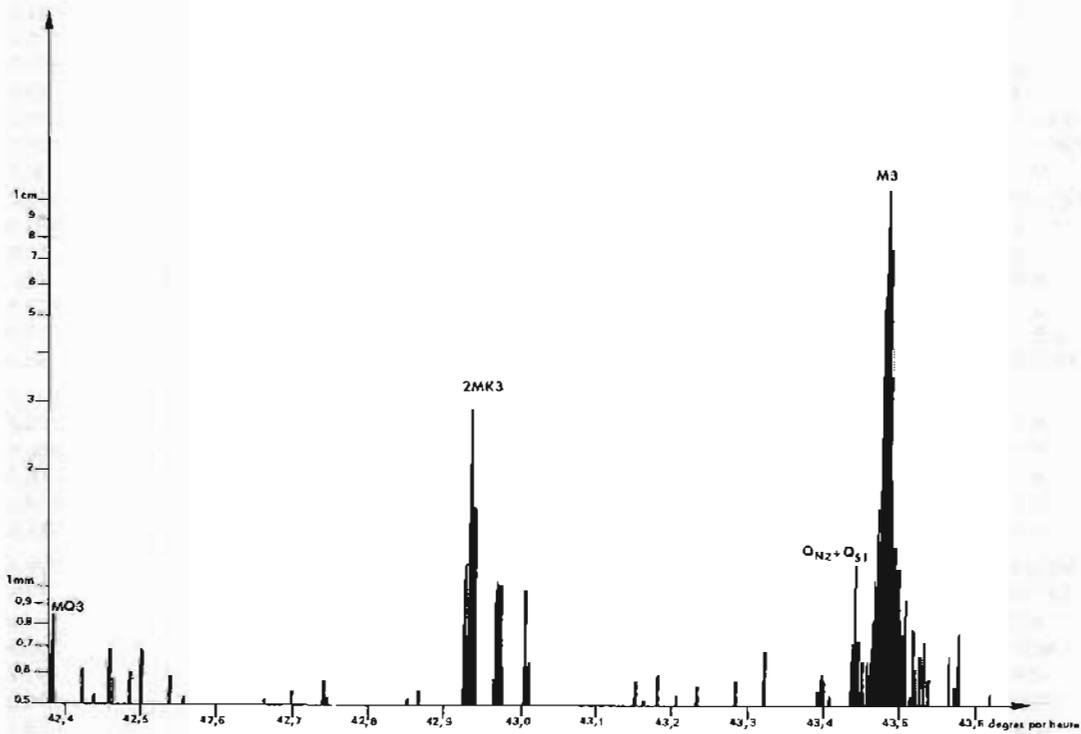


FIG. 11

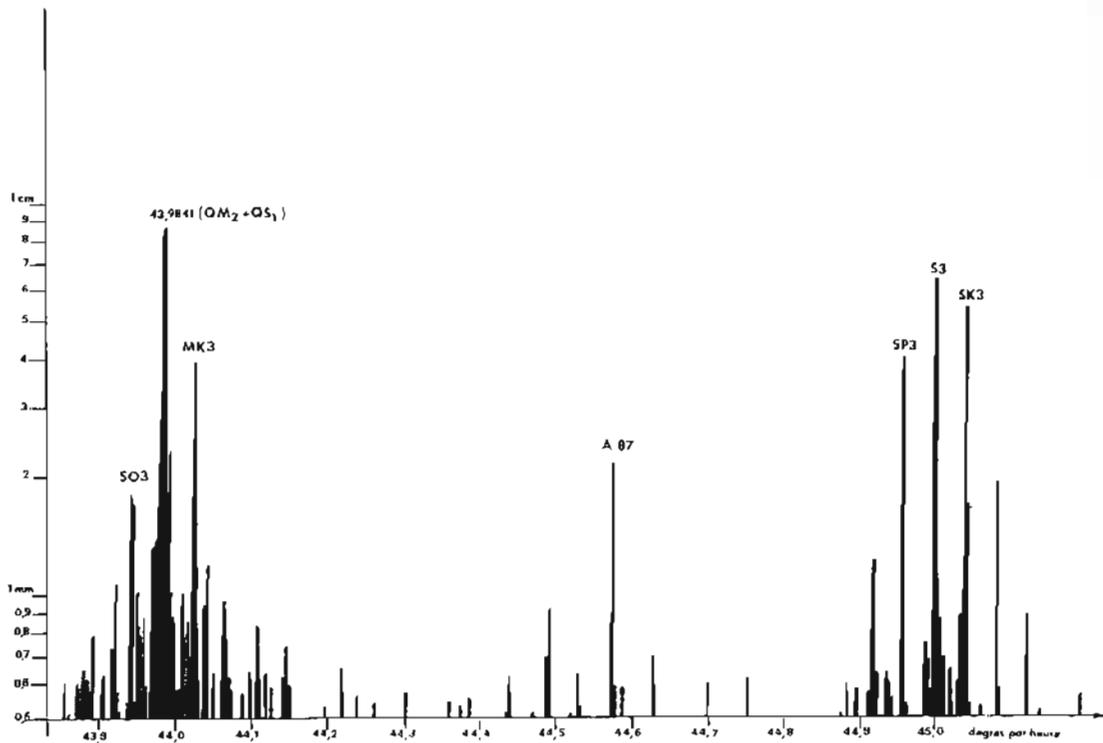


FIG. 12

Tableau I

Onde	Analyse (19 ans)		Moyenne	
	rayon	phase	rayon	phase
2 SM 2	1,83	304,40	1,9	304,0
KJ 2	1,09	7,47	1,1	3,9
MSN 2	1,49	294,50	1,5	293,5
K 2	21,18	144,96	21,1	145,1
S 2	74,90	147,48	74,9	147,5
T 2	4,10	135,68	4,1	136,0
L 2	6,51	100,99	6,7	103,8
$\lambda$ 2	2,49	72,43	2,8	70,9
MKS 2	0,90	188,64	1,0	190,3
M (KS) 2	1,06	160,20	0,5	314,6
M 2	203,67	108,24	203,7	108,3
M (SK) 2	1,52	153,14	0,8	129,7
OP 2	1,08	173,79	1,1	359,0
$\nu$ 2	7,63	86,06	7,5	85,5
N 2	1,50	89,80	41,6	89,7
$\mu$ 2	8,50	103,59	8,7	102,4
2 N 2	5,50	70,37	5,6	73,9
MNS 2	1,90	87,94	2,0	88,3
J 1	0,20	118,32	0,3	107,9
K 1	6,31	75,61	6,3	75,8
S 1	1,73	359,42	1,8	356,8
P 1	2,27	67,72	2,3	68,2
O 1	6,59	328,89	6,5	328,3
Q 1	1,93	280,62	2,0	282,5
MSQM	0,13	169,72	0,1	226,4
MSTM	0,43	57,59	0,3	71,6
MF	1,07	128,57	1,1	167,3
MSF	0,07	285,60	0,2	305,5
MM	0,32	106,09	0,3	200,2
MSM	1,18	209,31	1,3	263,5
SSA	1,06	66,21	1,1	78,1
SA	5,33	253,87	5,9	251,5

Tableau II. — Longues périodes

NOM	NB. ARG.	VITESSE	RAYON	PHASE
NIV MOY	55555	0.0	458.88	
	55565	0.0022064	2.14	103.55
	55575	0.0044128	2.71	335.86
SA	56555	0.0410686	5.19	253.87
	57355	0.0728536	0.40	297.38
SSA	57555	0.0821373	1.43	66.21
	57565	0.0843437	0.59	186.92
	57575	0.0865501	1.42	8.38
STA	58554	0.1232040	1.89	5.76
	59553	0.1642706	0.56	154.57
	62656	0.4304544	0.85	174.46
	63445	0.4600310	0.77	128.92
MSM	63645	0.4693147	1.07	224.98
	63655	0.4715211	1.11	209.31
	63665	0.4737275	0.44	140.87
	64456	0.5033080	0.68	355.51
	64555	0.5079479	0.76	259.44
	64654	0.5125878	0.26	349.51
	65445	0.5421683	1.12	80.05
MM	65455	0.5443747	0.11	106.09
	65465	0.5465811	0.48	200.78
	65555	0.5490165	0.68	277.91
	65565	0.5512229	0.26	190.34
	65655	0.5536584	0.47	352.92
	65665	0.5558648	0.37	134.61
	65675	0.5580712	0.30	108.12
	66454	0.5854414	0.29	191.02
	67455	0.6265120	0.89	85.94
	67465	0.6287184	0.79	228.10
	71755	0.9430422	0.28	156.27
	72556	0.9748291	0.19	166.36
	73545	1.0136894	0.48	87.07
MSF	73555	1.0158958	0.08	285.60
	73565	1.0181022	0.26	251.10
	73655	1.0205376	0.38	356.25
	74556	1.0569664	0.86	111.55
	74566	1.0591728	0.50	186.96
	75345	1.0865430	0.15	233.30
	75355	1.0887494	0.28	339.99
MF	75365	1.0909558	0.30	51.97
	75455	1.0933912	0.23	206.00
	75465	1.0955976	0.27	223.06
	75555	1.0980331	1.19	128.57

Tableau III. — Longues périodes (suite)

NOM	NB. ARG.	VITESSE	RAYON	PHASE
MSTM	75565	1.1002395	0.48	188.38
	75575	1.1024459	0.32	273.94
	75585	1.1046523	0.25	175.37
	76554	1.1390997	0.70	337.32
	76564	1.1413062	0.59	330.61
	77355	1.1708867	0.69	142.81
	77365	1.1730931	0.59	80.43
	81655	1.4874169	0.40	94.79
	82456	1.5192038	0.29	315.67
	82656	1.5284875	0.42	331.08
	82666	1.5306939	0.13	243.26
	83445	1.5580641	0.52	188.40
	83455	1.5602705	0.43	280.83
	83465	1.5624769	0.17	133.80
	83555	1.5649123	0.10	186.91
MTM	83655	1.5695541	0.51	57.59
	83665	1.5717606	0.06	84.59
	83675	1.5739670	0.09	8.91
	84456	1.6013411	0.13	304.35
	84466	1.6035475	0.06	222.88
	84555	1.6059810	0.26	11.05
	85255	1.6331241	0.42	41.77
	85455	1.6424078	0.27	93.72
	85465	1.6446142	0.42	151.25
	85475	1.6468206	0.35	184.27
MSQM	85565	1.6492560	0.09	79.75
	85675	1.6561043	0.36	29.49
	86454	1.6834744	0.44	311.20
	91555	2.0317916	0.29	279.58
	91755	2.0410752	0.11	191.21
	92556	2.0728622	0.21	176.20
	92566	2.0750686	0.23	63.16
	93355	2.1046452	0.28	301.85
	93555	2.1139288	0.23	169.72
	93565	2.1161353	0.26	302.90
	93575	2.1183417	0.16	5.28
	95355	2.1867824	0.27	139.94
	95365	2.1889889	0.18	260.68
	95375	2.1911953	0.26	359.85

### 3. Semi-diurnes

Figures 6 et 7 : vitesses supérieures à 30°/heure

a)  $R_2$ , du même ordre de grandeur que le bruit est mal déterminée  $SKM_2$ , qui n'est généralement pas prise en compte à l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, ressort nettement du bruit.

Figures 8, 9 et 10 : vitesses inférieures à 30°/heure

b) Toutes les ondes habituellement recherchées ressortent nettement du bruit.

— Les ondes dont les nombres argument sont 267465, 239355, 238554 et 229455 pourraient être recherchées dans les analyses annuelles.

— 2  $N_2$  est vraisemblablement très perturbée par 2  $MK_2$  dans les analyses annuelles.

— L'onde  $OO_2$  qui devrait plus vraisemblablement être appelée  $MNK_2$  n'est pas significative à Brest : elle

16,01589578 °/heure. Elle s'explique par un défaut du marégraphe de Brest Penfeld (référence 4).

Figures 4 et 5 : vitesses inférieures à 15°/heure.

a) Toutes les ondes habituellement recherchées émergent du bruit.

b)  $M_1$  est habituellement définie comme étant l'onde dont le nombre argument est 155655 (vitesse angulaire égale à 14,4966939 °/heure). Or, il apparaît que celle dont le nombre argument est 155555 est significativement plus importante. Faute de tenir compte de ce fait,  $M_1$  ne pourra pas être déterminée par des analyses annuelles.

c) L'onde dont la vitesse angulaire est égale à 13,9841 °/heure n'est pas prévue par la théorie. Elle s'explique par le défaut du marégraphe de Brest (référence 4).

Tableau IV. — Diurnes

NOM	NB. ARG.	VITESSE	RAYON	PHASE
	107755	11.8383904	0.08	266.96
	109555	11.9112440	0.07	5.87
	115755	12.3052697	0.06	212.33
	115845	12.3077051	0.12	209.26
	115855	12.3099115	0.10	176.80
	117555	12.3781233	0.01	217.17
	117645	12.3805587	0.06	293.48
	117655	12.3827651	0.04	243.31
	118654	12.4238318	0.04	324.89
	119445	12.4534123	0.06	255.42
	119455	12.4556187	0.06	342.94
	124756	12.8132195	0.08	303.08
	125645	12.8474379	0.11	1.18
	125745	12.8520798	0.08	109.53
2Q 1	125755	12.8542862	0.28	230.59
	126556	12.8860731	0.05	115.19
	126655	12.8907130	0.03	10.07
	126754	12.8953529	0.06	64.82
	127455	12.9224980	0.02	276.42
	127545	12.9249334	0.09	241.05
SIGMAL	127555	12.9271398	0.33	261.09
	128544	12.9660001	0.10	328.20
	128554	12.9682065	0.09	40.13
	129355	12.9999934	0.15	271.37
	133855	13.3258073	0.08	153.70
	134656	13.3575942	0.04	192.59
	135435	13.3849644	0.05	97.61
	135545	13.3918126	0.14	156.10
	135555	13.3940190	0.19	136.67
	135645	13.3964545	0.44	275.66
Q 1	135655	13.3986609	1.93	280.62
	135755	13.4033027	0.11	202.69
	135855	13.4079446	0.06	34.22
	136456	13.4304478	0.10	291.87
	136555	13.4350877	0.05	52.35
	136644	13.4375211	0.13	243.76
	136654	13.4397276	0.13	72.04
	137445	13.4693081	0.13	274.04
RHOI	137455	13.4715145	0.29	272.59
	137555	13.4761563	0.15	286.35
	137655	13.4807982	0.10	162.17
	137665	13.4830046	0.05	67.38
	138444	13.5103748	0.11	240.66
	138454	13.5125812	0.03	60.27
	139455	13.5536518	0.08	148.28
	143535	13.8564855	0.17	91.23
	143745	13.8679756	0.06	354.15
	143755	13.8701820	0.09	14.70
	144546	13.8997625	0.01	207.18
	144556	13.9019689	0.08	97.75

est très proche de l'onde plus importante dont le nombre argument est 225855.

#### 4. Tiers-diurnes

Figures 11 et 12

Les ondes tiers-diurnes sont peu importantes à Brest : seule  $M_3$  atteint le centimètre.

Le défaut du marégraphe de Brest apparaît nettement ici avec les ondes dont les vitesses sont  $43,9841^\circ$ /heure ( $QM_2 + QS_1$ ) et  $43,4397^\circ$ /heure ( $QN_2 + OS_1$ ).

Tableau V. — Diurnes (suite)

NOM	NB. ARG.	VITESSE	RAYON	PHASE
	145535	13.9386228	0.18	325.20
	145545	13.9408292	1.19	320.26
01	145555	13.9430356	6.59	328.89
	145645	13.9454710	0.10	136.19
	145655	13.9476774	0.13	178.30
	145665	13.9498838	0.10	49.75
	145755	13.9523193	0.13	280.69
	145765	13.9545257	0.17	331.59
	146544	13.9818958	0.52	265.03
	146554	13.9841023	1.70	102.57
	147355	14.0158892	0.19	73.71
	147455	14.0205310	0.03	76.78
	147545	14.0229664	0.11	155.62
MPI	147555	14.0251729	0.32	134.90
	147565	14.0273793	0.11	181.83
	148554	14.0662395	0.09	354.70
	152656	14.3734900	0.06	70.56
	153645	14.4123503	0.10	347.88
	153655	14.4145567	0.11	36.97
	154656	14.4556273	0.05	6.64
	155435	14.4829974	0.17	297.49
	155445	14.4852039	0.03	84.19
	155455	14.4874103	0.17	354.06
	155545	14.4898457	0.10	174.79
	155555	14.4920521	0.64	174.00
	155565	14.4942585	0.06	186.36
MI	155655	14.4966939	0.30	44.92
	155665	14.4989004	0.09	85.56
	155675	14.5011068	0.03	303.24
	156555	14.5331207	0.11	22.38
	156654	14.5377606	0.07	44.41
	157445	14.5673411	0.06	105.00
KHI 1	157455	14.5695476	0.17	25.43
	157465	14.5717540	0.06	159.22
	158454	14.6106142	0.03	118.60
	161557	14.8767980	0.0	205.49
PI 1	162556	14.9178647	0.21	51.74
	163535	14.9545185	0.06	199.26
	163545	14.9567249	0.06	48.77
P 1	163555	14.9589314	2.27	67.72
	163755	14.9682150	0.04	35.53
S 1	164555	15.0000000	1.73	359.42
	165455	15.0364268	0.10	119.13
	165545	15.0388622	0.12	99.21
K 1	165555	15.0410686	6.25	75.61
	165565	15.0432751	0.86	70.36
	165575	15.0454815	0.07	240.62

$M_2 - S_1$   
défaut du  
marégraphe

## 2. CONSTANTES HARMONIQUES

Le tableau I montre la comparaison entre les résultats de l'analyse de 19 ans et la moyenne de 19 analyses d'un an.

L'accord est bon, même en ce qui concerne les longues périodes, malgré le bruit important dans ce domaine de fréquences.

Le tableau II et suivants, montrent les résultats de l'analyse : toutes les ondes séparables sur 18 ans du

Tableau VI. — Diurnes (suite)

NOM	NB. ARG.	VITESSE	RAYON	PHASE
PSI 1	166554	15.0821353	0.14	356.84
	167355	15.1139222	0.12	2.99
PHI 1	167555	15.1232059	0.12	114.06
	167565	15.1254123	0.09	321.64
	167575	15.1276187	0.05	84.33
	168554	15.1642726	0.10	112.90
	172656	15.4715230	0.03	138.98
	173445	15.5010996	0.05	158.97
THETA 1	173645	15.5103833	0.06	280.30
	173655	15.5125897	0.12	141.98
	173665	15.5147961	0.03	150.61
	173765	15.5194380	0.0	190.71
	174456	15.5443767	0.05	346.22
	174555	15.5490165	0.03	227.43
	175445	15.5832369	0.02	336.48
J 1	175455	15.5854433	0.20	118.32
	175465	15.5876497	0.16	161.08
	175555	15.5900852	0.17	204.64
	175655	15.5947270	0.09	254.21
	175665	15.5969334	0.03	127.86
SO 1	175675	15.5991398	0.06	86.22
	176454	15.6265100	0.03	237.28
	177455	15.6675806	0.07	301.59
	182556	16.0158977	0.45	269.42
	183545	16.0547580	0.07	110.98
	183555	16.0569644	0.03	110.78
	183565	16.0591708	0.06	167.20
	185355	16.1298180	0.06	122.79
	185365	16.1320244	0.15	202.10
	185455	16.1344599	0.09	141.51
	185465	16.1366663	0.02	39.93
	185555	16.1391017	0.06	227.24
	185565	16.1413081	0.14	238.32
	185575	16.1435145	0.07	278.98
	185585	16.1457209	0.04	164.50
KQ 1	191655	16.5284855	0.06	146.31
	193455	16.6013391	0.01	185.76
	193465	16.6035455	0.04	338.53
	193655	16.6106228	0.02	146.06
	193665	16.6128292	0.04	64.57
	195255	16.6741927	0.16	153.45
	195455	16.6834764	0.02	196.26
	195465	16.6856828	0.05	54.48
	195475	16.6878892	0.05	296.32

3 S<sub>1</sub> - M<sub>2</sub> :  
défaut du  
marégraphe

— Les ondes  $\psi_1, \varphi_1, \theta_1, OQ_1, KQ_1$  ne sont pas mises en évidence

— Les ondes  $2Q_1, \sigma_1, \rho_1, MP_1, M_1 (A23), X_1, \pi_1, J_1$  ressortent du bruit mais sont mal déterminées.

— Les ondes dont les nombres argument sont 146554 et 182556 sont celles dont les vitesses sont égales à  $Q_{M2} - Q_{S1}$  et  $3 Q_{S1} - Q_{M2}$  (référence 3). Leur relative importance est due au défaut du marégraphe de Brest.

— Les ondes  $O_1, O_1, P_1, S_1, K_1$  sont bien déterminées ainsi que l'onde dont le nombre argument est 145555, très proche de  $O_1$  et l'onde dont le nombre argument est 165565, très proche de  $K_1$ . Elles ont permis un calcul empirique des éléments nodaux ( $f, v$ , selon les notions habituelles) de  $O_1$  et  $K_1$  (voir tableau X). Ces éléments nodaux se rapprochent beaucoup de ceux donnés par Schureman (référence 5).

Tableau VII. — Semi-diurnes

NOM	NB. ARG.	VITESSE	RAYON	PHASE	
2MN2S 2	207855	26.3350844	0.25	40.38	
	209655	26.4079380	0.15	238.28	
	215955	26.8066054	0.17	270.02	
	217755	26.8794590	0.49	101.02	
	219555	26.9523127	0.43	261.85	
	OO 2 *	225655	27.3416965	0.39	165.40
		225755	27.3463383	0.17	141.56
		225855	27.3509801	0.76	39.60
		226656	27.3827671	0.01	96.26
		227555	27.4191919	0.05	14.15
		227645	27.4216273	0.04	52.81
	MNS 2	227655	27.4238337	1.91	87.94
		228654	27.4649004	0.08	55.99
		229455	27.4966873	0.46	110.99
		* 229555	27.5013292	0.06	31.57
234756			27.8542882	0.10	22.23
2MK 2 *		235535	27.8816583	0.14	358.98
	235555	27.8860712	0.98	158.62	
	235645	27.8885066	0.11	79.24	
	235655	27.8907130	0.13	44.92	
	235745	27.8931484	0.34	92.54	
	235755	27.8953548	5.52	70.37	
2N 2	236556	27.9271418	0.08	56.18	
	236655	27.9317816	0.27	72.30	
	236754	27.9364215	0.04	73.54	
	237455	27.9635666	0.04	85.58	
	237545	27.9660020	0.16	118.32	
	MU 2 2MS 2	237555	27.9682084	8.52	103.59
		238554	28.0092751	0.50	93.80
		239355	28.0410620	0.46	42.90
		243635	28.2531794	0.08	87.33
	SNK 2 *	243655	28.3575922	0.15	208.27
243855		28.3668759	0.41	137.28	
244656		28.3986628	0.67	108.76	
245435		28.4260330	0.27	84.16	
245545		28.4328813	0.22	354.29	
245555		28.4350877	0.28	54.73	
N2	245645	28.4375231	1.48	90.58	
	245655	28.4397295	41.45	89.80	
	245755	28.4443714	0.14	124.34	
	246456	28.4715165	0.29	62.98	
	246555	28.4761563	0.26	81.88	

développement harmonique du potentiel générateur dont le coefficient est supérieur à 0,0001 ont été recherchées (référence 4). On y a ajouté les ondes d'interaction les plus probables (marquées d'un astérisque).

#### a) Longues périodes (tableaux II et III)

Nous avons vu d'après les spectres que, dans ce domaine de fréquences, le bruit était trop important pour pouvoir déterminer les ondes autres que  $S_a$ .

Nous ne nous attarderons donc pas sur ces résultats qui n'ont vraisemblablement pas grande signification.

#### b) Diurnes (tableaux IV, V, VI)

Dans ce domaine de fréquence, le bruit est de l'ordre de 1 mm :

Tableau VIII. — *Semi-diurnes* (suite)

NOM	NB. ARG.	VITESSE	RAYON	PHASE
NU 2	246654	28.4807962	0.42	87.72
	247445	28.5103767	0.25	53.30
	247455	28.5125831	7.63	86.06
	247555	28.5172250	0.14	85.02
	247655	28.5218668	0.25	148.29
	247665	28.5240732	0.20	8.75
	248454	28.5536498	0.44	79.80
OP 2	252756	28.8701839	0.07	304.60
	253555	28.9019669	1.08	173.79
M(SK) 2	253755	28.9112506	0.92	98.60
	254556	28.9430375	1.48	153.14
M 2	254655	28.9476774	0.68	54.25
	255455	28.9794624	0.45	238.50
	255545	28.9818978	7.04	108.54
	255555	28.9841042	203.67	108.24
	255565	28.9863106	0.93	32.97
	255655	28.9887461	0.33	128.88
	255665	28.9909525	0.41	182.17
	255755	28.9933879	0.38	29.88
M(KS) 2	255765	28.9955943	0.93	239.13
	256554	29.0251709	1.02	160.20
	257355	29.0569578	0.29	320.91
	257455	29.0615997	0.30	153.78
MKS 2	257555	29.0662415	0.92	188.64
	257565	29.0684479	0.37	7.35
	257575	29.0706543	0.31	351.34
LAMBDA 2	262656	29.4145686	0.19	40.11
	263645	29.4534189	0.12	133.32
	263655	29.4556253	2.52	72.43
	264456	29.4874122	0.10	302.72
	264555	29.4920521	0.07	185.85
	265445	29.5262725	0.33	78.04
	L 2	265455	29.5294789	6.49
265545		29.5309143	0.06	339.56
265555		29.5331207	0.85	10.92
265565		29.5353272	0.33	349.70
NKM 2	265655	29.5377626	1.41	140.58
	265665	29.5399690	0.46	131.89
	265675	29.5421754	0.21	173.25
	267455	29.6106162	0.25	143.76
	267465	29.6128226	0.40	61.82
	271557	29.9179866	0.15	49.75
T 2	272556	29.9589333	4.09	135.68
	273545	29.9977936	0.42	129.54
S 2	273555	30.0000000	74.88	147.48
R 2	274554	30.0410667	0.40	171.22
	275455	30.0774954	0.04	149.65
	275545	30.0799309	0.26	176.35
K 2	275555	30.0831373	21.18	144.96
	275565	30.0843437	6.51	144.41
	275575	30.0865501	0.65	142.80
MNS 2	283455	30.5443747	1.49	294.50
	283655	30.5536584	0.29	174.92
	283665	30.5558648	0.08	103.85
	285445	30.6243056	0.06	96.65
KJ 2	285455	30.6265120	1.09	187.47
	285465	30.6287184	0.45	162.30
	285555	30.6311538	0.15	94.53
	285565	30.6333602	0.09	165.29
	291555	31.0158958	1.83	304.41
2SM 2 SKM 2	293555	31.0980331	0.80	287.27
	293565	31.1002395	0.28	285.05
	295355	31.1708867	0.07	248.34
	295365	31.1730931	0.24	210.55
	295565	31.1801703	0.09	246.34
	295565	31.1823768	0.26	221.10
	295575	31.1845832	0.11	151.17

c) *Semi-diurnes* (tableaux VII, VIII)

Le niveau de bruit est de l'ordre du millimètre.

L'analyse de ces résultats amène quelques remarques quant à la valeur des analyses annuelles et, en particulier, quant au mode de calcul des éléments nodaux.

Nous convenons d'appeler onde perturbatrice d'une onde principale, une onde proche, non séparable de celle-ci dans une analyse annuelle.

Les ondes perturbatrices de  $M_2$ ,  $N_2$ ,  $K_2$  sont bien déterminées puisqu'elles sont supérieures à 1 cm et sont bien telles que les prévoit la théorie (développement de Doodson).

Il en résulte que, pour ces ondes, les éléments nodaux théoriques (Doodson) sont en accord avec l'observation.

Les ondes perturbatrices de  $\mu_2$ ,  $\nu_2$ ,  $\lambda_2$  n'ont pas exactement les valeurs prévues par la théorie, mais leur amplitude est trop faible pour qu'elles puissent être bien déterminées.

Nous pourrions supposer, ce qui est vraisemblable, que là aussi les éléments nodaux sont bien calculés.

En revanche, un certain nombre d'ondes sont mal calculées dans les analyses annuelles par suite d'éléments nodaux théoriques non réalistes.

$OQ_2$  (qu'il serait préférable d'appeler  $MNK_2$ ) qui ne figure pas dans le développement du potentiel est d'amplitude inférieure à l'onde dont le nombre argument est 225855 qui, elle, y figure.

$2 N_2$  est fortement perturbée par l'onde d'interaction  $2 MK_2$ .

$L_2$  (confondue avec  $2 MN_2$ ) est fortement perturbée par les ondes dont les nombres argument sont 265555 et 265655 ( $NKM_2$ ) dont les amplitudes et les phases ne sont pas celles que prévoit la théorie.

Pour ces trois ondes, il en résulte que les éléments nodaux théoriques calculés pour les analyses annuelles ne sont pas réalistes. Le tableau IX donne des éléments nodaux empiriques restants de l'analyse de 19 ans, évalués au 1<sup>er</sup> janvier des années 1976-1995. Les figures 13, 14, 15 montrent l'amélioration apportée à la détermination de  $L_2$ ,  $OQ_2$  et  $2 N_2$  grâce à l'utilisation des éléments nodaux empiriques.

## 3. Remarque

Cette analyse a été faite antérieurement à l'étude citée en référence 1. Aucune tentative n'a été faite pour réduire le bruit dû aux mauvais calages en heure. Il en résulte que les résultats présentés peuvent être améliorés.

Tableau IX. — Comparaison des éléments nodaux théoriques (SCHUREMAN) et empiriques de l'analyse de 19 ans

		O <sub>1</sub>		K <sub>1</sub>		(OO <sub>2</sub> )		2 N <sub>2</sub>		L <sub>2</sub>	
		Schureman	empirique	Schureman	empirique	Schureman	empirique	Schureman	empirique	Schureman	empirique
1976	f	0,863	0,898	0,916	0,909	0,745	0,529	1,029	0,941	0,988	0,772
	V <sub>0</sub> + u	6,5	2,1	16,2	15,31	292,3	142,5	224,6	216,9	276,4	289,8
1977	f	0,822	0,837	0,891	0,903	0,676	1,041	1,035	0,939	1,179	0,986
	V <sub>0</sub> + u	85,7	82,8	14,1	13,34	348,9	300,2	96,8	103,4	99,7	95,5
1978	f	0,806	0,796	0,882	0,906	0,778	1,457	1,038	1,185	1,169	1,156
	V <sub>0</sub> + u	191,3	188,2	10,5	9,8	111,4	113,6	19,4	25,1	297,9	292,7
1979	f	0,819	0,823	0,890	0,913	0,671	1,278	1,036	1,210	0,994	1,022
	V <sub>0</sub> + u	296,9	294,5	6,8	6,1	233,9	283,37	302,0	295,5	130,9	129,73
1980	f	0,858	0,873	0,913	0,925	0,736	0,667	1,030	0,975	0,848	0,841
	V <sub>0</sub> + u	41,6	41,2	3,7	2,88	354,5	113,78	224,7	212,9	310,2	307,68
1981	f	0,915	0,925	0,948	0,943	0,837	0,761	1,021	0,839	1,001	1,063
	V <sub>0</sub> + u	119,4	119,5	2,5	1,58	48,4	295,3	97,0	96,9	116,6	112,4
1982	f	0,979	1,006	0,987	0,969	0,974	1,344	1,009	0,972	1,238	1,349
	V <sub>0</sub> + u	221,1	220,65	1,5	0,64	163,0	118,9	20,0	28,1	313,4	301,56
1983	f	1,041	1,073	1,026	1,004	1,084	1,428	0,997	1,110	1,157	1,316
	V <sub>0</sub> + u	321,4	322,4	1,5	1,08	274,9	288,1	303,2	306,2	159,2	155,89
1984	f	1,096	1,078	1,060	1,046	1,201	0,940	0,984	1,058	0,745	0,983
	V <sub>0</sub> + u	60,8	62,6	2,4	2,63	25,0	104,22	226,7	220,2	350,3	354,5
1985	f	1,140	1,086	1,086	1,090	1,300	0,550	0,974	0,848	0,811	0,734
	V <sub>0</sub> + u	134,2	134,0	4,9	5,81	70,1	273,9	100,0	93,7	135,8	158,3
1986	f	1,168	1,135	1,104	1,126	1,364	1,134	0,967	0,862	1,263	0,885
	V <sub>0</sub> + u	232,6	232,2	6,9	8,2	178,0	122,2	23,8	31,9	334,5	335,2
1987	f	1,182	1,140	1,112	1,144	1,397	1,470	0,964	1,075	1,244	1,005
	V <sub>0</sub> + u	330,7	332,3	9,2	10,5	285,5	293,8	307,8	313,4	188,0	171,8
1988	f	1,180	1,115	1,111	1,140	1,392	1,200	0,964	1,050	0,749	0,902
	V <sub>0</sub> + u	68,8	69,8	11,6	12,6	33,0	104,4	231,9	225,6	25,5	7,4
1989	f	1,161	1,156	1,100	1,113	1,348	0,590	0,969	0,832	0,746	0,837
	V <sub>0</sub> + u	141,6	141,2	14,8	15,6	76,9	240,5	105,3	99,4	166,0	176,6
1990	f	1,128	1,191	1,079	1,070	1,272	0,862	0,977	0,852	1,216	1,059
	V <sub>0</sub> + u	240,1	242,4	16,9	17,2	185,1	120,6	29,2	38,4	2,2	1,91
1991	f	1,081	1,109	1,051	1,023	1,169	1,397	0,988	1,077	1,248	1,259
	V <sub>0</sub> + u	339,0	344,1	18,0	18,4	294,2	299,4	312,8	322,8	212,4	203,3
1992	f	1,024	0,997	1,015	0,981	1,049	1,386	1,000	1,187	0,898	1,168
	V <sub>0</sub> + u	78,7	80,4	18,7	18,8	44,8	108,5	236,3	237,0	49,0	48,02
1993	f	0,960	0,974	0,976	0,949	0,922	0,837	1,013	1,087	0,801	0,851
	V <sub>0</sub> + u	154,0	150,8	19,4	19,2	308,1	224,1	108,9	101,1	205,8	229,03
1994	f	0,897	0,953	0,937	0,927	0,805	0,606	1,024	0,900	1,077	0,779
	V <sub>0</sub> + u	256,1	252,8	18,0	17,4	209,1	106,4	31,9	28,2	30,4	36,98
1995	f	0,844	0,873	0,905	0,915	0,712	1,219	1,032	0,999	1,208	1,053
	V <sub>0</sub> + u	359,7	357,3	15,6	14,5	327,6	303,6	314,6	323,3	229,4	221,6

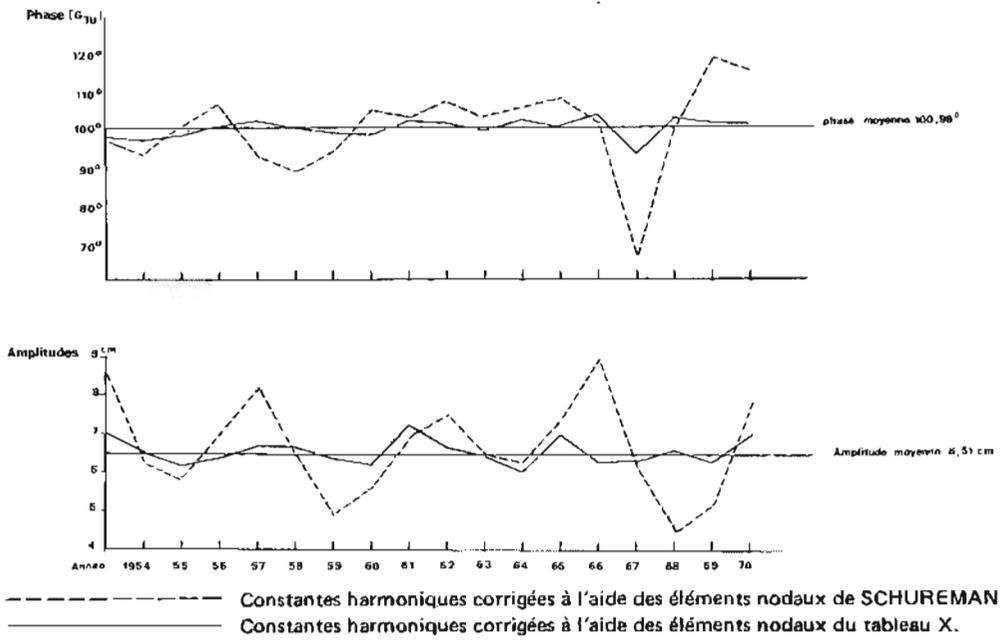


FIG. 13

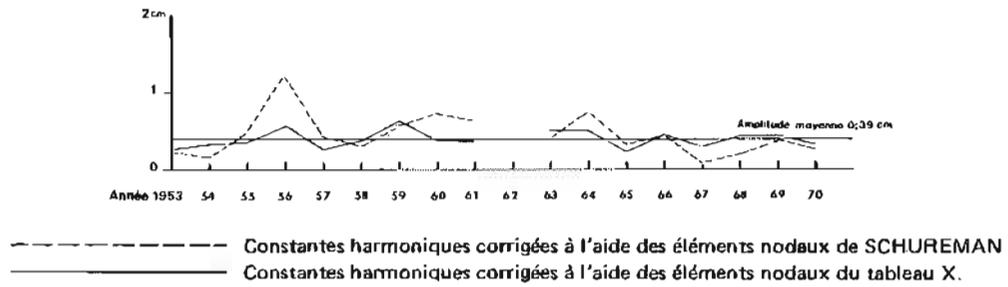


FIG. 14

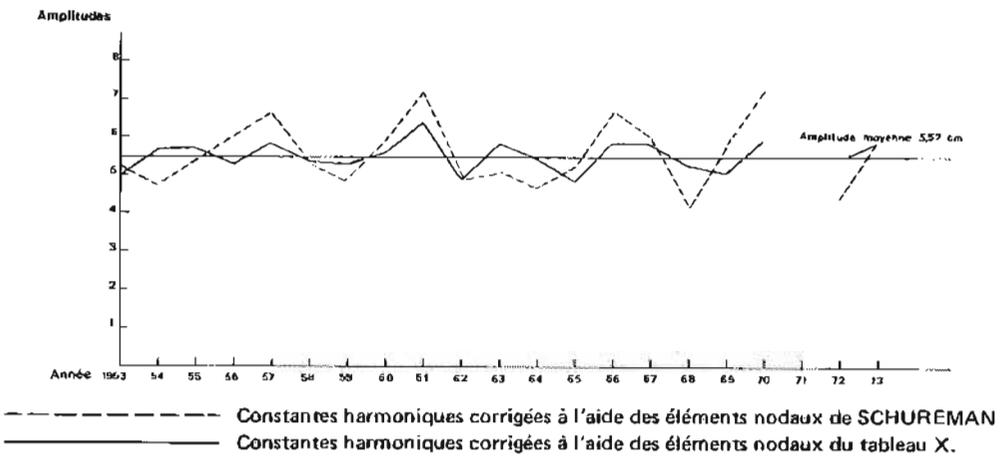


FIG. 15

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] *Analyse et prédiction de la marée. Application aux marées du Havre et de Brest*, Ingénieur de l'Armement DESNOËS et Ingénieur civil sous contrat SIMON. *Annales Hydrographiques* (1977) n° 747 p. 47.
- [2] *Séparation des différentes familles d'ondes de marée, Application au calcul des constantes harmoniques*, Ingénieur en Chef de l'Armement DEMERLIAC (octobre 1973).
- [3] *Le bruit dans les analyses de marée*, Ingénieur de l'Armement DESNOËS. *Annales Hydrographiques* (1977) n° 747 p. 31.
- [4] *Le développement harmonique du potentiel générateur de la marée*, A.T. DOODSON — Tidal Institute — The university of LIVERPOOL. Extrait des "Proceedings of the Royal Society of London", Série A — Vol. C mars 1922.
- [5] *Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides*, Paul SCHUREMAN.

# L'AMOCO CADIZ COMPORTEMENT DE SES HYDROCARBURES DANS LE MILIEU MARIN

par

M. J. L. CARVIN  
Pharmacien-Chimiste Principal des Armées  
Établissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

## RESUME

La pointe de Bretagne fut particulièrement touchée en 1978 par l'échouement de l'*Amoco Cadiz*. Sa cargaison, 223 000 tonnes de pétrole brut léger se répandait dans la mer et entraînait une grave pollution du littoral.

Si, immédiatement après l'accident, il était important de suivre le déplacement des nappes et l'évolution dans le temps de leurs hydrocarbures, il était également nécessaire de se rendre compte de la contamination des eaux dans la zone de balancement des marées et dans le secteur de l'accident.

Ce rapport rassemble :

- . les relevés cartographiques de la marée noire pendant les six premières semaines ;
- . le suivi par identité chromatographique et par l'analyse des données, de l'évolution de la dégradation des nappes sur le littoral, en fonction du temps et du lieu ;
- . la contamination résiduelle du proche littoral ;
- . enfin, l'évaluation de la teneur en polluant dans la zone sinistrée, trois mois après le naufrage.

## ABSTRACT

*The Amoco Cadiz oil spill* : Behaviour of her hydrocarbons in the marine environment.

The Wreck of the super tanker *Amoco Cadiz* in march 1978, has greatly damaged the north coast of Brittany. The spreading of the 223 000 tons light crude oil freight into the sea water has caused severe pollution to the shores.

Just after the disaster, it was of first urgency to survey the drifting of oil slicks and the weathering of their hydrocarbons, but later, it become also necessary to estimate the extend of waters pollution in the intertidal areas of the regions around the wreck.

This report includes :

- . the mapping survey of oil spills during the six weeks following the accident ;
- . a study of the weathering of hydrocarbons through time for various sampling places, by a chromatographic finger printing method and of their principal components discrimination by multivariate analysis ;
- . a description of the residual contamination of the coast line ;
- . and, at last, an estimation of the pollution grade in and around the ship wreck area, three months after the disaster.

## PREFACE

L'ouvrage que je présente aujourd'hui réunit diverses études réalisées par la section "Océanographie" de l'Établissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (EPSHOM), à la suite de la pollution de la mer engendrée par le naufrage du pétrolier *Amoco Cadiz* en mars 1978.

L'examen de l'état de pollution de la mer est la pièce maîtresse de ce rapport qui a été rédigé par le Pharmacien-Chimiste des Armées Carvin, Chef du laboratoire de chimie océanographique qui a dirigé l'ensemble du programme de prélèvements et de mesures.

Il s'agit là d'un travail d'une équipe formée par des jeunes chercheurs scientifiques effectuant leur service national à l'EPSHOM.

L'Enseigne de Vaisseau Menesguen a été chargé particulièrement de l'étude cartographique de la dérive des nappes, tandis que les Pharmaciens-Chimistes des armées Barfuss, Baïbled, Personnic ont effectué les différentes analyses chimiques sous la responsabilité du chef du laboratoire. Enfin, les matelots Quiniou et Théoleyre ont effectué l'exploitation mathématique des résultats.

Par ailleurs, l'étude du levé hydrologique de la zone sinistrée effectuée par le bâtiment hydrographique *L'Espérance* revient à l'Ingénieur civil sous contrat Camus.

L'Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe) Demerliac  
Chef de la Section "Océanographie" de l'EPSHOM

## INTRODUCTION

Durant l'année 1976, la pointe de Bretagne fut particulièrement touchée par les naufrages des navires pétroliers *Olympic Bravery* et *Boëhlen*. Le 16 mars 1978, elle le fut davantage encore par l'*Amoco Cadiz* qui s'échoua sur les hauts fonds devant Portsall. Ses 223 000 tonnes de pétrole brut léger se répandaient dans la mer, touchant 400 kilomètres de côte. (PL. 1).

La dispersion des hydrocarbures a été facilitée par les courants violents, les vents forts et la mer souvent très grosse dans ces parages. La région néritique, siège d'une vie marine intense, a cependant été fortement perturbée. De plus, l'infiltration des hydrocarbures dans les différentes couches de sédiments du littoral fixa une contamination dont l'élimination s'effectuera probablement sur plusieurs années.

Par la nature même de l'accident, par les vents et les courants de marée, les phénomènes d'évaporation et de dispersion se sont trouvés être importants pour ce pétrole brut léger. Si, immédiatement après l'accident, il était fondamental de suivre le déplacement des nappes et l'évolution dans le temps de leurs hydrocarbures, il était également nécessaire de se rendre compte de la contamination des eaux, tant dans la zone de balancement des marées que dans le secteur de l'accident proprement dit.

Ainsi, par l'intermédiaire de son Etablissement Principal de Brest, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine a participé activement à l'étude de la pollution provoquée par l'échouement de ce navire pétrolier.

Il lui a été possible :

- de suivre le déplacement des nappes d'hydrocarbures en mer par des relevés cartographiques ;
- de mesurer l'état de pollution de la zone sinistrée par son laboratoire de chimie océanographique.

### A. COMPORTEMENT DES PRODUITS PETROLIERS DANS LE MILIEU MARIN

Le chargement du bâtiment naufragé était constitué de deux produits bruts légers dont les caractéristiques

physicochimiques sont les suivantes :

	Densité à 15°	Point d'écoulement	Pourcentage pondéral du soufre	Rapport en poids des Vanadium/Nickel
Arabian light	0,851	- 17°C	1,70	2 à 3
Iranian light	0,854	- 11°C	1,33	2 à 3

Déversés à la surface de la mer, les hydrocarbures de l'*Amoco Cadiz* ont été rapidement jetés à la côte durant les deux premières semaines après l'accident, la force des vents dominants étant relativement élevée (20 à 25 nœuds). L'altération qui s'en suivit pût être d'origine biologique, chimique ou mécanique (marées, vents, vagues).

#### 1. Evolution d'une couche de pétrole étalée à la surface de l'eau

Les principaux processus de dégradation sont l'évaporation, l'émulsification et la dispersion du produit dans le milieu marin (PL 2).

##### 1.1. Evaporation

Elle dépend des conditions atmosphériques, de la distribution des points d'ébullition et des tensions de vapeur des composés pétroliers. Elle aboutit à la perte des fractions les plus légères.

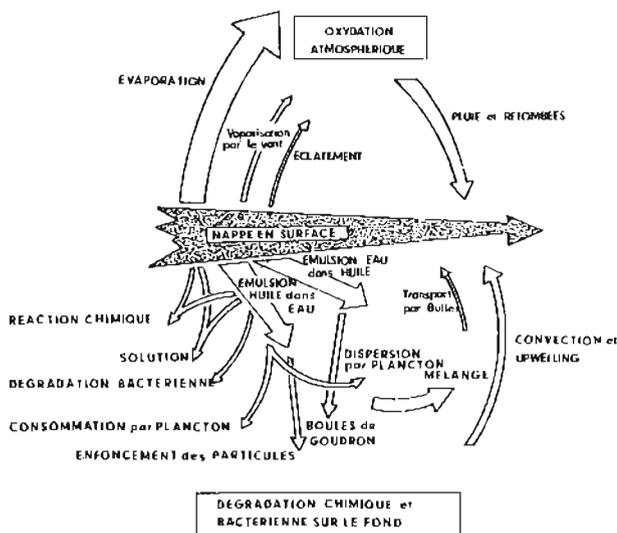
##### 1.2. Emulsification

Les émulsions sont de deux ordres :

- eau dans hydrocarbures ("mousse au chocolat") qui peut renfermer jusqu'à 80 % d'eau (cas présent) ;
- hydrocarbures dans eau permettant la dispersion dans le milieu marin.



PL. 1. — Lieux géographiques des prélèvements d'échantillons.



PL. 2. — Comportement et évolution des hydrocarbures déversés en mer. (d'après P. Caronne).

### 1.3. Dispersion

Elle est due à la solubilité très faible dans l'eau et à la formation de micelles.

## 2. Hydrocarbures biogéniques

Les produits pétroliers présents dans l'environnement marin peuvent provenir d'organismes vivants ou de la dégradation d'hydrocarbures contenus dans le sédiment. Leur concentration est cependant très faible.

Les organismes marins élaborent et contiennent des précurseurs d'hydrocarbures, composants mineurs de leur constitution organique. Ainsi, le phytoplancton et la plupart des algues benthiques synthétisent des paraffines normales montrant une concentration importante pour celles contenant 15, 17, 19 et 21 atomes de carbone. Les bactéries jouent un rôle dans la biosynthèse des hydrocarbures isoprénoides (pristane  $nC_{19}$ , phytane  $nC_{20}$ , squalane  $nC_{30}$ ) et forment une gamme d'hydrocarbures allant de  $nC_{13}$  à  $nC_{31}$ , où les paraffines à nombre pair de carbone prédominent.

Pour une raison quelconque, ces produits peuvent se retrouver dans la masse d'eau. La chromatographie en phase gazeuse à colonne capillaire et la spectrométrie de masse permettent de les distinguer des fuels fossiles.

## B. RELEVES CARTOGRAPHIQUES DE LA POLLUTION

Les documents fournis par le poste de commandement POLMAR ont permis à l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (E.P.S.H.O.M.) de dresser une série de cartes positionnant les nappes d'hydrocarbures, du 17 mars au 26 avril 1978, à raison de une par jour (PL. 3).

Cette période a été divisée en 7, regroupant les limites journalières extrêmes et comprenant aussi bien les irrations que les nappes épaisses :

- du 16 au 26 mars, les nappes se déplacent vers l'Est ou restent plaquées à la côte ;

- du 27 au 30 mars, les nappes se détachent de la côte pour prendre une direction Nord-Ouest par rotation ;

- du 31 mars au 3 avril, les nappes se fragmentent, puis sont repoussées à la côte par les vents de Nord et de Nord-Est ;

- du 4 au 9 avril, les nappes se déplacent vers l'Ouest (elles dépassent Ouessant) ;

- du 10 au 15 avril, les nappes se déplacent vers le Sud jusqu'à la latitude de Penmarc'h ;

- du 16 au 20 avril, les nappes se fragmentent en deux : Pointe St-Mathieu et Pointe du Raz puis évoluent, la première vers l'Est, la deuxième vers le Sud ;

- du 21 au 26 avril, les nappes se collent à la côte puis disparaissent.

L'absence apparente de nappes résiduelles au large des Côtes-du-Nord entre le 10 avril et le 25 avril est simplement due au manque d'observations dans cette zone, considérée comme située en dehors de l'essentiel de la nappe.

## C. EXAMEN DE L'ETAT DE POLLUTION DE LA MER A LA SUITE DU NAUFRAGE DE L'AMOCO CADIZ

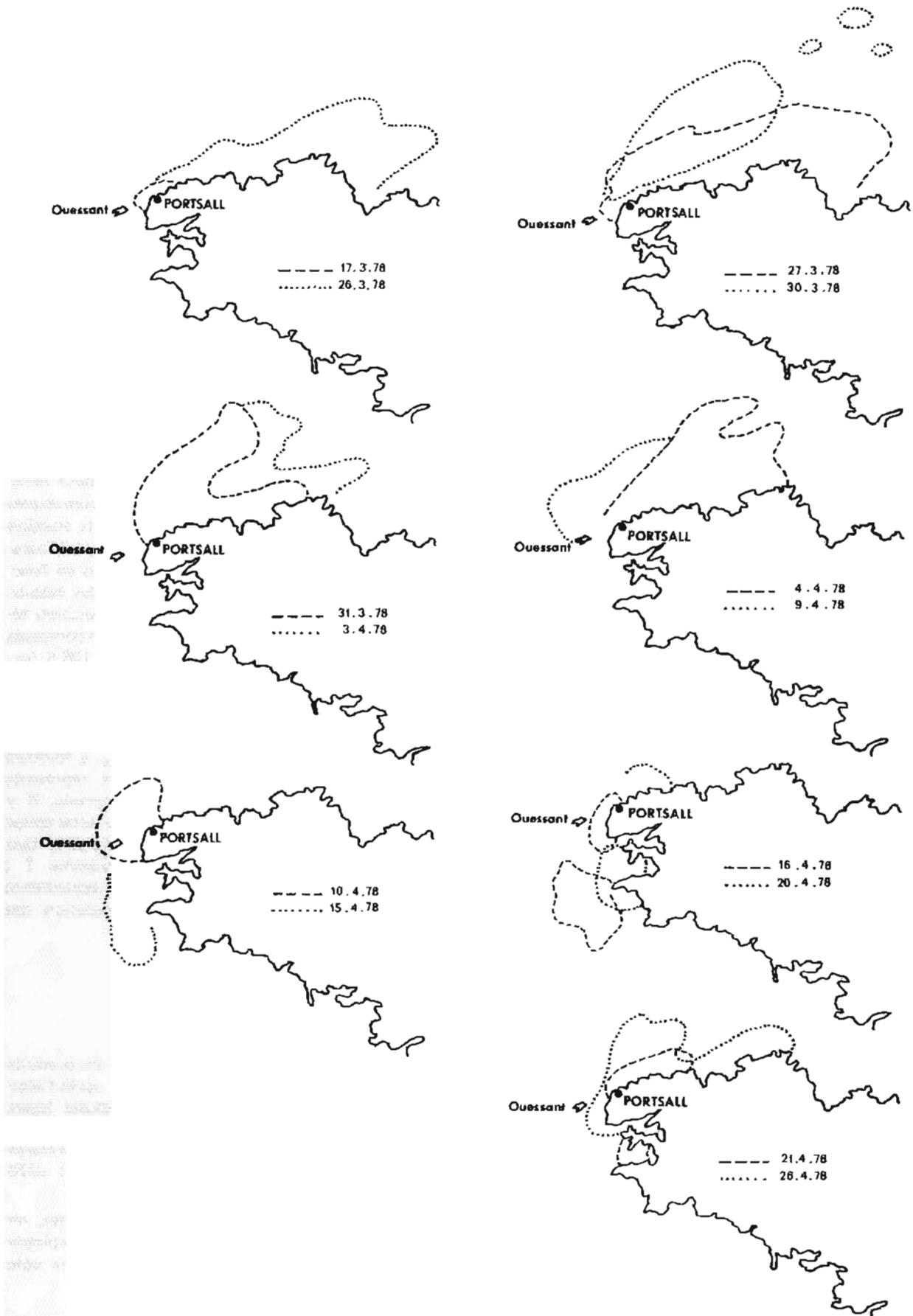
Le laboratoire de chimie océanographique de l'E.P.S.H.O.M. a étudié la pollution de la mer dans la zone sinistrée.

Il a suivi :

- l'évolution de la composition en hydrocarbures des nappes dans leur déplacement ;

- les variations de la teneur en produits pétroliers dispersés dans l'eau de mer en zone intertidale ;

- il a pu estimer l'importance de la pollution dans la zone sinistrée, trois mois après le naufrage.



PL. 3. — Relevés cartographiques des 7 périodes marquantes de la dérive des nappes.

## CHAPITRE I

## SUIVI DE L'ÉVOLUTION DE LA COMPOSITION EN HYDROCARBURES DES NAPPES DANS LEUR DÉPLACEMENT PAR L'ANALYSE CHROMATOGRAPHIQUE ET PAR L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

De nombreux échantillons d'hydrocarbures furent recueillis au cours du déplacement des nappes en différents points du littoral, pendant le premier mois après l'accident, puis épisodiquement.

Ils furent ensuite analysés par chromatographie en phase gazeuse.

La démarche était d'ordre qualitatif (reconnaissance globale des profils), quelques chromatogrammes seulement furent numérisés. Il en résulte qu'un petit nombre de données put être analysé en composantes principales. En y adjoignant celles concernant les identités chromatographiques des résidus pétroliers provenant de *L'Olympic Bravery* et du *Boehlen*, ce banc d'essai doit faire pressentir les réponses aux questions suivantes :

- Parmi les paramètres enregistrés, quels sont ceux qui caractérisent le mieux le vieillissement des hydrocarbures *Amoco Cadiz* ?

- Malgré l'effet important de la dégradation subie dans l'eau au cours d'un long séjour, existe-t-il des paramètres qui permettent de différencier les produits issus des pétroliers *Amoco Cadiz*, *Boehlen* et *Olympic Bravery* ?

### 1. IDENTITE CHROMATOGRAPHIQUE DU CHARGEMENT AMOCO CADIZ

#### 1.1. Conditions

Le chargement du bâtiment naufragé était constitué de produits bruts légers. Déversés à la surface de l'eau, les hydrocarbures ont été rapidement jetés à la côte durant les deux premières semaines après l'accident, la force des vents dominants étant relativement élevée (20 à 25 nœuds). L'altération qui s'en suivit fut d'origine biologique, chimique et mécanique (marée, vent, vagues). Ainsi, les principaux processus de dégradation auxquels furent soumis ces polluants dans le milieu marin furent l'évaporation, l'émulsification et la dispersion comme le montre la PL. 2.

De nombreux échantillons furent recueillis quand les nappes s'échouaient à la côte. Parmi les procédés analytiques habituellement utilisés, il a été choisi la chromatographie en phase gazeuse, méthode efficace et rapide qui permet de prendre l'"empreinte digitale" du polluant, c'est-à-dire de lui donner son identité.

#### 1.2. Résultats

1.2.1. *Le chromatogramme 1 (PL. 4) est l'identité chromatographique du chargement Amoco Cadiz.* L'échantillon a été prélevé à bord de l'épave, quelques temps après l'accident par les plongeurs démineurs de la Marine Nationale. La répartition des paraffines de  $n C_8$  à  $n C_{24}$  (représentant en poids 5,71 % de la cargaison) montre un important massif d'alcane de  $n C_9$  à  $n C_{15}$ . Son enveloppe est également constituée d'une forte quantité de composés aromatiques volatils. S'agissant d'un pétrole brut léger, la fraction inférieure au  $n C_{25}$  a tendance à diminuer. Les paraffines en  $n C_{24}$  subissant très peu d'altération en fonction du temps, serviront de référence pour les calculs. En ce qui concerne les paraffines de l'échantillon témoin, le  $n C_{24}$  a une surface ramenée à 1, les composés le précédant totalisent alors une surface de 126,8 (exprimée en microvolts seconde).

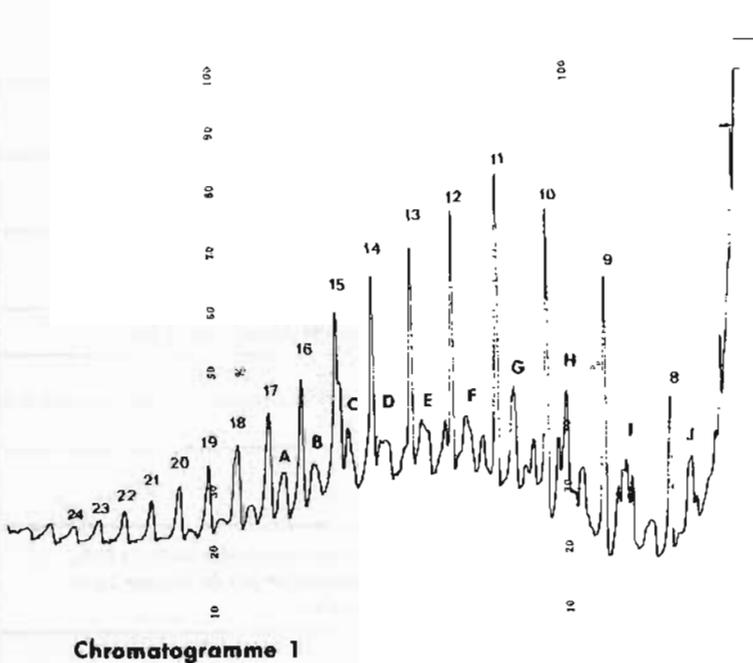
1.2.2. *Sur un échantillon prélevé 12 heures après l'accident à Portsall et pour lequel  $n C_{24}$  a toujours une surface de 1, la fraction inférieure représente 67  $\mu V/Sec$ .* Par rapport à l'échantillon témoin, il y a donc eu une perte de 47 % en poids pour cette coupe de composés  $n C_8$  à  $n C_{24}$ , composés volatils, tant paraffiniques qu'aromatiques (chromatogramme 2 ; PL. 4). Les pertes en hydrocarbures des échantillons analysés, obtenues au cours de la dégradation des nappes, sont présentées dans le tableau 1.

#### 1.3. Exploitation des résultats

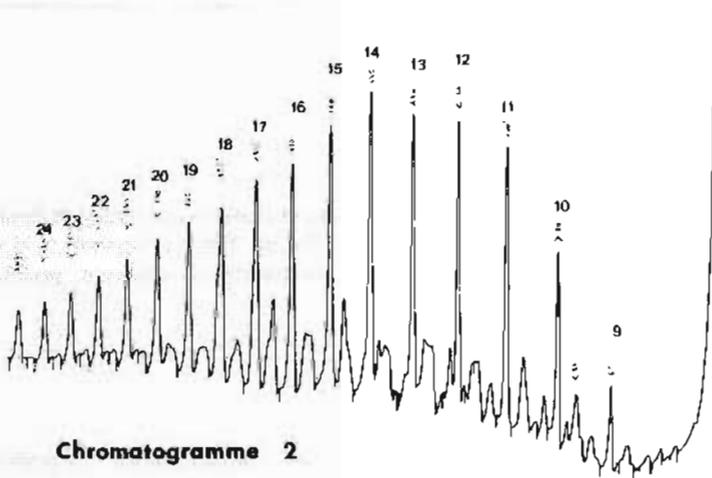
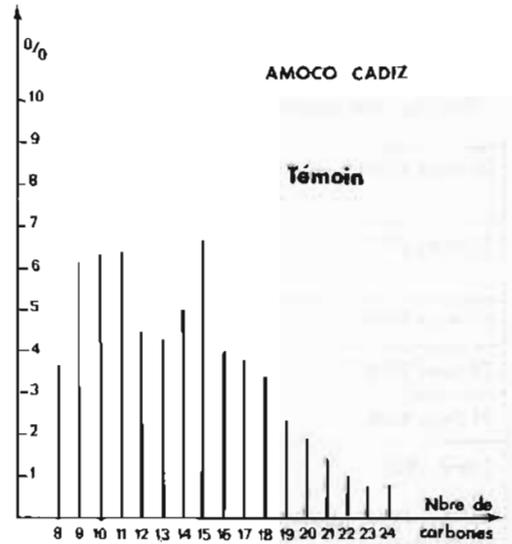
1.3.1. Les pertes sont rapides et la moitié des produits volatils s'évaporent en deux ou trois jours après l'accident. En trois semaines, 75 % des composés légers sont éliminés. Voisin de 77 %, le pourcentage de perte est à son maximum. Des échantillons prélevés à Porspoder, à l'Aber Wrac'h en juillet et août 1978 donnent les mêmes résultats.

1.3.2. Le 9 avril 1978, à Portsall et à Tréompan, on observe une diminution des pertes (66 %) qui s'explique par un renversement des vents repoussant à la côte d'autres nappes fraîches issues de l'épave.

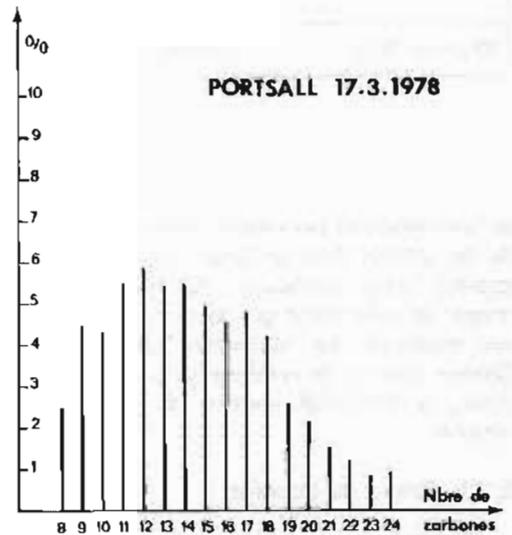
1.3.3. Le 31 janvier 1979, une nouvelle nappe se détache de l'épave et s'échoue à Tréompan. On peut



Chromatogramme 1



Chromatogramme 2



PL. 4. — Chromatogrammes des hydrocarbures Amoco Cadiz. Pourcentages des alcanes.

admettre qu'il s'agisse d'une perte résiduelle d'hydrocarbures encore prisonniers de l'épave. L'importance de la perte (70 %) des fractions légères peut s'expliquer :

- par le vieillissement à l'intérieur de l'épave ;
- par les phénomènes d'évaporation et de dispersion facilités par la faible épaisseur de la nappe.

**2. EVOLUTION DES HYDROCARBURES AMOCO CADIZ PAR L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES**

**2.1. Analyse en composantes principales**

**2.1.1. Principe**

Lorsqu'à un ensemble "d'individus" (ici l'individu est un échantillon analysé) sont associés deux ou trois variables, un graphique cartésien où chaque axe représente la mesure d'une variable permet de visualiser aisément l'ensemble de l'information. (PL. 5).

Si le nombre de variables est supérieur à 3 (ici, teneurs en  $n C_{13} \dots n C_{24}$ ), il est impossible de représenter l'ensemble des points "individus". L'analyse

Tableau 1. — Altération du produit pétrolier par évaporation et dispersion en fonction du temps et selon la distance parcourue

Date du prélèvement	Lieu du prélèvement	Pourcentage pondéral de pertes de la fraction $n C_{24}$	Observations
17 mars 1978	Portsall	47	Vent Nord. Force 5 puis Sud, Sud-Ouest
20 mars 1978	Tréompan	44	Eloignement de la nappe fraîche Vent N-W puis S-W
22 mars 1978	Portsall	52	Nappes dérivant vers l'Est
24 mars 1978	Portsall	75	
27 mars 1978	Tréompan	73	
7 avril 1978	St-Pabu (sur l'Aber-Benoît)	76	
9 avril 1978	Portsall	66	Prédominance des vents de N-E, rapprochement des nappes sur le littoral
9 avril 1978	Tréompan	66	
26 avril 1978	Locquirec	77	
Juillet-Août 1978	Porspoder Aber-Wrac'h	77	
31 janvier 1979	Tréompan	70	Nappe provenant de l'épave

en composantes principales indique une représentation de ces points dans un plan déterminé par deux axes appelés "axes principaux". Ce plan est fixé par l'ordinateur de telle sorte que la dispersion de la projection soit maximale. La "dispersion" contient l'information. Chaque axe est la synthèse de plusieurs caractères initiaux, la difficulté consiste à leur donner un sens concret.

### 2.1.2. Nature des données

Ont été soumis à ce type d'analyse, les chromatogrammes des résidus pétroliers d'origine différente, ayant séjourné dans l'eau de mer et recueillis sur le littoral.

- 16 échantillons provenant de l'épave *Amoco Cadiz*
- 4 échantillons provenant de l'épave *Boehlen*
- 4 échantillons provenant de l'épave *Olympic Bravery*.

Chaque échantillon est caractérisé par deux facteurs :

- l'ensemble des teneurs en alcanes (ou de l'enveloppe) qu'il contient ;
- la structure de la population d'alcanes (prépondérance des lourds par rapport aux légers).

## 2.2. Exploitation de l'analyse en composantes principales

### 2.2.1. Remarque

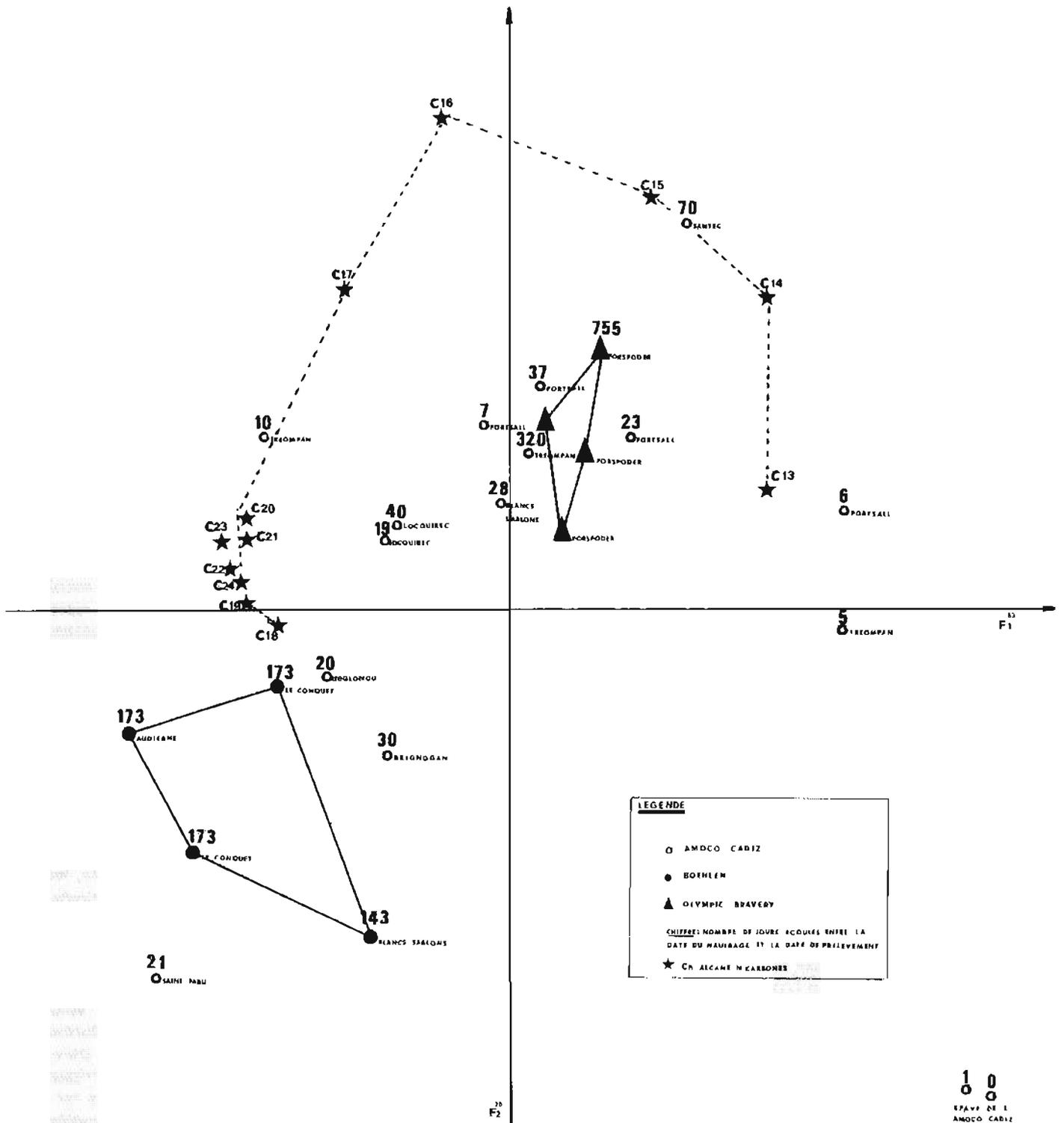
Il faut rappeler que les données numériques analysées sont des pourcentages. De ce fait, la disparition d'un alcane entraîne un enrichissement apparent possible des autres alcanes.

### 2.2.2. Nature des axes

a) L'axe  $F_1$  (63 % de l'information) caractérise l'importance relative des alcanes, les uns par rapport aux autres. Le témoin *Amoco Cadiz* (sur le graphe : 00), situé à droite sur  $F_1$  montre que les fractions légères sont prépondérantes ( $n C_{13}$ ,  $n C_{14}$ ,  $n C_{15}$ ). L'échantillon identifié *Boehlen* et prélevé en baie d'Audierne (sur le graphe : 173 • Audierne) situé à gauche sur le graphique, signifie que les éléments lourds ( $n C_{18}$  à  $n C_{24}$ ) sont prépondérants par rapport aux alcanes légers.

b) L'axe  $F_2$  (20 % de l'information) caractérise l'importance en valeur absolue des divers alcanes dans chaque analyse. Ce sont les alcanes légers en  $n C_{14}$ ,  $n C_{15}$ ,  $n C_{16}$  et  $n C_{17}$  qui sont les plus discriminants.

c) Le plan contient 83 % de l'information totale. En conséquence, l'analyse du graphe permet potentiellement, d'apprécier une information synthétique.



PL. 5. — Analyse en composantes principales.

### 2.2.3. Commentaires du graphe

#### a) Points variables

Les échantillons analysés sont essentiellement caractérisés par la structure de la population des alcanes  $n C_m$ . Deux groupes d'alcane semblent s'y opposer fortement. La diminution des concentrations en alcanes  $n C_{13}$  est corrélée à une augmentation apparente des teneurs d'alcane  $n C_{18}$  à  $n C_{24}$ .

Entre ces deux groupes,  $n C_{15}$  et  $n C_{16}$  semblent connaître une dynamique intermédiaire (augmentation, puis diminution de leurs teneurs respectives).

#### b) Suivi du vieillissement des hydrocarbures de l'Amoco Cadiz

##### • Préliminaires

La dispersion des points sur le graphique est probablement due à la nature des lieux, à la distance parcourue et à la date de prélèvement selon lesquelles le produit pétrolier réagit différemment. Le déversement des détergents doit être également pris en compte.

Si l'on observe la disposition des abscisses des points sur l'axe  $F_1$ , il ne semble pas raisonnable d'affirmer que celui-ci soit le "temps de séjour des produits pétroliers dans le milieu marin". La disposition des points projetés devrait présenter une augmentation régulière des teneurs en  $n C_{18}$  jusqu'à  $n C_{24}$ . Aussi, le lecteur doit-il rester critique vis-à-vis de l'interprétation proposée ci-après.

##### • Points

00, 50 Tréoupan, 60 Portsall, 70 Portsall et 200 Tréglonou.

Au départ, l'échantillon 00 présente une composition riche en produits légers, aussi bien alcanes qu'aromatiques  $n C_8$  à  $n C_{12}$  qui disparaissent très rapidement en 4 à 5 jours (cas de 50 Tréoupan et 60 Portsall). Survient ensuite une élimination importante des alcanes en  $n C_{13}$  et  $n C_{14}$  qui pendant une dizaine de jours, entraîne une augmentation apparente des concentrations des produits paraffiniques en  $n C_{15}$  et  $n C_{16}$ , (cas de 70 Portsall). Ceux-ci, à leur tour connaissent une diminution de teneur; reflet de leur dynamique réelle dans le milieu marin (200 Tréglonou).

##### • Point 320 Tréoupan

Il correspond à une nouvelle arrivée de pétrole en provenance de l'Amoco Cadiz. L'échantillon a été prélevé le 31 janvier 1979, deux jours après l'arrivée de la nappe sur les grèves de Tréoupan.

Etant donné la position particulière de ce point et compte tenu du temps de contact avec les éléments atmosphériques (agitation de la mer, vitesse du vent, température ambiante), il semble plausible qu'à l'intérieur de la coque de l'épave, le polluant ait subi un vieillissement d'un type particulier :

- élimination des produits légers

— diminution des  $n C_{15}$ ,  $n C_{16}$  comme pour les autres échantillons, mais toujours présence non négligeable de  $n C_{13}$ ,  $n C_{14}$ .

De même, le point 370 Portsall serait la marque de l'arrivée de nouvelles nappes plus fraîches que les précédentes. Il est effectivement difficile de comprendre comment au cours du temps pourrait se produire un enrichissement en paraffines légères.

##### • Points 700 Santec 210 Saint-Pabu

Il s'agit de deux points isolés diamétralement opposés. Il est difficile de proposer une interprétation. Ils ont cependant le mérite de montrer la grande variabilité des données qui peut être due :

- au prélèvement et à la conservation de l'échantillon
- aux conditions climatiques du lieu.

De tels points prouvent la nécessité d'opérer l'analyse sur des ensembles de données plus conséquents.

#### c) Suivi des échantillons Boëhlen (● sur le graphe) et Olympic Bravery (▲ sur le graphe).

Les échantillons *Olympic Bravery* sont plus riches en valeur absolue, en alcanes de  $n C_{14}$  à  $n C_{17}$  et possèdent une structure plus jeune (présence importante d'hydrocarbures légers par rapport aux lourds) que les échantillons *Boëhlen*.

Malgré un séjour dans l'eau plus long (22 mois) pour les produits *Olympic Bravery* que pour ceux *Boëhlen* (7 mois et 15 jours), malgré une tendance à l'augmentation en lourds pour les deux polluants, la séparation des deux ensembles sur le graphe n'est pas fortuite.

## 2.3. Discussion

Il est remarquable que dans l'ensemble, les groupes de points, identifiant le chargement des trois navires pétroliers, ne se confondent pas ou très peu. Après un séjour dans l'eau de mer de plus d'une année, les résidus *Olympic Bravery* et *Boëhlen* restent distincts. Parmi les nombreuses hypothèses plausibles, la suivante peut être envisagée :

Au cours d'un séjour dans l'eau d'un mois, des quantités importantes de produits légers (alcane, aromatique) disparaissent (en particulier sous l'action des éléments atmosphériques). Se forme alors une structure de population d'alcane (relativement riches en alcanes lourds) caractéristique du pétrole origine. Par suite, il semble que la formation de "boules de goudron" plus ou moins compactes, piège cette structure nouvelle. A l'abri des agents de dégradation, cette dernière reste stable au cours du temps ce qui permettrait l'identification à long terme des résidus recueillis.

Avec un nombre plus important d'analyses que celui qui a été effectué, il eut été possible de maîtriser la variabilité des échantillons selon les lieux, et de vérifier l'hypothèse émise. Aussi, celle-ci doit-elle être tenue sous toute réserve.

### 3. CONCLUSION

Malgré un trop faible nombre de données, l'analyse en composantes principales présente un intérêt quant au suivi du vieillissement des hydrocarbures dans le milieu marin et à l'identification à long terme de l'origine des résidus. Cette méthode synthétique montre comment évolue une population d'alcane essentiellement caractérisée par l'importance relative de la coupe  $n C_{18}$  à  $n C_{24}$ .

En ce qui concerne le problème de l'identification, cette technique d'analyse conduit à penser qu'une

certaine empreinte digitale persiste au sein des "boules de goudron". Cette empreinte alors caractérisée par les teneurs en  $n C_{15}$ ,  $n C_{16}$  et  $n C_{18}$  à  $n C_{24}$ . Cependant une étude comportant un nombre important d'échantillons permettrait de mieux préciser la nature des alcanes les plus discriminants.

Cette technique de l'analyse des données montrerait un meilleur pouvoir séparateur qu'actuellement :

— si la coupe d'alcane analysés était élargie jusqu'à  $n C_{30}$  (par la chromatographie en phase gazeuse à colonne capillaire par exemple) ;

— si les teneurs en soufre, azote, nickel et vanadium étaient estimées pour chaque échantillon.

## CHAPITRE II

## DISPERSION DES HYDROCARBURES DANS L'EAU

## 1. BUT DE L'EXPERIMENTATION

Le littoral, surtout la région de balancement des marées et celle des Abers, fut fortement contaminé : les hydrocarbures échoués sur les rochers ou fixés par le sédiment purent être à nouveau dispersés dans la masse d'eau créant une pollution rémanente ou résiduelle.

## 2. EXPERIMENTATIONS

## 2.1. Dans la zone intertidale

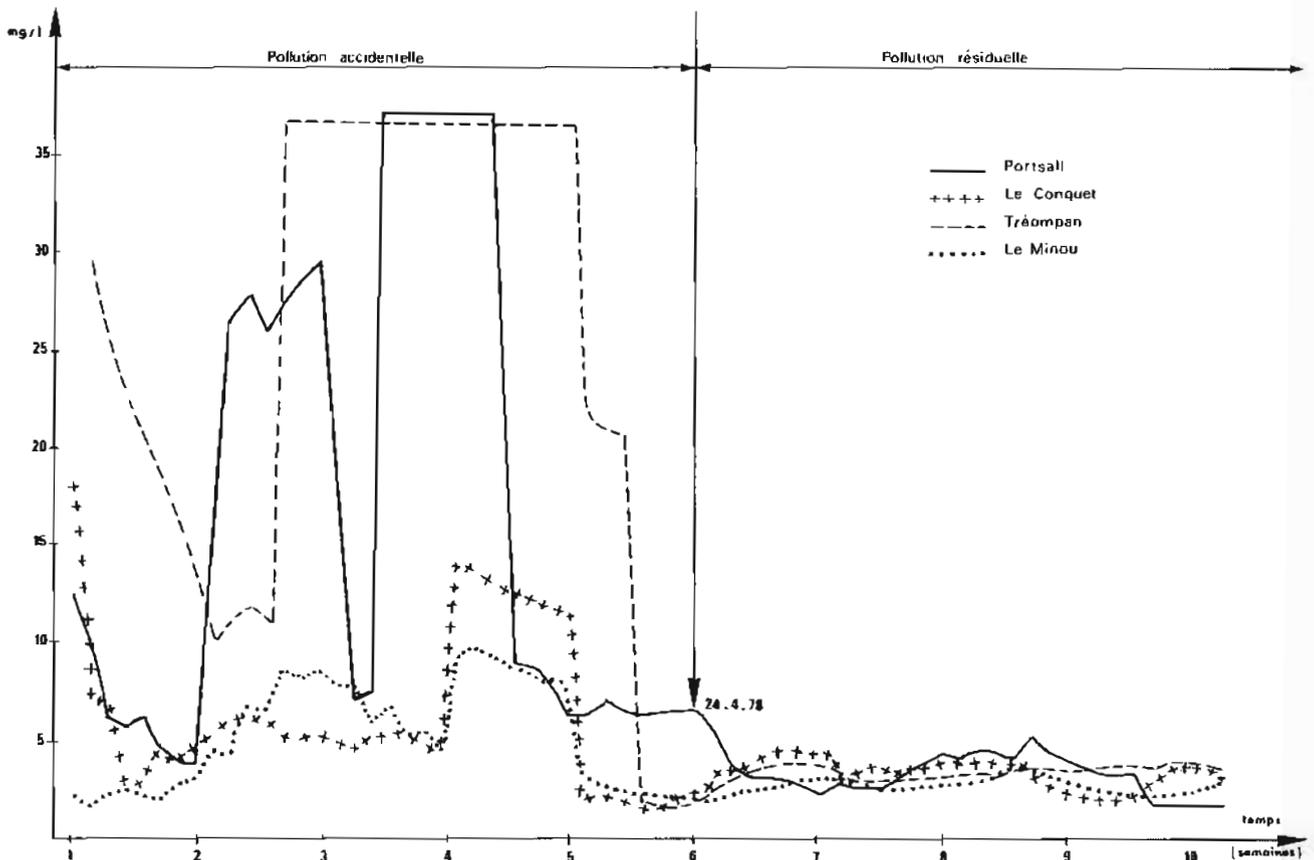
Les prélèvements ont été effectués tous les jours à marée montante. Quatre stations d'études furent ainsi choisies :

- deux proches de l'accident :
  - a) Tréompan
  - b) Trémazan en Kersaint près de Portsall
- deux éloignées :
  - c) Pointe de Kermorvan au Conquet
  - d) Pointe du Minou

Au début de l'expérimentation, ces deux dernières stations ne semblaient pas être touchées. La période d'expérimentation s'est étalée sur 11 semaines (du 20 mars au 4 juin 1978). Les prélèvements effectués à quelques centimètres au-dessous de la surface de l'eau ont été analysés par spectrométrie infrarouge.

## 2.1.1. Résultats

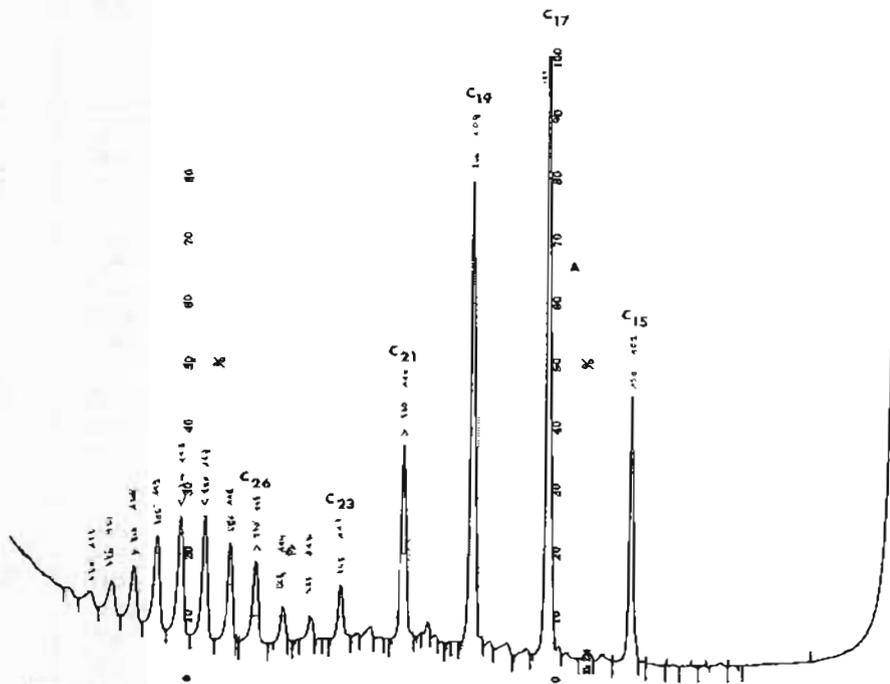
Au cours des semaines 3, 4 et 5, on observe une augmentation des hydrocarbures totaux due au retour des nappes sur la zone sinistrée, provoqué par des changements de direction des vents (Tableau 2).



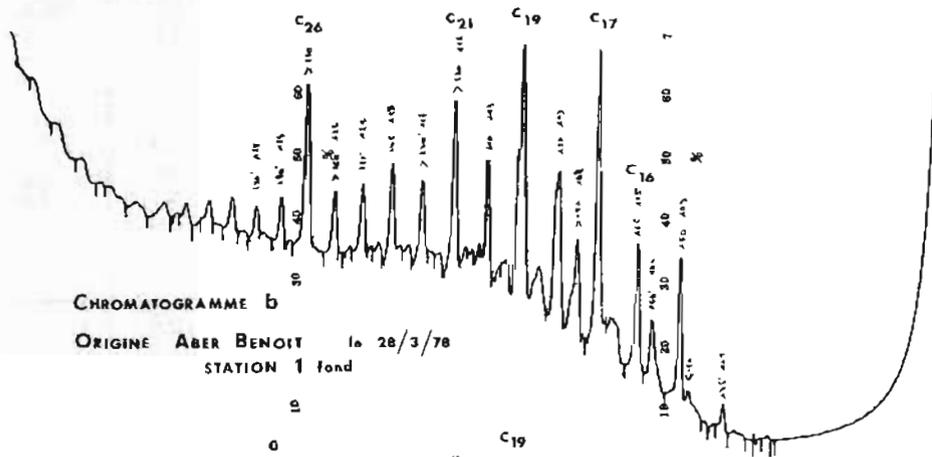
PL. 6. — Concentrations en hydrocarbures. Séries ajustées par la méthode de la moyenne mobile.

Tableau 2. — Teneur en mg/l, des hydrocarbures totaux contenus dans les échantillons d'eau de mer prélevés dans la zone intertidale, à marée montante, du 20 mars au 4 juin 1978

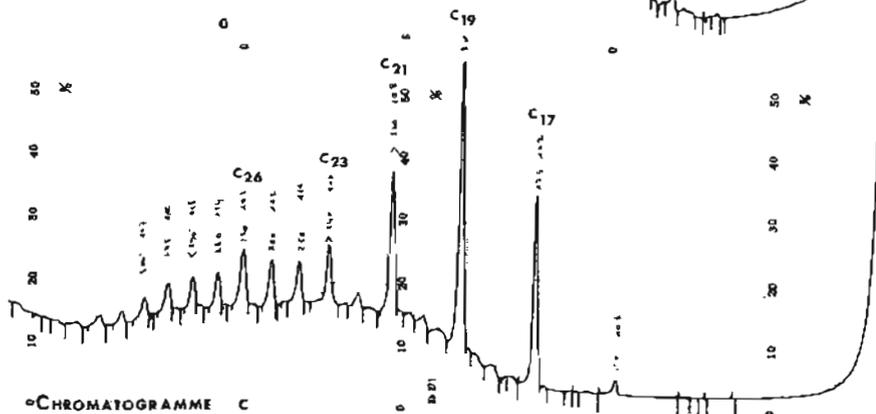
Semaine	d — Le Minou	c — Le Conquet	b — Portsall	a — Treompan
du 20 au 26 mars  1	3,3	79,4	20,2	751,4
	1,6	1,9	27,5	30,1
	<u>2,4</u>	<u>18,4</u>	<u>16,3</u>	<u>210,4</u>
	0,3	33,1	3,0	27,5
	4,5	3,2	14,4	32,4
		0,1		
		11,0		
		0,1		
du 27 mars au 2 avril  2	0,1	0,2	3,2	28,0
	5,3	1,4	0,8	3,0
	<u>2,8</u>	<u>4,3</u>	<u>2,3</u>	<u>14,0</u>
	1,6	3,4	0,1	5,1
	2,6	4,2	7,1	19,1
	0,3	11,0	0,1	
6,9	5,0	2,8		
du 3 au 9 avril  3	9,4	5,1	92,0	5,9
	3,8	7,0	73,0	13,0
	<u>8,5</u>	<u>5,3</u>	<u>32,7</u>	<u>99,0</u>
	19,7	1,0	7,9	9,0
	1,0	7,1	3,7	13,2
	13,6	3,5	10,2	545,7
3,2	7,1	9,7	7,4	
8,8	6,6			
du 10 au 16 avril  4	4,3	2,5	3,9	835,0
	3,7	4,6	5,3	16,0
	<u>4,7</u>	<u>4,5</u>	<u>73,0</u>	<u>150,8</u>
	6,5	5,9	9,6	26,0
	6,3	7,4	400,0	12,6
	4,3	4,0	5,7	5,2
3,1	3,2	13,5	9,8	
du 17 au 23 avril  5	38,0	71,1	9,1	941,0
	6,0	0,8	10,4	8,7
	<u>8,9</u>	<u>13,4</u>	<u>5,7</u>	<u>181,9</u>
	2,8	1,8	6,5	2,5
	3,7	2,4	2,8	131,4
	1,4	3,7		5,4
1,4	0,3		2,6	
du 24 au 30 avril  6	4,3	2,6	9,2	1,4
	2,1	2,4	15,4	1,4
	<u>1,9</u>	<u>1,6</u>	<u>8,6</u>	<u>1,0</u>
	1,4	0,7	5,5	1,0
	0,8	0,8	4,3	0,4
	0,8	1,6		
2,1				
du 1er au 7 mai  7	3,7	12,0	2,8	6,5
	3,0	1,1	2,7	2,8
	<u>2,8</u>	<u>5,8</u>	<u>2,3</u>	<u>3,8</u>
	1,6	4,9	2,4	2,8
	3,2	3,1	1,4	3,2
du 8 au 14 mai  8	2,2	2,3	6,0	2,7
	3,5	3,3	1,4	2,8
	<u>2,5</u>	<u>3,7</u>	<u>4,4</u>	<u>3,2</u>
	1,3	3,0	3,1	2,9
	0,8	5,5	7,0	2,3
	2,6	2,0		2,5
4,0	6,1		4,5	
3,2	3,6		3,6	
du 15 au 21 mai  9	2,8	4,6	3,8	3,2
	4,3	2,5	1,6	4,1
	<u>2,9</u>	<u>2,8</u>	<u>2,1</u>	<u>3,4</u>
	1,8	3,7	1,2	1,8
	4,6	4,0	1,8	4,6
	2,8	1,4		3,9
1,4	0,4		3,2	
			3,5	
du 22 au 28 mai  10	0,7	2,0	1,4	3,1
	1,1	1,4	1,1	4,7
	<u>2,0</u>	<u>3,5</u>	<u>1,4</u>	<u>3,8</u>
	1,8	3,8	2,4	3,2
	3,3	2,8	0,7	4,3
	2,1	5,4		2,4
2,8	5,7		6,1	
			2,8	
du 29 mai au 4 juin  11	1,7	1,8	2,4	2,1
	2,1	1,4	1,8	2,0
	<u>2,7</u>	<u>3,3</u>	<u>2,7</u>	<u>2,9</u>
	4,5	3,3	3,5	1,6
2,5	6,5	3,0	5,8	



CHROMATOGRAMME a  
 ORIGINE : TREOMPAN le 27/3/78



CHROMATOGRAMME b  
 ORIGINE ABER BENOIT le 28/3/78  
 STATION 1 fond



CHROMATOGRAMME c  
 ORIGINE : LE CONQUET le 31/3/78

PL. 7. — Chromatogrammes de paraffines marines.

Pour les cinq premières semaines, on observe une pollution importante plus marquée aux stations a et b, que c et d (pollution accidentelle), puis pour les dix autres semaines, une contamination plus faible que précédemment (pollution résiduelle) qui persistera longtemps encore.

### 2.1.2. Exploitation des résultats par le test de Neuman

L'étude des courbes (PL. 6) obtenues après lissage par la moyenne mobile, de période égale à sept jours, montre qu'après le 24 avril, la pollution se stabilise (ou diminue lentement) autour de 3,1 mg/l pour les stations a et c, de 2,4 mg/l pour d et 3,6 mg/l pour b. Les fluctuations semblent s'organiser en mouvement périodique. Il se peut en effet qu'en fonction du coefficient de marée, une plus ou moins grande quantité d'hydrocarbures fixés par le sédiment soit remise en suspension dans la masse d'eau. Aussi, aurait-il été plus intéressant de pouvoir confirmer cette hypothèse en adoptant une période égale à 14 jours, période de cycle des marées, mais les séries sont trop courtes.

## 2.2. Dans l'Aber Benoît

Dès le début de la marée noire, les vents dominants ont favorisé l'entrée des nappes d'hydrocarbures dans les Abers où ils furent piégés par les sédiments. Beaucoup plus importantes près du fond qu'en surface, les teneurs à même date sont plus élevées dans l'Aber Benoît que sur le littoral. Cette constatation montre l'importance de la fixation par le sédiment des produits pétroliers dont l'élimination sera très lente.

## 2.3. Sur la zone sinistrée

Quatre semaines après l'accident (du 13 au 16 avril), les valeurs trouvées montrent que la contamination au large reste importante. Certaines teneurs supérieures au mg/l peuvent expliquer la dispersion dans l'eau de surface de nappes en dérive fraîchement traitées.

## 3. OBSERVATION

Après leur mesure par spectrométrie infrarouge, certains échantillons furent analysés par chromatographie en phase gazeuse, ce qui a permis de mettre en évidence certaines paraffines (de  $n C_{15}$  à  $n C_{21}$ ) dont les concentrations étaient exagérément supérieures aux autres (PL. 7).

Il s'agit très certainement d'hydrocarbures isoprénoides d'origine récente, provenant soit de sédiments (vasières de l'Aber Benoît), soit d'organismes marins. Le chromatogramme a montré la présence majeure d'une paraffine ( $n C_{17}$ ) dont l'origine probable est le phytoplancton ou les algues benthiques.

Le chromatogramme b (Aber Benoît) témoigne d'un mélange d'hydrocarbures biogéniques récents (dominance de  $n C_{17}$ ,  $n C_{19}$ ,  $n C_{21}$ ,  $n C_{26}$ ) et de produits pétroliers provenant de l'*Amoco Cadiz*.

On peut se demander si de telles paraffines dispersées dans la masse d'eau en quantité élevée (quelques  $\mu g$ ) ne proviendraient pas de la mort d'une biomasse très importante due à la marée noire. Si c'était le cas, ces paraffines deviendraient d'excellents marqueurs de pollution, à la condition toutefois qu'il y ait mort d'une quantité importante de faune ou de flore marines.

## CHAPITRE III

## EVALUATION DE LA CONCENTRATION EN POLLUANT DANS LA ZONE SINISTREE TROIS MOIS APRES LE NAUFRAGE

Après un accident de l'importance de celui-ci de l'*Amoco Cadiz* et dans l'hypothèse d'un rejet par l'épave ou par le sédiment environnant, il a semblé intéressant de mettre en évidence une relation possible entre la dispersion des eaux côtières et celle du polluant ainsi qu'une anisotropie des coefficients de diffusion horizontale, les courants existant dans ce secteur étant importants et alternatifs.

Pour cela, il faut couvrir de nombreuses fois un réseau de stations hydrologiques dont les positions sont à déterminer en fonction des lois de la dispersion horizontale. Mais la comparaison des cartes donnant la topographie et la répartition des isothermes, des isohalines, isooxygènes, isopolluants donnera peut-être le moyen de définir les relations entre ces différents paramètres.

Les courants de marée importants de ce secteur et un plan de charge très serré du bâtiment hydrographe *L'Espérance* qui entreprit cette expérimentation, ont imposé une solution de compromis. Ainsi, la répartition des mesures à un jour d'intervalle, puis d'une semaine, ont permis :

- d'évaluer la variabilité des phénomènes ;
- de montrer l'évolution de la pollution, en fonction du coefficient de marée.

## 1. ORGANISATION DES STATIONS

Le réseau d'étude était constitué de 17 stations, dont l'une au voisinage de l'épave définissait l'état zéro. Ainsi, il a été possible de reconnaître quatre fois le réseau de stations :

- 2 jours consécutifs en vive eau avec un coefficient de marée de 100 ;
- 2 jours consécutifs en morte eau avec un coefficient de marée de 55.

La disposition retenue était telle que chaque station a pu être exécutée à la même heure marée.

A chaque station, deux palanquées étaient effectuées :

- l'une pour la mesure des températures, oxygène dissous et salinité ;
- l'autre pour la mesure des hydrocarbures totaux.

## 2. COMMENTAIRES

Les violents courants de marée entraînent une bonne homogénéisation verticale du milieu. Les structures thermiques halines sont plus contrastées horizontalement en vive eau qu'en morte eau. Rien n'apparaît de semblable en ce qui concerne les mesures d'oxygène dissous et d'hydrocarbures dispersés.

Les mesures effectuées montrent qu'il existe en permanence un front thermique d'orientation Sud-Ouest, Nord-Est à l'ouvert des abers. Ce front relativement bien marqué en vive eau s'atténue fortement en morte eau. L'explication est probablement le réchauffement des eaux dans les abers, ce qui est confirmé par les mesures de salinité particulièrement en vive eau (PL. 8).

En ce qui concerne les mesures d'hydrocarbures, on peut dire qu'après la marée noire des premiers temps, une quantité importante de produits s'est dispersée en micelles dans la masse d'eau, contaminant toute une zone de mer.

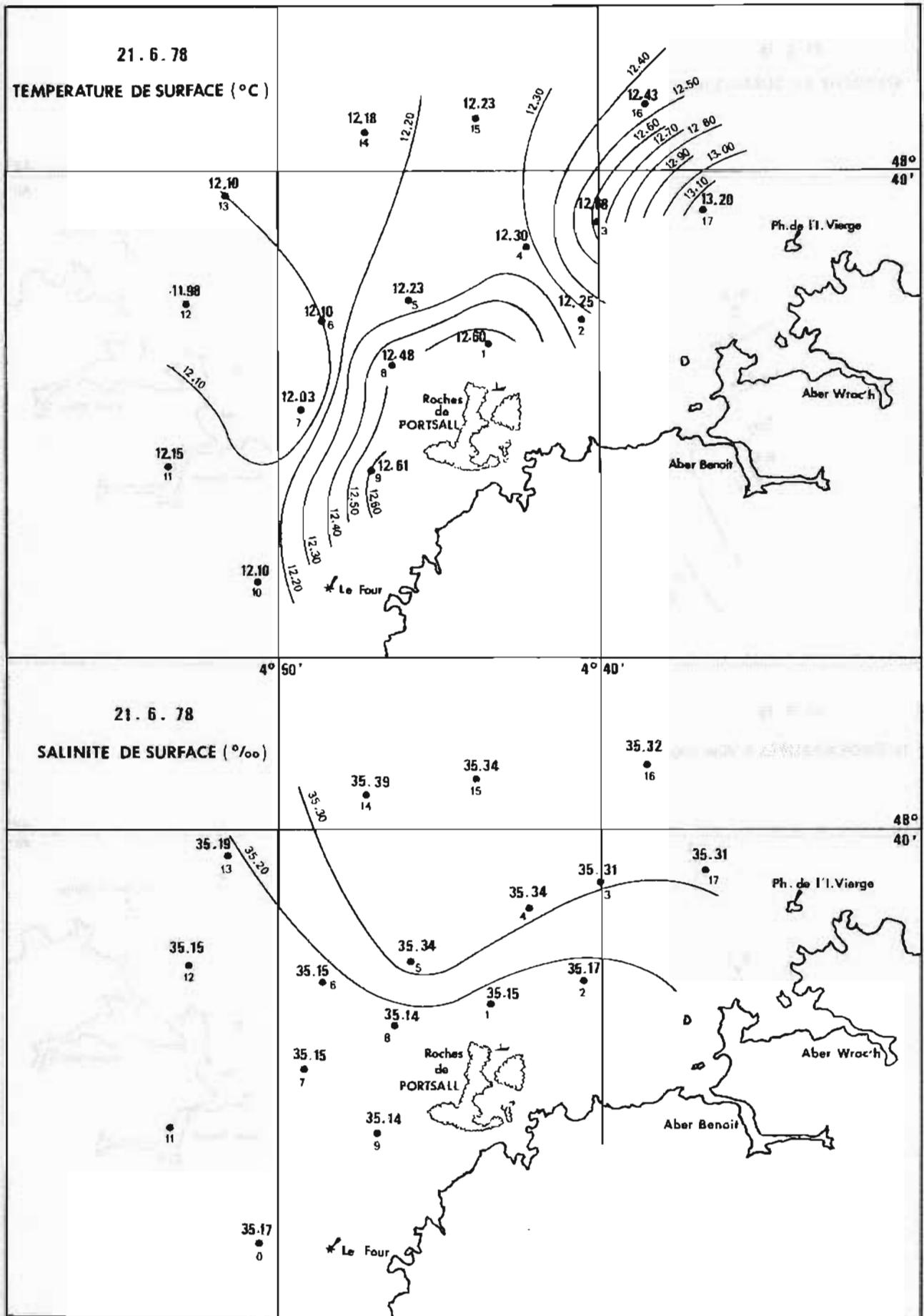
Après trois mois de brassage continu, la dispersion est telle qu'il est impossible de donner une franche explication des variations des teneurs trouvées. L'incohérence de ces dernières proviendrait d'un bruit de mesure attribué :

- soit à la nature même des micelles et à leur dispersion due au hasard dans la masse d'eau ;
- soit au câble insuffisamment d'egr pourrait apporter une contamination ;
- soit aux bouteilles à hydrologie en matière plastique utilisées pour les prélèvements.

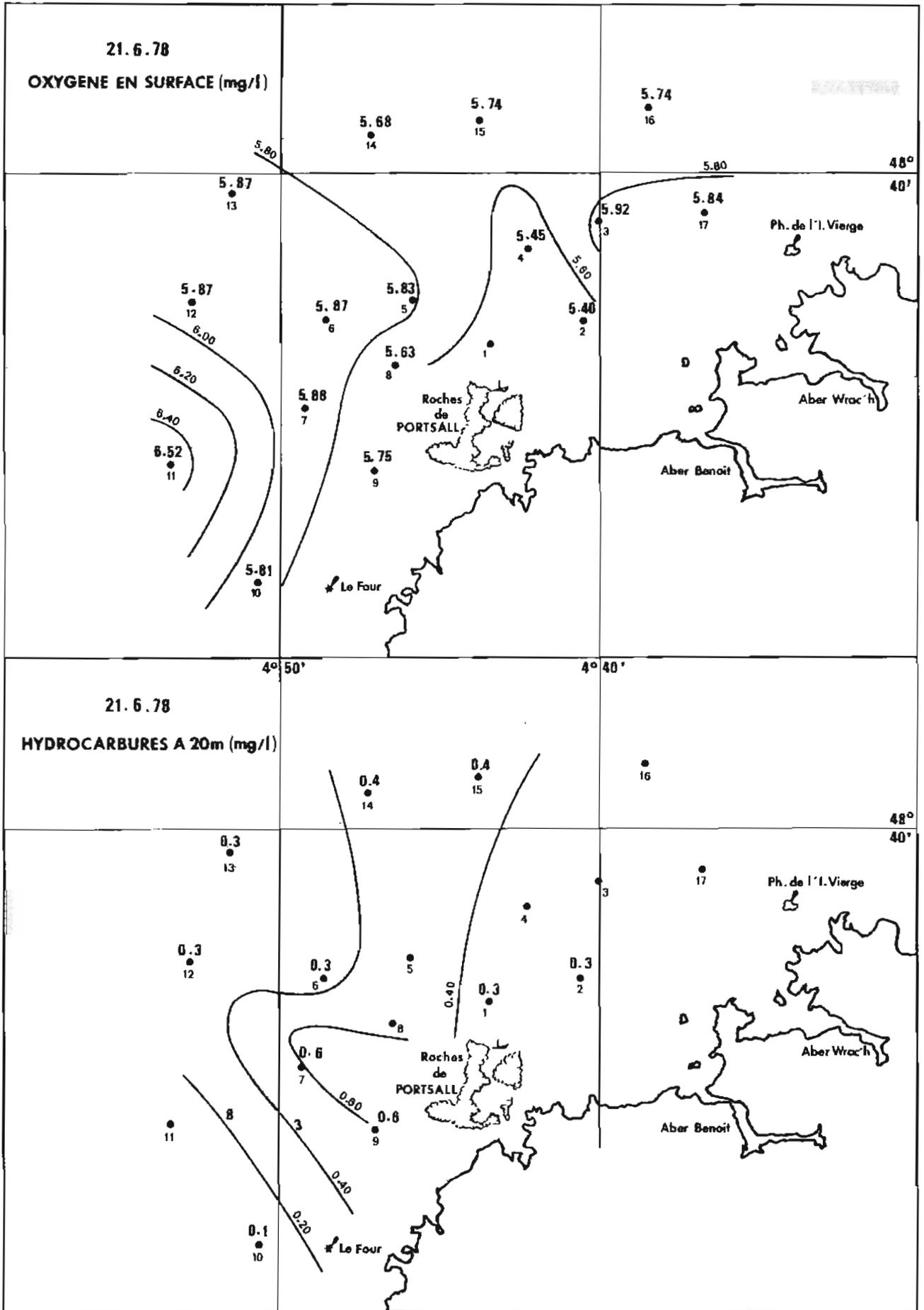
## 3. PRELEVEMENTS D'ÉCHANTILLONS DE SURFACE A L'AIDE DE LA SONDE

Au cours des travaux d'hydrologie, une sonde à prélèvement d'échantillons d'eau polluée, expérimentée au laboratoire a été mise à l'eau à l'avant du bâtiment. (Annexe I).

L'eau polluée est filtrée dans une cartouche contenant des disques de mousse de polyuréthane qui adsorbent les hydrocarbures.



PL. B.



PL. 9.

Tableau 3. — Résultats des analyses effectuées sur les échantillons d'eau prélevés à partir de la sonde, au cours de la campagne hydrologique du B.H. L'Espérance, près de l'épave de l'Amoco Cadiz

Repère des échantillons	21 juin										28 juin						29 juin			
	Stations										Trajet de station à station									
	8	17	12	6	16	8	14	15	16 à 6	17 à 3	5 à 1	1 à 2	2 à 8	8 à 9	9 à 14	16 à 6				
Quantité d'eau filtrée en litres	10	30	20	20	20	10	10	10	30	30	20	30	30	30	30	20				
Contenu dans un litre d'eau filtrée	< 0,1	0,6	< 0,1	0,1	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	0,2				
Mesurée par spectrométrie infrarouge et exprimée en mg/l, teneur des hydrocarbures totaux	< 0,01	0,8	< 0,005	< 0,005	0,8	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,003	0,30	< 0,005	0,1	0,7	traces	< 0,005					
Observations chromatographiques faites sur les hydrocarbures recueillis sur le polyuréthane		1,4			0,9					< 0,4			0,8			0,2				
		Identification des paraffines entre n C <sub>24</sub> et n C <sub>30</sub>			Identification des paraffines n C <sub>16</sub> et n C <sub>20</sub>					Rien de significatif				Identification des paraffines entre n C <sub>21</sub> et n C <sub>26</sub>						

Le mode de prélèvement étant différent, les résultats ne peuvent pas être comparés à ceux trouvés pour les échantillons recueillis aux mêmes points, au cours des stations d'hydrologie.

La contamination de la zone sinistrée est très réduite (un seul résultat sur 16 est supérieur au mg/l). A l'exception des produits pétroliers fixés par le sédiment, produits qui peuvent être libérés dans le milieu

marin, les polluants se sont suffisamment dispersés dans la masse d'eau pour qu'on ne puisse plus les doser trois mois après l'accident (Tableau 3).

Il n'est d'ailleurs pas dit que les hydrocarbures analysés au cours de cette campagne proviennent de la pollution de l'*Amoco Cadiz*. L'identification chromatographique n'a pas permis de déterminer leur appartenance.

## CONCLUSION

Les informations des unités de la Marine Nationale luttant contre la marée noire et les observations des aéronefs sur la dérive des nappes ont permis d'établir les relevés cartographiques de la pollution pendant six semaines.

A partir de l'identité chromatographique du chargement de l'*Amoco Cadiz*, le but de la première étude a été de suivre l'évolution de la dégradation des nappes échouées sur le littoral, en fonction du temps et du lieu. Ce procédé montre que les paraffines au-dessous de  $nC_{12}$  disparaissent très rapidement, que celles comprises entre  $nC_{12}$  et  $nC_{17}$  s'éliminent plus lentement que les précédentes et qu'enfin les autres, supérieures à  $nC_{17}$ , sont peu affectées par les phénomènes de dégradation dans le milieu marin. Donc, une bonne identification chromatographique n'est possible que si l'échantillon analysé provient d'un produit pétrolier fraîchement déversé à la mer. Si ce n'est pas le cas, il faut renforcer la caractérisation par des paramètres qui restent sensiblement constants malgré leur passage dans l'eau (soufre, azote, éléments traces).

La seconde étude montre que le proche littoral est encore touché 11 semaines après l'accident, par

une contamination résiduelle due certainement à la fixation du polluant par les sédiments.

Enfin, la dernière étude réalisée trois mois après le naufrage autour de l'épave, montre que ce secteur n'est plus pollué. Les courants de marée importants dans ces parages sont probablement à l'origine de la disparition de la grande quantité de produits pétroliers. Les très faibles teneurs trouvées à quelques milles des côtes ne permettent pas non plus de constater des échanges de polluant entre sédiments et eau comme c'est le cas pour la zone intertidale.

Les produits pétroliers sont parmi les substances organiques celles qui disparaissent le moins rapidement du milieu marin. Ils sont retenus au niveau du sédiment ou de la chaîne alimentaire, continuant pendant de nombreux mois d'être une source de contamination. Et, l'eau devient le seul vecteur capable de disperser de tels composés jusqu'à leur complète disparition.

Mesurer l'état de pollution de la masse d'eau contaminée à la suite de l'échouement de l'*Amoco Cadiz* fut l'une des missions du Laboratoire de Chimie Océanographique de l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.

P.S. L'étude présentée est l'essentiel des différents travaux rassemblés dans le rapport n° 224 EPSHOM/E/OC, d'avril 1979, rapport où les méthodes et les techniques de laboratoire mises en jeu sont détaillées.

Le lecteur peut se le procurer à l'adresse suivante :  
Etablissement Principal du Service Hydrographique  
et Océanographique de la Marine — BP 426 — 29275  
Brest Cedex.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] BLUMER, GAILLARD-CHASE. — Hydrocarbons of marine phytoplankton. *Mar. Biol.*, 8 183-189, 1971.
- [2] CANONNE P. — La pollution de la mer par les hydrocarbures. Enquête documentaire. *Annales Hydrographiques*, (1976), n° 745.
- [3] CARVIN J.L. — Examen de l'état de pollution de la mer (hydrocarbures), N° 238 EPSHOM/E/OC — 25 avril 1979. Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine — 29275 Brest Cedex.
- [4] CLAYTON et Mac AULIFFE. — Dispersal and alteration of oil discharged on a water surface Chevron oil field Research Company. Lahabra, California 90 631.
- [5] COLIN André. — La catastrophe de l'*Amoco Cadiz*. Rapport de la commission d'enquête du sénat. Hachette, Juillet 1978.
- [6] GOUTX Madeleine. — Contribution à la connaissance des hydrocarbures biogéniques en milieu marin. Thèse soutenue le 15 juin 1978 — Université P. & M. Curie. Paris VI — Laboratoire d'Océanographie biologique.
- [7] JERRYTON and CALVIN (Delvin). — Interaction between marine organism and oil pollution. Office of research and monitoring U.S. Environmental Protection Agency — Whashington D.C. 20460.
- [8] MUSSONI R. — L'acide alginique des laminaires des côtes bretonnes. Laboratoire de recherches (Nourylande). Chimie et Physico-chimie des principes immédiats tirés des algues. Colloque international du Centre National de Recherche Scientifique. Dinard 20-25 septembre 1960. Edition C.N.R.S. 15, quai Anatole France Paris 75007.
- [9] National Oceanic and Atmospheric Administration. The Argo Merchant oil spill. A preliminary scientific report — March 1977. Environmental research laboratories, Bouldes, Colorado 80302.
- [10] SALIOT A. — Hydrocarbures dissous dans l'eau. *Bulletin U.O.F.*, 5, pp. 8-13.
- [11] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. Instructions Nautiques France côtes nord et ouest. Série C — Volume 2.
- [12] SHAW D.G. — Hydrocarbons in the water column. Tiré de "Fate and effects of petroleum hydrocarbons in marine organisms and ecosystem". Pergamon Press 1977.

## ANNEXE I

## SONDE A PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS D'HYDROCARBURES DANS UNE EAU POLLUEE

### 1. PRINCIPE DE L'APPAREIL

L'eau polluée, aspirée par un capteur flottant en surface, est filtrée dans une cartouche contenant des disques de mousse de polyuréthane. Ceux-ci adsorbent les hydrocarbures qui seront extraits et analysés en laboratoire.

### 2. DESCRIPTION

L'appareil se divise en trois éléments distincts :

- 2.1. Le corps, supporté et stabilisé sur l'eau par trois flotteurs, reçoit la cartouche ;
- 2.2. La tête de sonde, s'ouvrant sur la cartouche, percée d'une fente qui permet l'entrée d'eau ;
- 2.3. La cartouche filtrante, comprenant un manchon et une enveloppe cylindrique contenant des disques de mousse de polyuréthane exempts de toute impureté.

### 3. MODE OPERATOIRE

Le bâtiment étant stoppé, la sonde est placée à la surface d'un film d'hydrocarbures repéré. Une pompe pneumatique aspire l'eau en surface au travers de la fente et les hydrocarbures sont fixés sur l'adsorbant. Les disques sont ensuite sortis de la cartouche avec des pinces, placés dans un flacon de verre et mis au réfrigérateur du bord.

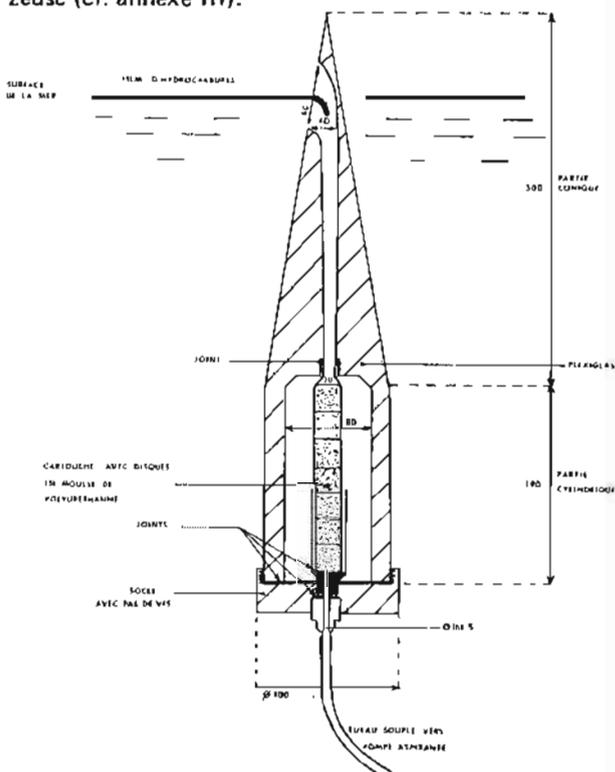
### 4. ECHANTILLONS RECUEILLIS

- Sur les disques sont recueillis les hydrocarbures insolubles du type alcanes lourds ;
- Les produits solubles ou dispersés se retrouvent dans les eaux de filtration.

### 5. DOSAGE

Après extraction des hydrocarbures adsorbés sur la mousse de polyuréthane par de petites quantités de tétrachlorure de carbone jusqu'à concurrence de 50 ml, la solution est analysée par spectrométrie infrarouge (cf. annexe II).

*Remarque.* — Si la teneur en hydrocarbures est supérieure à 10 mg/l, la solution chlorée d'hydrocarbures pourra être étudiée en chromatographie en phase gazeuse (cf. annexe III).



PL. 10. — Schéma de principe de la sonde à prélèvement.

#### *Note de la rédaction*

Cet appareil, conçu par l'auteur, a fait l'objet de plusieurs communications, notamment au 25<sup>e</sup> Congrès-Assemblée Plénière de la Commission Internationale pour l'Exploitation Scientifique de la Méditerranée. (Split-octobre 1976), au Colloque International d'Océanographie Médicale (Nice-octobre 1977) et au 4<sup>e</sup> Colloque International sur l'Exploitation des Océans (Bordeaux-mars 1980).

## ANNEXE II

## DOSAGE DES HYDROCARBURES TOTAUX CONTENUS DANS UN ECHANTILLON D'EAU DE MER PAR SPECTROMETRIE INFRAROUGE

## 1. PRINCIPE

La teneur en hydrocarbures totaux contenus dans un échantillon d'eau de mer est déterminée par spectrométrie infrarouge, en mesurant dans la zone 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$  l'absorption due aux vibrations des liaisons hydrogène-carbone dans les groupements  $\text{CH}$ ,  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$  des produits pétroliers après leur extraction par le tétrachlorure de carbone.

## 2. PRECAUTIONS

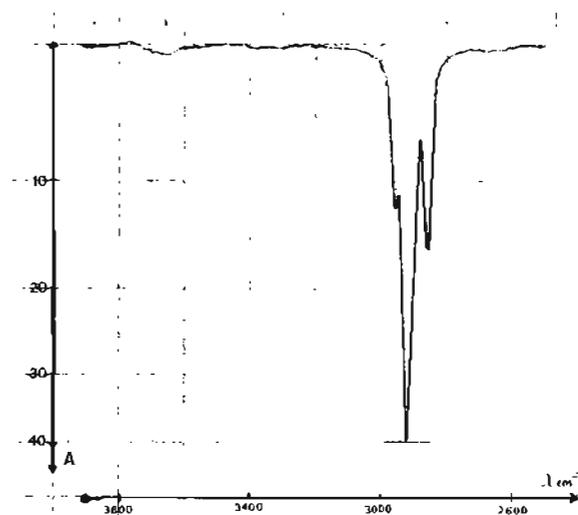
- Les échantillons doivent être conservés dans des flacons de verre, à l'exclusion de toute matière plastique.

- Toute la verrerie doit être nettoyée au mélange sulfochromique, rincée à l'eau distillée, puis séchée. Avant utilisation, elle est de nouveau rincée au tétrachlorure de carbone.

## 3. EXTRACTION

- acidification de l'échantillon à pH5 par de l'acide chlorhydrique N ;
- addition de 50 ml de tétrachlorure de carbone ;
- agitation mécanique d'une heure ;
- chromatographie de la solution chlorée sur colonne remplie de sulfate anhydre de sodium (séchage de la solution) et de florasil (adsorption des acides gras et de leurs esters).

## 4. MESURE SPECTROMETRIQUE



- Enregistrement du spectre infrarouge entre 2940 et 2840  $\text{cm}^{-1}$ , caractérisé par trois bandes d'absorption.

- Mesure de l'absorbance correspondant à la hauteur du pic central (2924  $\text{cm}^{-1}$ ).

- Report à la courbe d'étalonnage effectuée à partir de la solution étalon internationale :

— isooctane	37,5 % en volume
— hexadécane	37,5 % "
— benzène	25 % "

## ANNEXE III

## IDENTIFICATION ET DOSAGE DES HYDROCARBURES PRELEVES DANS L'EAU DE MER PAR CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE

## 1. PREPARATION DE L'ECHANTILLON

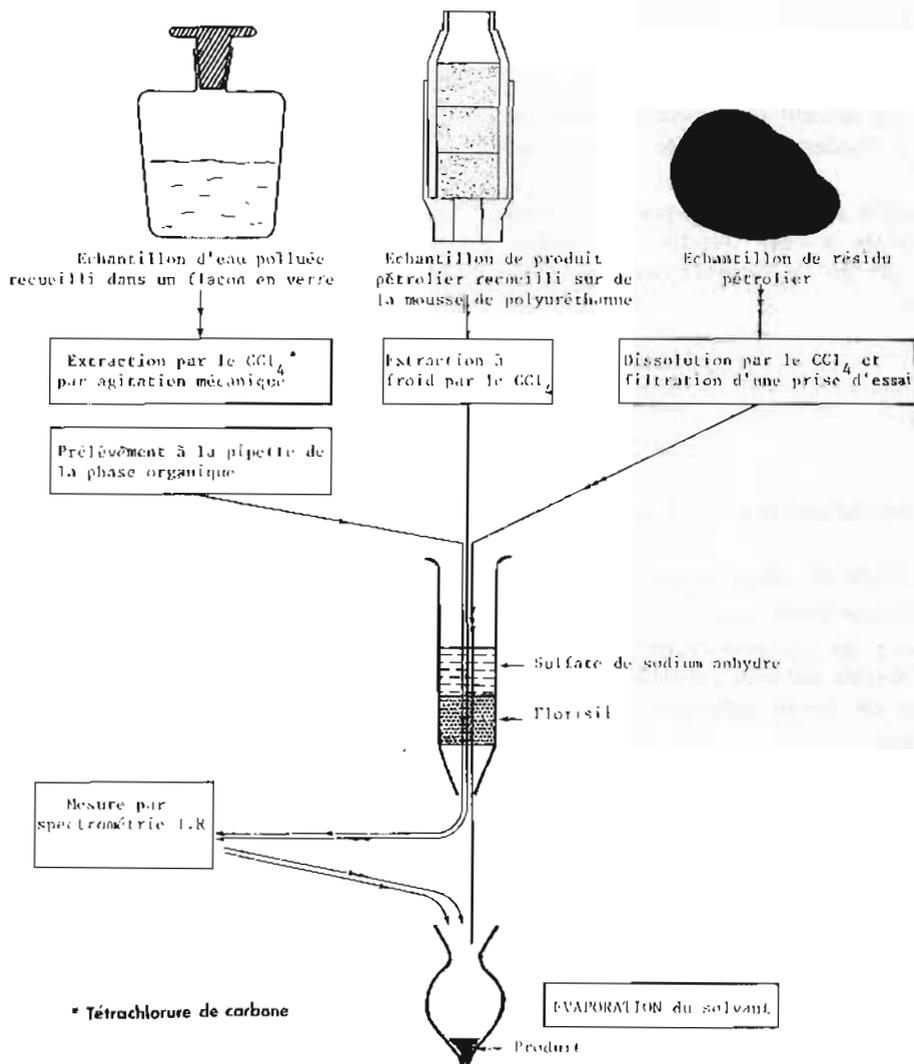
Il peut s'agir :

- d'un échantillon d'eau polluée par les hydrocarbures ;
- d'un échantillon de produits pétroliers prélevés à l'aide de la sonde ;
- d'un échantillon de résidus pétroliers collectés sur le littoral.

## 1.1. Extraction des hydrocarbures contenus dans un échantillon d'eau ou recueillis à l'aide de la sonde

Cette opération suit le même protocole que pour l'extraction notifiée en annexe II.

Si la teneur en hydrocarbures totaux est supérieure à 10 mg/l, la solution épurée est versée dans une ampoule à cœur. Le solvant chloré est éliminé au rotavapor pour éviter toute détérioration de la colonne chromatographique.



PL. 11. — Préparation d'un échantillon de produit pétrolier pour son analyse chromatographique.

## 1.2. Préparation d'un résidu pétrolier souillé

Les hydrocarbures sont séparés de leurs impuretés (sédiments, sable, algues, coques, plumes) et de l'eau de mer par filtration et dissolution à froid avec un solvant type tétrachlorure de carbone. Puis la solution est passée sur colonne de sulfate anhydre de sodium et de florasil. Le solvant chloré est ensuite éliminé au rotavapor.

Le résidu obtenu est repris par un solvant, habituellement l'hexane. L'éther sulfurique peut être employé pour les produits pétroliers comprenant des composés très volatils.

## 2. ETUDE QUALITATIVE

- Une gamme étalon composée de paraffines standards connues est injectée dans le chromatographe. Les pics obtenus sur le chromatographe sont parfaitement repérés.

- Le produit d'analyse est injecté ensuite dans les mêmes conditions expérimentales. Les pics dominants correspondant aux *n*-alcane sont identifiés par leur temps de rétention et leurs températures de passage. En se référant à la gamme standard, il est ainsi possible d'identifier chaque *n*-alcane.

Les pics intermédiaires correspondent aux aromatiques et produits ramifiés permettant de caractériser l'échantillon analysé.

Il est aussi possible d'ajouter à une prise d'essai du même échantillon quelques paraffines étalons qui permettront de positionner et de quantifier les différents alcanes (étalon interne).

## 3. ETUDE QUANTITATIVE

- Les surfaces obtenues sur le chromatogramme sont proportionnelles à la quantité de produit injecté. Par l'emploi d'un étalon interne, il est possible de calculer le rapport de proportionnalité (rapport K) qui relie la surface à la quantité, pour une paraffine donnée.

- Mais ce rapport ne peut être utilisé que pour un groupe déterminé d'alcane proches de l'étalon choisi.

- Aussi, avons nous sélectionné :

- le  $n C_{16}$  pour les paraffines de  $n C_{10}$  à  $n C_{16}$
- le  $n C_{19}$  pour les paraffines de  $n C_{17}$  à  $n C_{21}$
- le  $n C_{22}$  pour les paraffines supérieures jusqu'au  $n C_{26}$ .

- Réajustées, les réponses en surface correspondent effectivement aux quantités injectées et les analyses quantitatives sont fiables.

# FORMATION D'ONDES INTERNES STATIONNAIRES SUR LE TALUS CONTINENTAL APPLICATION AU GOLFE DE GASCOGNE

par

M. R. MAZÉ

Laboratoire d'Océanographie Physique - U.B.O. - Brest

## RESUME

Ce travail a pour objectif la présentation d'un processus physique de formation de marée interne sur le talus continental.

Dans une première partie du modèle numérique on construit une marée barotrope dans un bassin qui schématise le Golfe de Gascogne.

Dans une seconde partie, on montre que, dans un Océan à deux couches où l'interface est initialement au repos, le passage de la marée sur le plateau entraîne la formation d'ondes internes stationnaires dont l'extension géographique, dans le Golfe de Gascogne, est limitée.

Les résultats permettent d'interpréter l'apparition sur certaines images satellites, de la langue d'eau froide qui souligne la partie Nord du talus continental dans le Golfe de Gascogne.

## ABSTRACT

The purpose of this paper is the presentation of a physical process through which an internal tidal wave is formed at the shelf break.

A first step is the numerical simulation of a barotropic tide in an oceanic basin which roughly represents the Bay of Biscay. The further step at the simulation shows that, in a two layers ocean where the interface is initially steady, the crossing of the tide on the continental shelf break generates stationary internal waves; the geographical extension of which is limited to a part of the Bay of Biscay.

The results can account for the appearance, on some infrared satellite images, of a cold water area which outlines the northern part of the shelf break in the Bay of Biscay.

## INTRODUCTION

Le processus de formation des ondes internes reste l'un des phénomènes les plus obscurs de l'Océanographie Physique. Ce problème a été étudié en partant des idées de base formulées par Fjølseth (1933) qui ne traitaient que de la dynamique de propagation de ces ondes. On soupçonne depuis longtemps que les perturbations internes dont la période est celle de la marée sont générées sur le bord des plateaux continentaux. Ainsi, Rattray (1960), Prisenberg (1971) et d'autres auteurs expliquent la présence d'onde interne de telle période sur le plateau comme due à l'amplification d'une onde incidente, et donc déjà existante, par l'influence de diverses conditions aux limites.

Tous ces travaux sont basés sur l'hypothèse que les ondes internes ont une célérité propre fixée par la stratification. Le fait que la mesure expérimentale de cette célérité de propagation est très difficile à réaliser permet de se poser la question : toutes les ondes internes ont-elles cette vitesse de propagation ? Notons à ce sujet que certains auteurs Davis et Paterson (1958) ont précisé que, "dans certains cas", ces marées internes ont la nature d'ondes stationnaires.

Nous allons montrer ici que le passage de la marée sur le plateau continental entraîne la création d'ondes internes stationnaires sur le plateau continental. Nous verrons alors que les résultats obtenus permettent d'expliquer les "upwellings" mis en évidence par des photographies infrarouge obtenues par satellite, sur le bord du plateau continental.

**1. EQUATIONS — JUSTIFICATION DU MODELE NUMERIQUE**

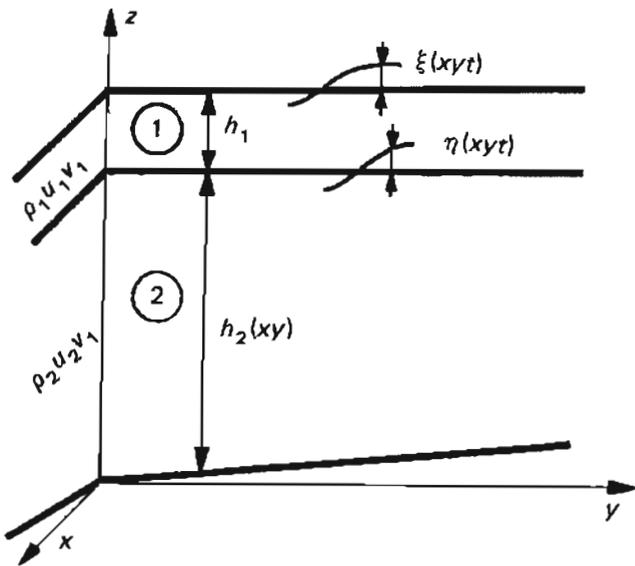
Nous allons utiliser les équations de propagation de la marée dans un Océan à deux couches homogènes sur un fond incliné.

**1. Equations**

Soient :  $U_1, V_1$  et  $U_2, V_2$  les composantes du courant dans (1) et (2).  $F_x$  et  $F_y$  les composantes de la force génératrice de la marée.

$\rho_1$  et  $\rho_2$  sont les masses volumiques,  $h_1$  et  $h_2$  sont les épaisseurs des deux couches.

$\xi$  est la perturbation de la surface libre et  $\eta$  celle de l'interface.



Les équations d'Euler linéaires sont donc

dans (1)

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial U_1}{\partial t} - fV_1 &= -g \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{F_x}{\rho_1} \\ \frac{\partial V_1}{\partial t} + fU_1 &= -g \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{F_y}{\rho_1} \end{aligned} \right\} (1)$$

dans (2)

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial U_2}{\partial t} - fV_2 &= -g \frac{\rho_1}{\rho_2} \frac{\partial}{\partial x} (\xi - \eta) - g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{F_x}{\rho_2} \\ \frac{\partial V_2}{\partial t} + fU_2 &= -g \frac{\rho_1}{\rho_2} \frac{\partial}{\partial y} (\xi - \eta) - g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{F_y}{\rho_2} \end{aligned} \right\} (2)$$

La continuité nous donne :

dans (1)

$$\frac{\partial U_1}{\partial x} + \frac{\partial V_1}{\partial y} = -\frac{1}{h_1} \frac{\partial}{\partial t} (\xi - \eta) \quad (3)$$

dans (2)

$$\frac{\partial}{\partial x} (h_2 U_2) + \frac{\partial}{\partial y} (h_2 V_2) = -\frac{\partial \eta}{\partial t} \quad (4)$$

On suppose que le mouvement est composé de l'onde barotrope de marée et d'un mouvement barocline éventuel.

$\eta$  est alors la somme de deux termes :

$$\eta = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \xi + \mu \quad (5)$$

Le premier terme est dû à l'onde barotrope, le second, s'il n'est pas nul, à l'onde barocline.

On pose :

$$U = U_1 - U_2 ; V = V_1 - V_2 ; \beta = g \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}$$

Comme on néglige le frottement sur le fond, U est le courant dû à l'éventuelle onde interne dans la couche superficielle.

Par différence (1) - (2) on obtient :

$$\frac{\partial U}{\partial t} - fV = -\beta \frac{\partial \xi}{\partial x} + \beta \frac{\partial \eta}{\partial x}$$

et

$$\frac{\partial V}{\partial t} + fU = -\beta \frac{\partial \xi}{\partial y} + \beta \frac{\partial \eta}{\partial y}$$

en négligeant le terme  $\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 \rho_2} \vec{F}$

De même (3) - (4) nous donne :

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} - \frac{1}{h_2} \frac{\partial h_2}{\partial x} U_2 - \frac{1}{h_2} \frac{\partial h_2}{\partial y} V_2 = -\frac{1}{h_1} \frac{\partial \xi}{\partial t} + \left( \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} \right) \frac{\partial \eta}{\partial t}$$

En utilisant (5) le système d'équations est donc

$$(6) \quad \left. \begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} - fV &= \beta \frac{\partial \mu}{\partial x} - \beta \frac{h_1}{h_1 + h_2} \frac{\partial \xi}{\partial x} + \\ &+ \beta \frac{h_1}{(h_1 + h_2)^2} \frac{\partial h_2}{\partial x} \xi \end{aligned} \right\}$$

$$(7) \quad \left. \begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial t} + fU &= \beta \frac{\partial \mu}{\partial y} - \beta \frac{h_1}{h_1 + h_2} \frac{\partial \xi}{\partial y} + \\ &+ \beta \frac{h_1}{(h_1 + h_2)^2} \frac{\partial h_2}{\partial y} \xi \end{aligned} \right\} (A)$$

$$(8) \quad \frac{\partial \mu}{\partial t} = \frac{h_1 h_2}{h_1 + h_2} \left( \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \right) - \frac{h_1}{h_1 + h_2} \frac{\partial h_2}{\partial y} U_2 - \frac{h_1}{h_1 + h_2} \frac{\partial h_2}{\partial x} V_2$$

Si  $\frac{h_1}{h_2}$  est petit, ce qui est le cas sur le bord du plateau continental, le courant dû à l'onde barocline, toujours si elle existe, dans la couche inférieure (2) est très faible.  $U_2$  et  $V_2$  sont donc pratiquement les composantes du courant barotrope de la marée et  $\xi$  est la dénivellation de la surface due à cette onde barotrope. Ces trois paramètres sont donc liés par :

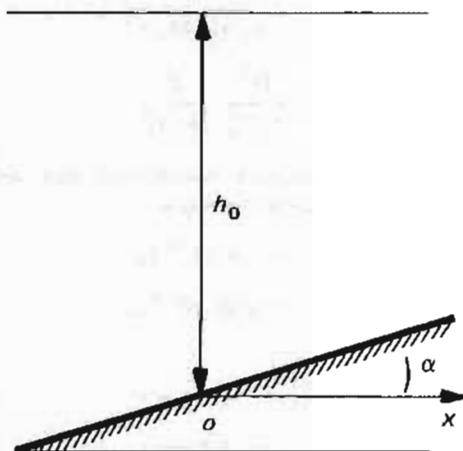
$$\begin{cases} \textcircled{9} & \frac{\partial V_2}{\partial t} + fU_2 = -g \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{F_y}{\rho_2} \\ \textcircled{10} & \frac{\partial V_2}{\partial t} + fU_2 = -g \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{F_y}{\rho_2} \\ \textcircled{11} & \frac{\partial}{\partial x} [(h_1 + h_2) U_2] + \frac{\partial}{\partial y} [(h_1 + h_2) V_2] = -\frac{\partial \xi}{\partial t} \end{cases} \quad \textcircled{B}$$

Les équations -6-7-8- du système (A) montrent que le passage de la marée sur le plateau continental peut créer une perturbation interne dont la célérité de propagation est, non pas celle des ondes internes classiques, mais celle de l'onde barotrope de marée. Toutefois, les termes correspondant à cette création d'onde sont petits sauf peut être les deux derniers de l'équation -8-. En effet, dans le Golfe de Gascogne par exemple, on observe à la limite du plateau une pente de fond dont l'ordre de grandeur est 2 000 mètres pour 30 km soit

$$\frac{dh}{dx} \simeq 0,65 \cdot 10^{-1}$$

Avant d'entreprendre l'élaboration d'un modèle numérique compliqué et coûteux il nous a semblé nécessaire de justifier cette entreprise par un calcul théorique approché.

**2. DETERMINATION D'UN ORDRE DE GRANDEUR DE L'AMPLITUDE DE L'ONDE INTERNE**



On suppose que la marée barotrope se propage parallèlement au plateau et on remplace le système (B) par :

$$\textcircled{B'} \begin{cases} j\omega U_2 - fV_2 = -g \frac{\partial \xi}{\partial x} \\ j\omega V_2 + fU_2 = -g \frac{\partial \xi}{\partial y} = jkg\xi \\ -a U_2 + h_0 \frac{\partial U_2}{\partial x} + h_0 \frac{\partial V_2}{\partial y} = -j\omega\xi \end{cases}$$

avec Ox normal au plateau

C'est-à-dire, qu'en un point O on suppose que  $\xi$  est de la forme  $\xi(x) e^{j(\omega t - ky)}$  et on remplace dans (B) la profondeur  $h_1 + h_2$  par sa valeur moyenne sur une longueur  $\Delta x$ . On pose en outre  $a = -tg\alpha = \frac{\partial h_2}{\partial x}$ .  $\omega$  est la pulsation de la marée et  $k^2 = \frac{\omega^2 - f^2}{gh_0}$

En éliminant  $U_2$  et  $V_2$  dans (B) on obtient :

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} - \frac{a}{h_0} \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{afk}{\omega h_0} \xi = 0$$

Soit finalement, en supposant  $\frac{a}{h_0} \gg \frac{fk}{\omega}$

$$\xi \simeq \xi_0 e^{\frac{a}{h_0} x} e^{j(\omega t - ky)}$$

Les valeurs approchées de  $U_2$  et  $V_2$  sont alors :

$$\begin{aligned} U_2 &\simeq j \frac{\omega}{k^2 h_0^2} a \xi \\ V_2 &\simeq \left( \frac{gk}{\omega} - \frac{fa}{k^2 h_0^2} \right) \xi \end{aligned}$$

On définit ainsi les paramètres de l'onde barotrope de marée : en portant ces valeurs dans (A) on obtient :

$$\textcircled{A'} \begin{cases} \frac{\partial U}{\partial t} - fV = \beta \frac{\partial \mu}{\partial x} - 2\beta a \frac{h_1}{h_0^2} \xi \\ \frac{\partial V}{\partial t} + fU = \beta \frac{\partial \mu}{\partial y} + jk\beta \frac{h_1}{h_0} \xi \\ \frac{\partial \mu}{\partial t} = \frac{n_1 h_2}{h_0} \left( \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \right) + a \frac{h_1}{h_0} U_2 \end{cases}$$

On obtient une onde interne de la même forme que l'onde barotrope :

$$\mu = \mu_0 e^{\frac{a}{h_0} x} e^{j(\omega t - ky)}$$

Dans le cas où  $\frac{a}{h_0} \gg k$  et en éliminant U et V dans A' on obtient :

$$j\omega\mu = \frac{h_1 h_2}{h_0} \left[ -\frac{j\omega\beta}{\omega^2 - f^2} \left( \frac{\partial^2 \mu}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mu}{\partial y^2} \right) + 2\beta \frac{h_1}{h_0^2} \frac{a}{\omega^2 - f^2} \left( j\omega \frac{\partial \xi}{\partial x} - f \frac{\partial \xi}{\partial y} \right) \right] + j \frac{a^2 h_1}{h_0^3} \frac{\omega}{k^2} \xi$$

En posant  $\frac{\omega^2 - f^2}{\beta h_1} = k_0^2$  ( $k_0$  est alors le module du vecteur d'onde classique des perturbations internes). On obtient :

$$\frac{\partial^2 \mu}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mu}{\partial y^2} + \frac{h_0}{h_2} k_0^2 \mu = \frac{a^2}{h_0} \left( \frac{2h_1}{h_0^2} + \frac{g}{\beta h_2} \right) \xi$$

$$\frac{2h_1}{h_0^2} \text{ est évidemment } \ll \frac{g}{\beta h_2}$$

On a donc finalement :

$$\frac{\partial^2 \mu}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mu}{\partial y^2} + \frac{h_0}{h_2} k_0^2 \mu = \frac{ga^2}{\beta h_0 h_2} \xi$$

soit :

$$\left[ \frac{a^2}{h_0^2} - k^2 \right] \mu_0 + \frac{h_0}{h_2} k_0^2 \mu_0 = \frac{ga^2}{\beta h_0 h_2} \xi_0$$

Avec toujours  $\frac{a}{h_0} \gg k$  on obtient le rapport des amplitudes :

$$\frac{\mu_0}{\xi_0} = \frac{ga^2}{\beta h_0 h_2 \left( \frac{a^2}{h_0^2} + \frac{h_0}{h_2} k_0^2 \right)}$$

Pour déterminer, dans un cas réel, la valeur numérique de ce rapport, prenons les valeurs suivantes :

$$\left. \begin{aligned} \beta &= 12 \cdot 10^{-3} \\ h_1 &= 60 \text{ m} \\ h_0 &= 2000 \text{ m} \\ h_2 &= 1940 \text{ m} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \frac{a}{h_0} &= 2.10^{-5} \text{ m}^{-1} \\ k_0^2 &= \frac{\omega^2 - f^2}{\beta h_1} = 1.4 \cdot 10^{-8} \text{ m}^{-2} \end{aligned}$$

$a = 4 \cdot 10^{-2}$  (2000 m pour 50 km)  
 $\omega = 1.33 \cdot 10^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$   
 $f = 10^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$

$$k = \sqrt{\frac{\omega^2 - f^2}{gh_0}} \text{ vaut alors } 7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^{-1} \text{ ce qui}$$

est bien  $\ll 2.10^{-5}$ . On obtient alors  $\frac{\mu_0}{\xi_0} = 24$ .

Les valeurs choisies correspondent à celles que l'on observe à la limite du plateau continental du Golfe de Gascogne à la fin de l'été. L'amplitude de la marée barotrope y est d'environ 1,5 m (vive eau moyenne). On devrait donc observer une onde interne

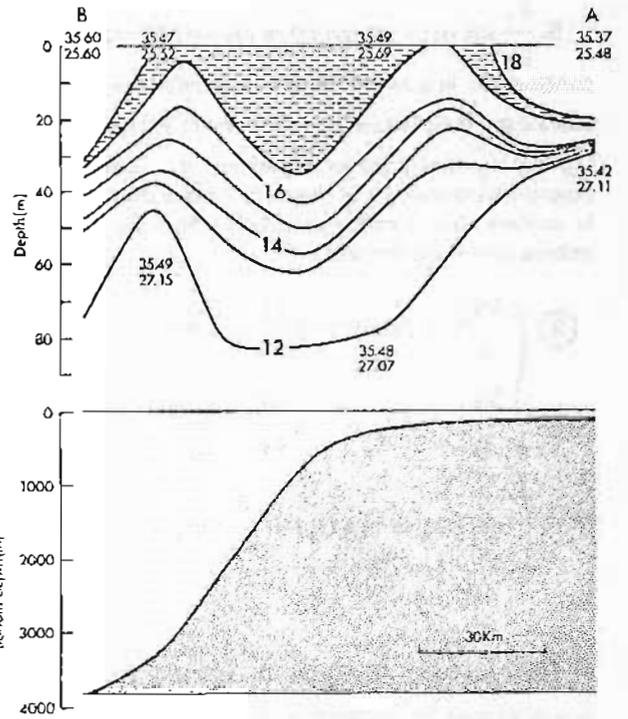


FIG. 1. — Coupe de température sur le talus continental présentée par Pingree (1979).

d'amplitude  $\eta_0 = 36$  m ce qui est très important. Toutefois si on tient compte du fait que nous avons négligé les effets de la viscosité il apparaît que cette valeur correspond assez bien à des observations présentées par Pingree (1979) (Figure 1).

### 3. Courants baroclines

L'amplitude de l'onde interne étant déterminée nous pouvons maintenant calculer les composantes du courant barocline.

On obtient, compte tenu des valeurs numériques choisies ( $k_0^2 \gg \frac{a^2}{h_0^2}$ ).

$$U \approx -j \frac{\omega a^3}{h_2 h_0^2} \frac{g}{\beta h_1 k_0^4} \xi$$

$$V \approx \frac{fa^3}{h_2 h_0^2} \frac{g}{\beta h_1 k_0^4} \xi$$

Avec les mêmes valeurs numériques que ci-dessus on obtient des amplitudes telles que :

$$|U_0| = 7.4 \cdot 10^{-2} \xi_0$$

$$|V_0| = 5.55 \cdot 10^{-2} \xi_0$$

soit, avec  $\xi_0 = 1,5$  m

$$|U_0| = 11,1 \text{ cm/s}$$

$$|V_0| = 8,5 \text{ cm/s}$$

Le courant dû à l'onde interne est donc faible.

Ce calcul approché nous donne donc une relation locale entre les paramètres de l'onde interne et ceux de l'onde barotrope. Il ne fournit aucun renseignement sur la dynamique de propagation de cette onde. Comme, d'autre part, il s'agit d'une approximation dans un cas particulier (onde barotrope longeant le plateau), les conclusions obtenues ne sont pas nécessairement applicables à une situation réelle. Il permet toutefois de présager qu'un modèle numérique, appliqué par exemple au Golfe de Gascogne, peut être entrepris avec une bonne probabilité de succès.

## 2. MODELE NUMERIQUE

Le modèle numérique choisi ici est appliqué au Golfe de Gascogne ou, plus précisément, à un bassin obtenu par schématisation du Golfe de Gascogne. Le problème consiste donc à simuler la solution du système (A). Pour cela il nous faut connaître les trois paramètres de la marée barotrope en tout point du maillage qui sera utilisé. Si la hauteur et les phases de cette marée sont assez bien connues (Demerliac) nous avons peu de renseignements sur les courants sauf, bien sûr, au voisinage des côtes où les champs de courants sont donnés par les modèles mis au point par Davesne et Hauguel (1977). La première partie du modèle consiste donc en une "construction" de la marée dans le Golfe de Gascogne.

Les courants de marée à l'entrée Ouest de ce bassin n'étant pas connus, les formes de la côte et la topographie du fond étant très schématisées, il sera très difficile, sinon impossible, de reproduire la marée en tout point du Golfe. Le modèle présenté ici est donc très perfectible et ne prétend en aucun cas, dans l'état actuel, reproduire la marée dans le Golfe de Gascogne; il nous permettra toutefois d'étudier au moins qualitativement la formation et la dynamique des ondes internes.

### 1. Construction de la marée

#### a) Equations

Il nous faut résoudre numériquement le système (B) dans un domaine qui correspond au Golfe de Gascogne schématisé comme l'indique la figure 2. La topographie du bassin et les conditions de convergence du modèle numérique nous ont conduit à utiliser le schéma d'une coupe du bassin présenté ci-dessous ce qui entraîne une modification du système (B). Cette modification entraîne une réduction de la pente du fond à la limite du plateau ce dont il faudra tenir compte lors de l'interprétation des résultats.

La coupe est donc divisée en deux domaines (I) et (II).

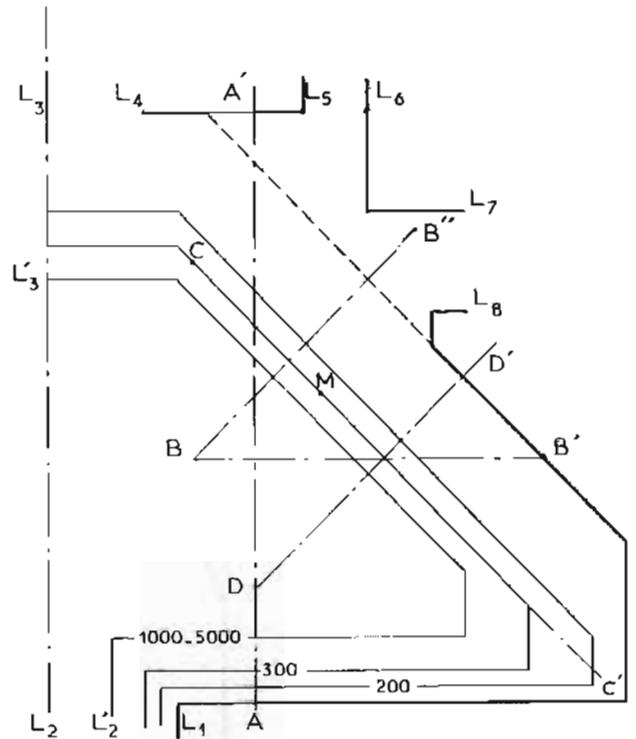


FIG. 2. — Schéma du Golfe de Gascogne avec les coupes utilisées pour la présentation des résultats.

Dans (II) nous avons :

$$\frac{\partial U_2}{\partial t} - fV_2 = -g \frac{\partial \xi}{\partial x} - \mu_2 U_2 + \frac{F_x}{\rho_2} \quad (12)$$

$$\frac{\partial V_2}{\partial t} + fU_2 = -g \frac{\partial \xi}{\partial y} - \mu_2 V_2 + \frac{F_y}{\rho_2} \quad (13)$$

$$\frac{\partial U_2}{\partial x} + \frac{\partial V_2}{\partial y} = -\frac{1}{H_2} \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad (14)$$

Dans (I)

$$\frac{\partial U_1}{\partial t} - fV_1 = -g \frac{\partial \xi}{\partial x} - \mu_1 U_1 + \frac{F_x}{\rho_1} \quad (15)$$

$$\frac{\partial V_1}{\partial t} + fU_1 = -g \frac{\partial \xi}{\partial y} - \mu_1 V_1 + \frac{F_y}{\rho_1} \quad (16)$$

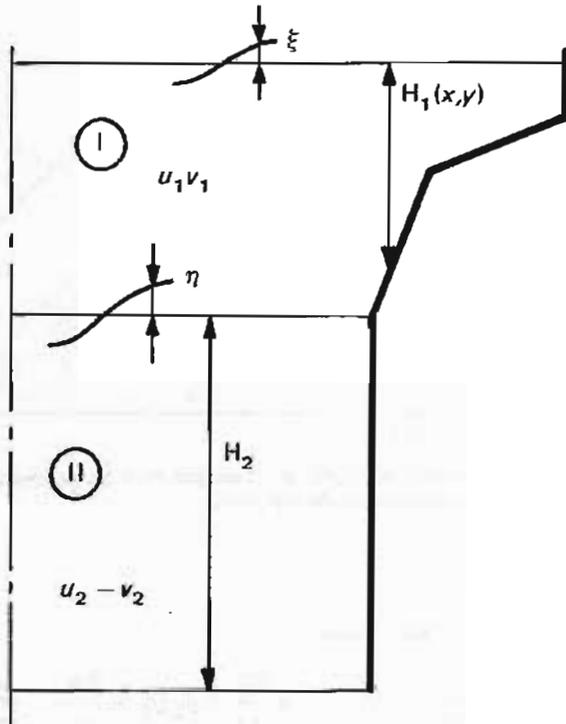
$$\frac{\partial}{\partial x} (H_1 U_1) + \frac{\partial}{\partial y} (H_1 V_1) = -\frac{\partial}{\partial t} (\xi - \eta) \quad (17)$$

La somme des équations (14) et (17) permet d'éliminer  $\eta$  perturbation de l'interface fictif entre les couches (I) et (II). L'équation de continuité est alors :

$$H_2 \left( \frac{\partial U_2}{\partial x} + \frac{\partial V_2}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (H_1 U_1) + \frac{\partial}{\partial y} (H_1 V_1) = -\frac{\partial \xi}{\partial t} \quad (18)$$

Le système d'équations formé par 12-13-15-16-18- permet de déterminer  $U_1, V_1, \xi, U_2, V_2$  qui définissent l'onde de marée barotrope.  $U_1, V_1$  et  $\xi$  sont les paramètres qui nous serviront pour étudier la formation de l'onde interne.

Dans ces équations tous les symboles ont leur signification habituelle,  $\mu_1$  et  $\mu_2$  sont les coefficients de dissipation utilisés par Crepon (1975).

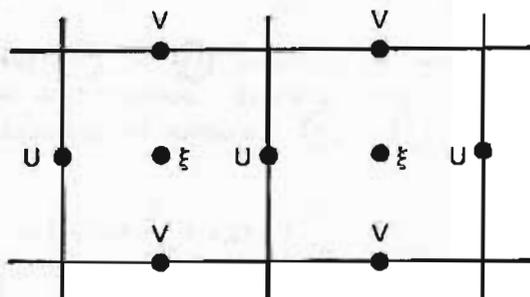


b) Schéma numérique

Le schéma numérique utilisé est du type "saut de grenouille" (leapfrog) expérimenté par plusieurs auteurs (O'Brien et al. par exemple), avec un maillage indiqué par le schéma ci-dessous.

Le pas de temps est 1 mn le pas d'espace est  $\Delta x = \Delta y = 50$  km ; ce qui est conforme au critère de convergence

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} > \sqrt{gH} \quad (\text{avec } H = 5000 \text{ m})$$



c) Conditions aux frontières – conditions aux limites – conditions initiales

A la côte on impose la condition de glissement : le courant est parallèle à la frontière.

Les conditions de courant aux limites  $L_1L_2, L_2L_3, L_3L_4$  (figure 2) ne sont pas connues. Elles sont mieux connues sur les limites  $L_5L_6$  (Nord) et  $L_7L_8$  (entrée de la Manche) mais l'influence de la forme de la côte est telle que les valeurs du courant fournies à l'entrée de la Manche par exemple, par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine ne peuvent pas être directement utilisées dans un domaine fortement schématisé. Nous avons procédé de la façon suivante :

Limite  $L_1L_2$  :

$$V_1 = \xi_0 \sqrt{\frac{g}{H_1 + H_2}} \sin(\omega t - \varphi)$$

$$L_1L_2' : V_2 = V_1$$

Limite  $L_2L_3$  :

$$U_1 = -\xi_1 \sqrt{\frac{g}{H_1 + H_2}} \cos(\omega t - k(y)y - \varphi)$$

avec 
$$k(y) = \frac{\omega}{\sqrt{g(H_1 + H_2)}}$$

$$L_2L_3' : U_2 = U_1$$

Limite  $L_3L_4$  :

$$V_1 = \xi_2 \sqrt{\frac{g}{H_1}} \sin(\omega t - \Phi_1 - \varphi)$$

Limite  $L_5L_6$  :

$$V_1 = \xi_3 \sqrt{\frac{g}{H_1}} \sin(\omega t - \Phi_2 - \varphi)$$

Limite  $L_7L_8$  :

$$U_1 = \xi_4 \sqrt{\frac{g}{H_1}} \sin(\omega t - \Phi_3 - \varphi)$$

Enfin, les conditions initiales sont choisies arbitrairement.

Par ajustement de  $\xi_0, \xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3$  et  $\varphi$  il est possible de construire une marée qui se "rapproche" de la marée du Golfe de Gascogne et surtout, qui suffit à l'étude de notre problème.

d) Résultats

Nous avons présenté figure 3, les lignes cotidiales et les lignes d'isomarnage obtenues. On peut les comparer à celles qui ont été déterminées par Demerliac (figure 4) et constater que, au Sud de Brest, c'est-à-dire dans la région où la schématisation du domaine est la plus proche de la réalité, on obtient une assez bonne approximation des caractéristiques de la marée. Par contre, au Nord les différences sont évidemment importantes.

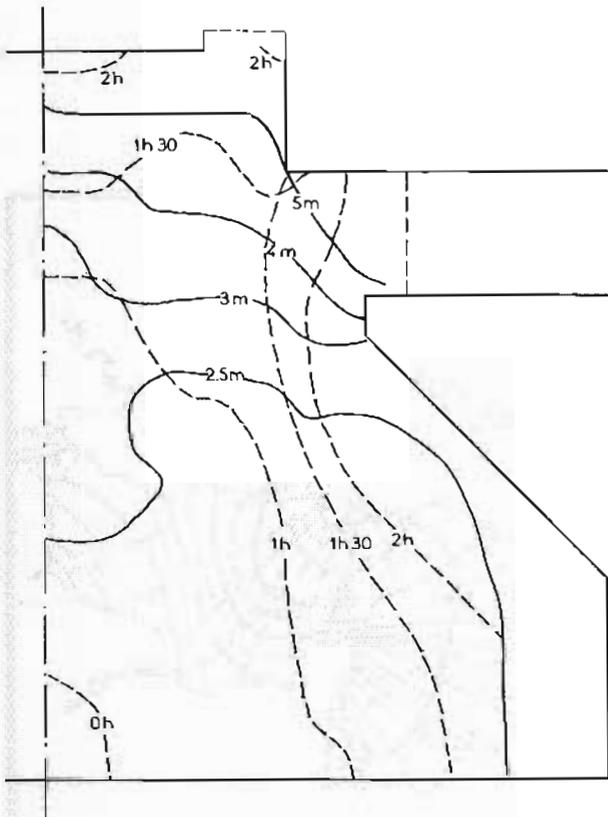


FIG. 3. — Lignes cotidales et lignes d'isomarnage.

A cette marée correspond une carte des ellipses de courant qui est présentée figure 5. Là encore on peut constater une assez bonne concordance qualitative au Sud du 48<sup>ème</sup> parallèle, avec les données de courant fournies par le S.H.O.M.

Les figures 6, 7, 8, 9 présentent les courants à divers instants repérés par rapport à la pleine mer au point A baptisée "pleine mer à Brest". Ces résultats font apparaître une forte accélération de l'eau au passage sur la limite du plateau. Il est souhaitable que ce résultat, théoriquement prévisible, soit vérifié par des mesures à la mer.

## 2. Formation des ondes internes

Les valeurs des paramètres de la marée étant maintenant déterminés en chaque point du maillage et à chaque instant, il est possible de rechercher les solutions du système (A).

Le schéma numérique est le même que celui qui a été utilisé ci-dessus, la construction du maillage est également identique, il n'est pas nécessaire de réduire la taille de la maille car nous avons vu que la célérité de l'onde recherchée est la même que celle de la marée. La frontière Nord-Est est indiquée par la figure 2. Elle schématise le front thermique permanent qui limite l'extension géographique de la thermocline dans le Golfe de Gascogne (Pingree, 1975).

Pour prouver que ces oscillations sont bien créées par le passage de la marée sur le plateau, les valeurs du courant sont nulles sur les limites Sud ( $L_1L_2$ ) et Ouest ( $L_2L_3$ ). Les valeurs initiales du courant et de la perturbation de niveau de l'interface sont également nulles.

### a) Résultats

La figure 10 présente les résultats obtenus au point fixe M. On constate qu'il y a bien formation d'une onde interne dont l'amplitude d'oscillation est assez importante. L'amplitude du courant horizontal, correspondant à cette onde est très faible ce qui avait été prévu par le calcul théorique.

Afin de tenter de préciser la dynamique de ce mouvement interne nous avons présenté, figures 11, 12 et 13, les coupes qui donnent les positions de la thermocline en fonction du temps; il apparaît alors que ces oscillations sont localisées sur le bord du plateau, qu'elles disparaissent très vite au-dessus de la plaine abyssale et que, sur le plateau, ces mouvements gardent une amplitude notable. La figure 11 révèle qu'il n'y a pas de propagation c'est-à-dire que ces mouvements internes ont la nature d'ondes stationnaires mais qu'en fait il ne s'agit pas d'ondes planes.

Enfin, la figure 14 qui donne la position de la thermocline, en fonction du temps sur la coupe CC' qui longe le bord du plateau révèle que l'amplitude de ces mouvements décroît régulièrement, du Nord-Ouest vers le Sud-Est; dans le Golfe de Gascogne. Ce résultat constitue un élément important dans une confrontation de cette théorie avec les observations.

### b) Confrontation des résultats avec les observations

Les enregistrements de température, qui permettent de déceler la présence d'ondes internes, sont encore très peu nombreux sur le bord du plateau, dans le Golfe de Gascogne. Nous ne possédons donc pas d'observations utiles à une comparaison directe des résultats exposés ci-dessus avec l'observation. La coupe présentée par Pingree (figure 1) permet toutefois de soupçonner la présence d'ondes internes d'amplitude très importante sur le bord du plateau.

La photographie infra-rouge que présente Pingree (1979) montre la présence, au Nord du Golfe de Gascogne, d'une "langue" d'eau "froide" qui longe exactement la marge continentale. Cette observation n'est pas unique; la figure 15, photographie qui nous a été fournie par la Météorologie Nationale en montre un autre exemple. Elle aussi révèle que cette "langue d'eau froide" qui a pratiquement la largeur de la marge continentale, apparaît seulement au Nord du Golfe de Gascogne. Il faut remarquer de plus que contrairement à la tache "froide" limitée par le front thermique Ouest Bretagne qui est, elle, permanente en été, la langue d'eau froide qui souligne le bord du plateau n'apparaît que sur certaines photographies. Cette remarque permet de penser qu'il s'agit bien d'un phénomène périodique.

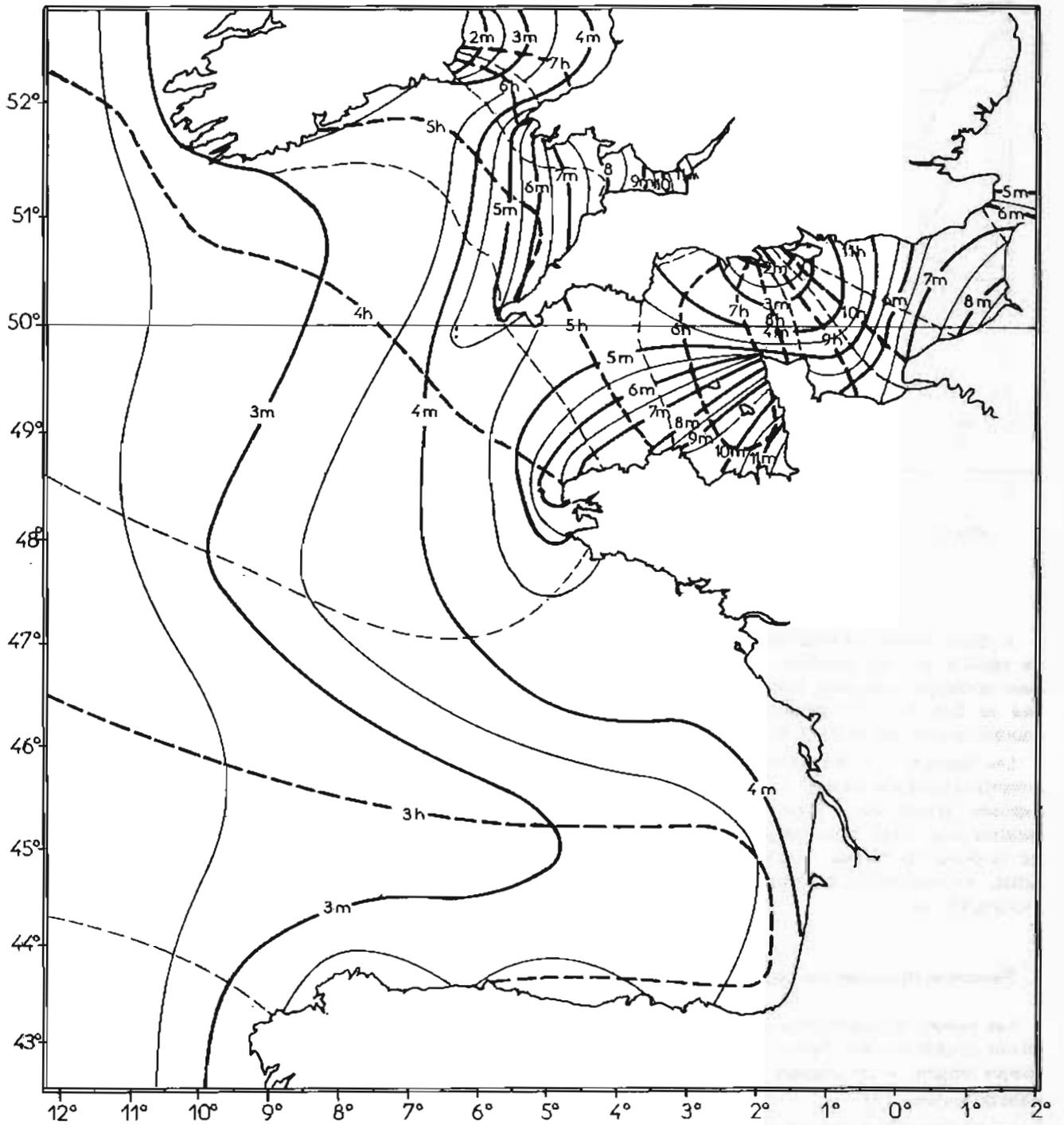


FIG. 4. — Lignes cotidales et d'isomarnage. Les courbes de 43° à 48° N ont été calculées par Damerliac.

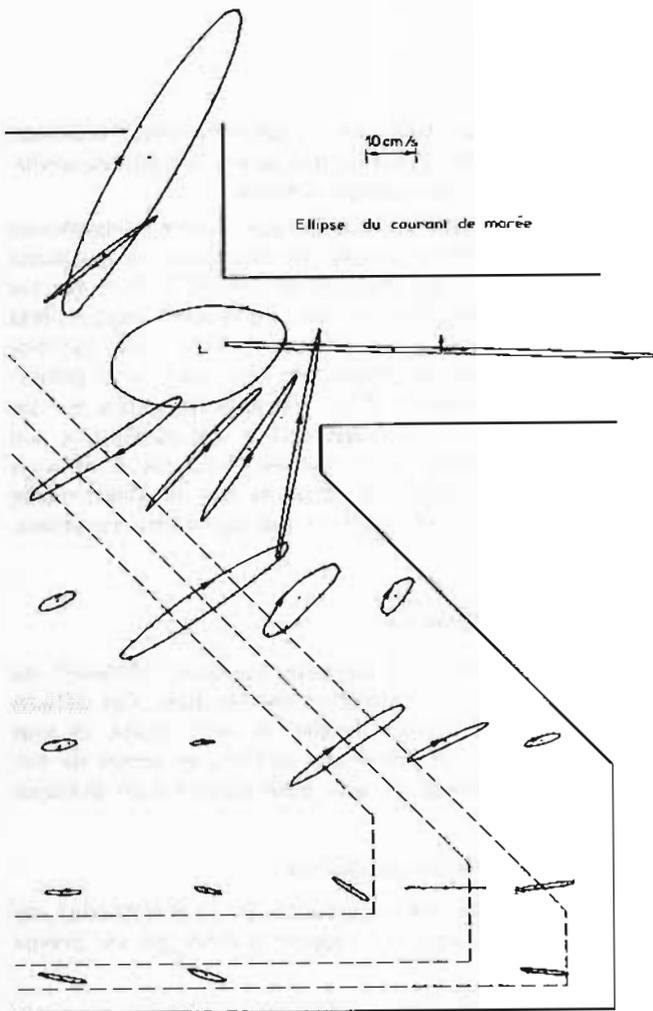


FIG. 5. — Ellipse du courant de marée.

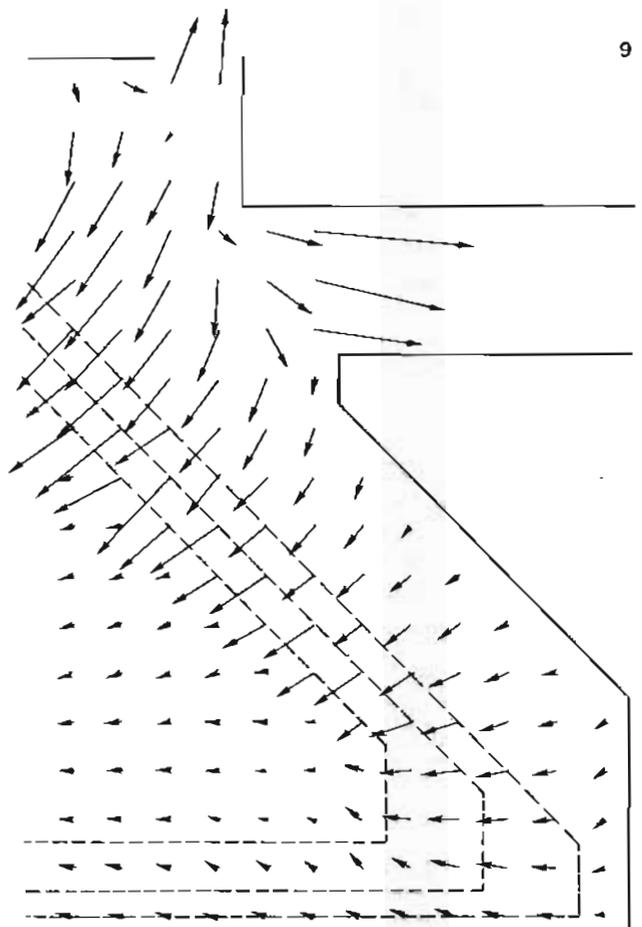


FIG. 7. — Pleine mer en A + 3 h.

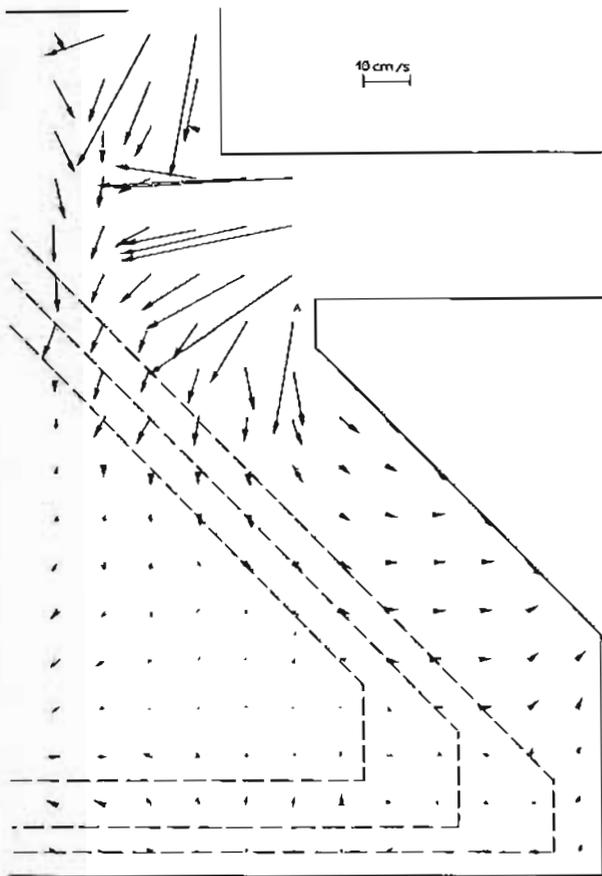


FIG. 6. — Pleine mer en A.

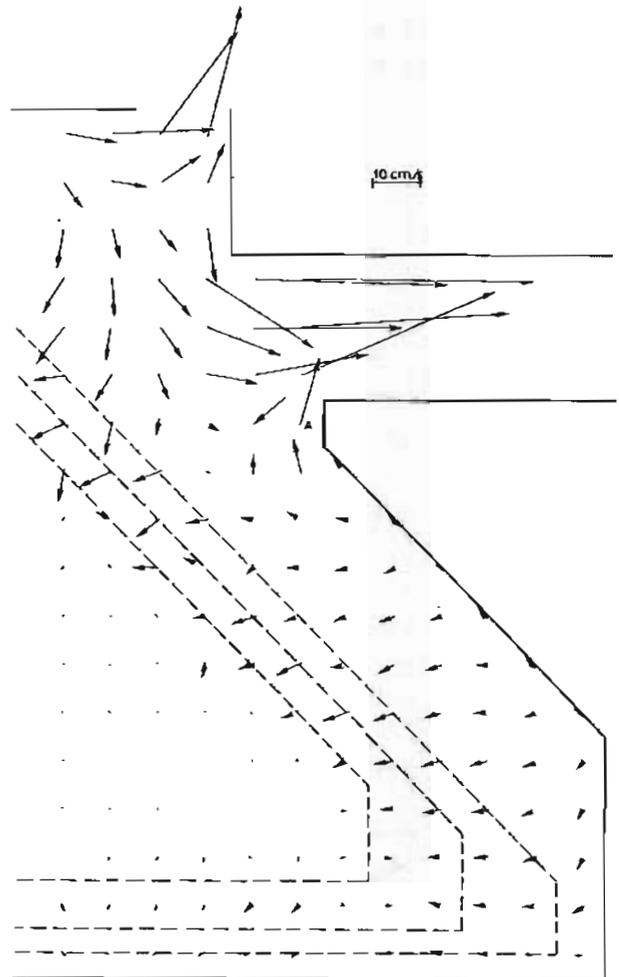


FIG. 8. — Pleine mer en A + 5 h.

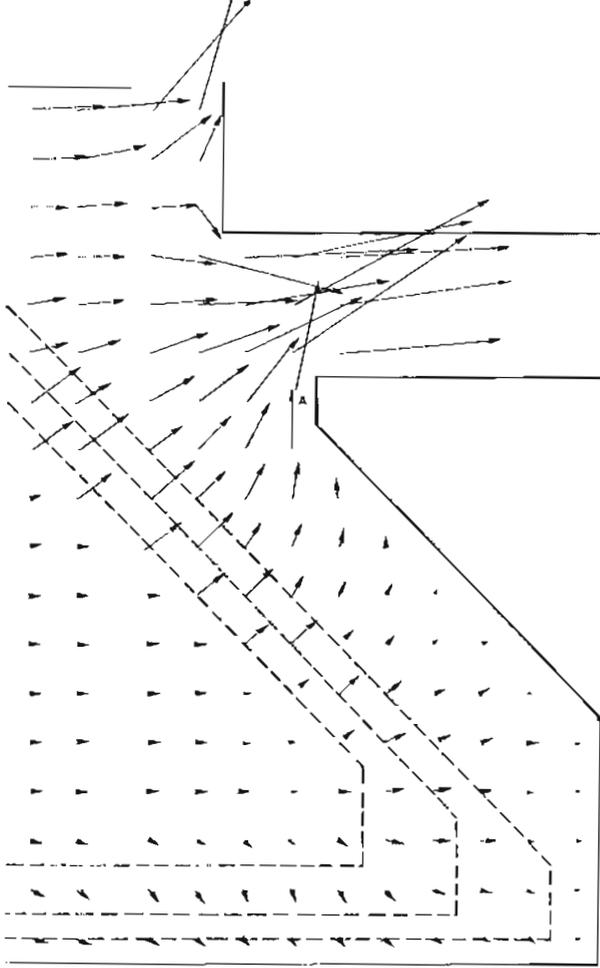


FIG. 9. — Pleine mer en A — 6 h.

Le fait que dans tous les cas présentés, l'extension de cette eau froide est limitée vers le Sud semble confirmer la validité des résultats obtenus.

Enfin, il faut remarquer que, comme l'amplitude de ces oscillations dépend de l'épaisseur de la couche de mélange et du gradient de densité, il faut que ces paramètres satisfassent des conditions particulières pour que l'eau "froide" soit "visible" par satellite au moment de la pleine mer. On peut donc prévoir que cette "langue" d'eau froide n'apparaîtra sur les photographies infra-rouges que si ces conditions, qui restent à étudier sont réunies. Précisons à ce sujet que les photographies obtenues par la Météorologie Nationale en 1979 ne font pas apparaître ce phénomène.

c) Critique du modèle

Nous avons laissé paraître quelques "défauts" de modèle dans la présentation des résultats. Ces défauts n'altèrent pas les conclusions de cette étude, ils sont liés à la méthode numérique utilisée, au temps de calcul sur ordinateur et à la schématisation du domaine d'étude.

• Amplitude des oscillations

L'amplitude des oscillations de la thermocline est relativement faible par rapport à celle qui est prévue

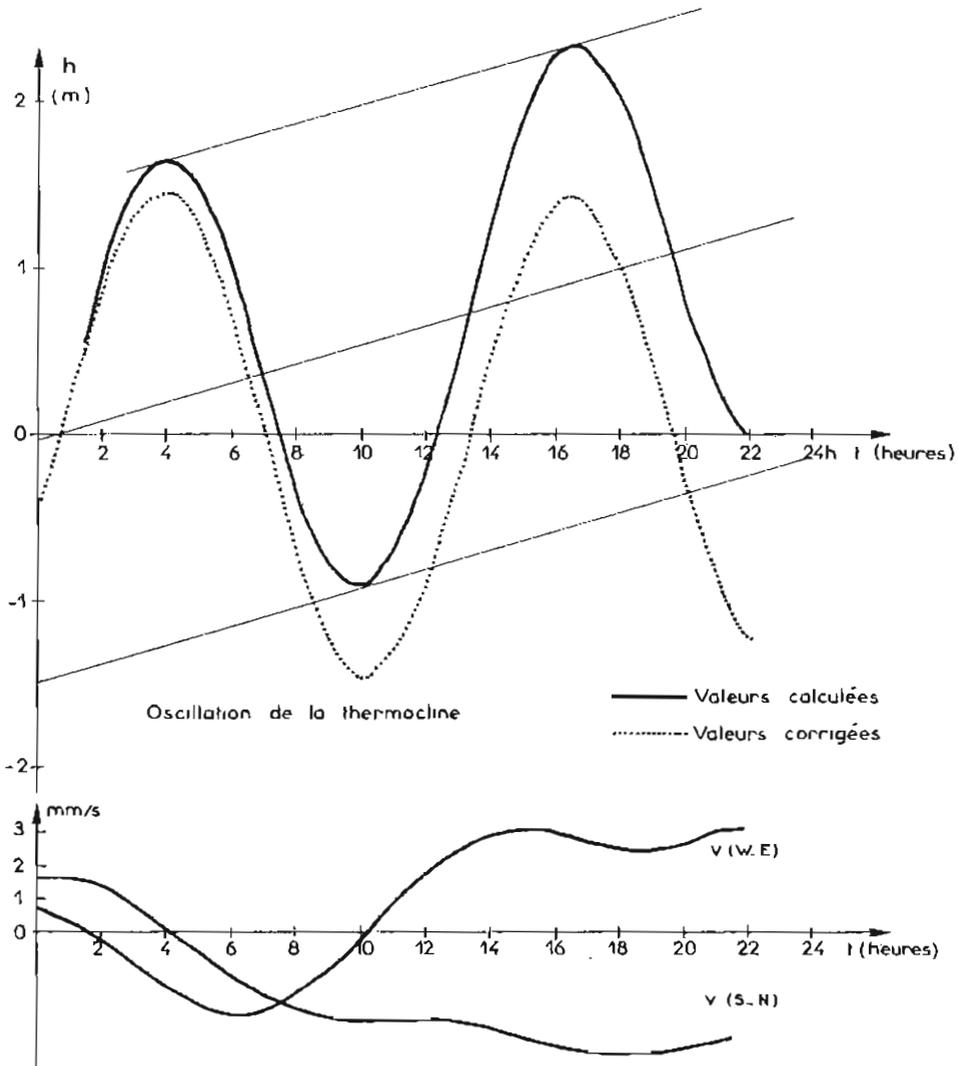


FIG. 10. — Composantes du courant dû à l'oscillation de la thermocline. Point M.

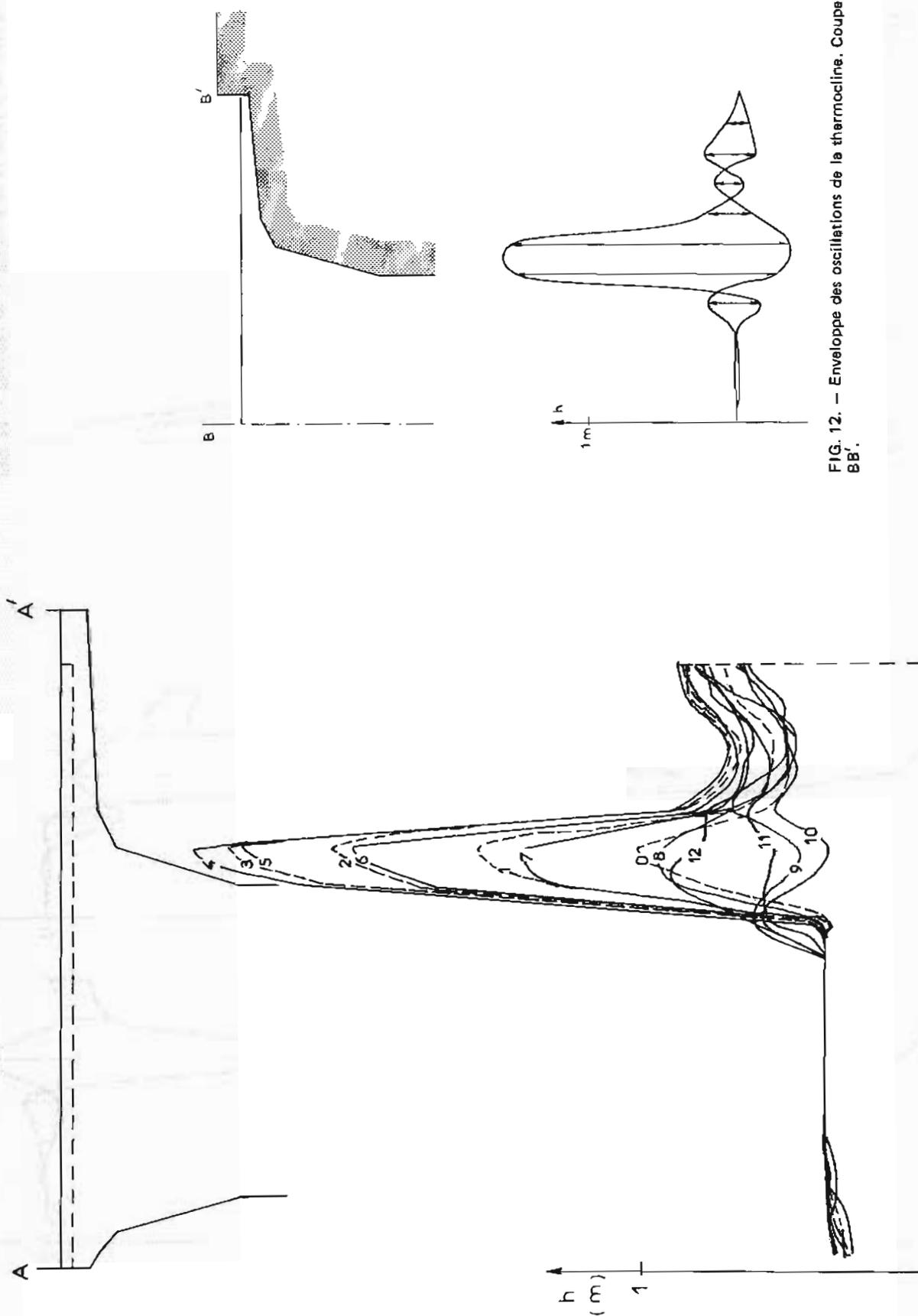


FIG. 11. — Positions de la thermocline au cours d'un cycle de marée. Coupe AA'.

FIG. 12. — Enveloppe des oscillations de la thermocline. Coupe BB'.

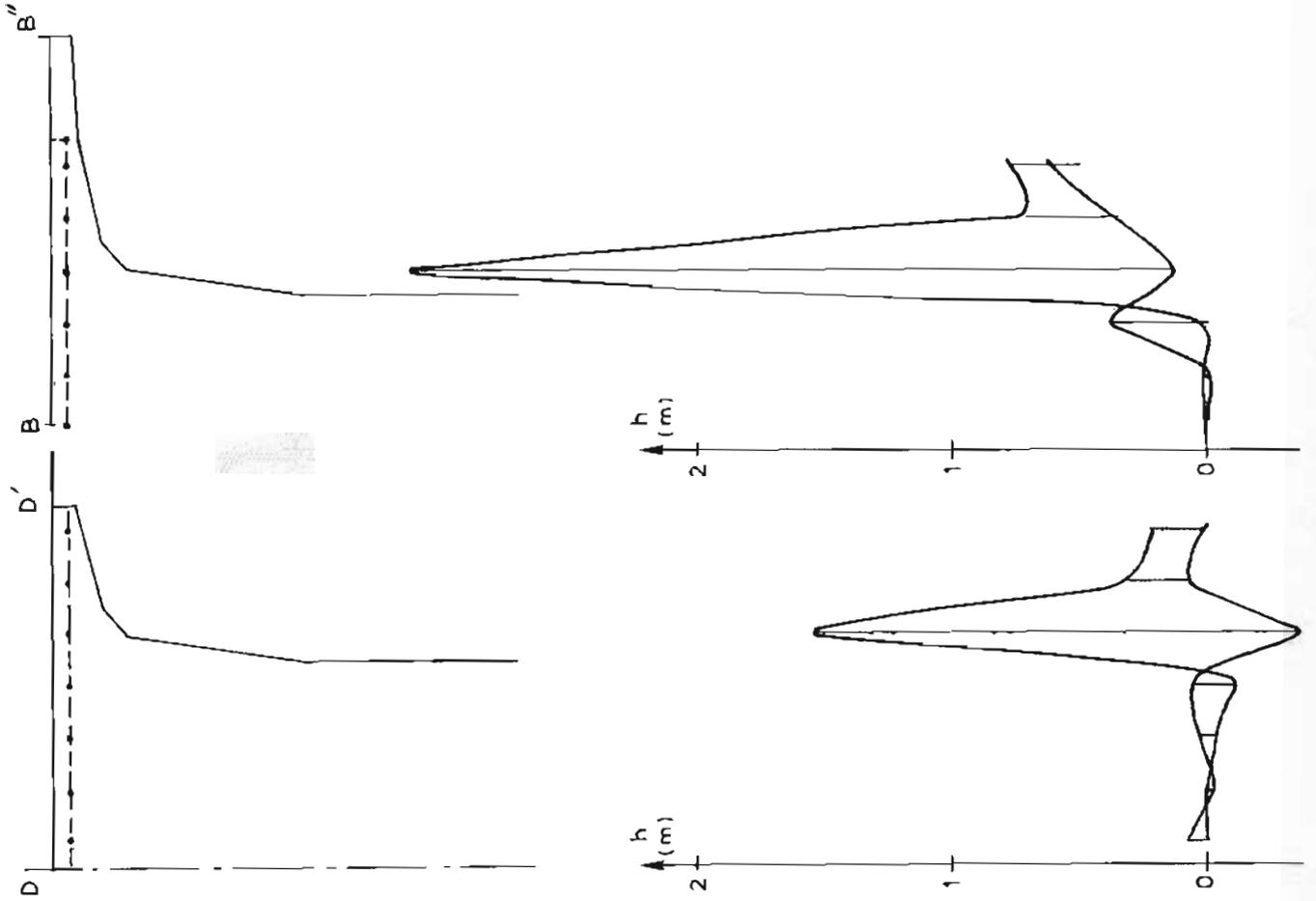


FIG. 13. — Envelopes des oscillations de la thermocline au cours d'un cycle de marée. Coupes DD' et BB''.

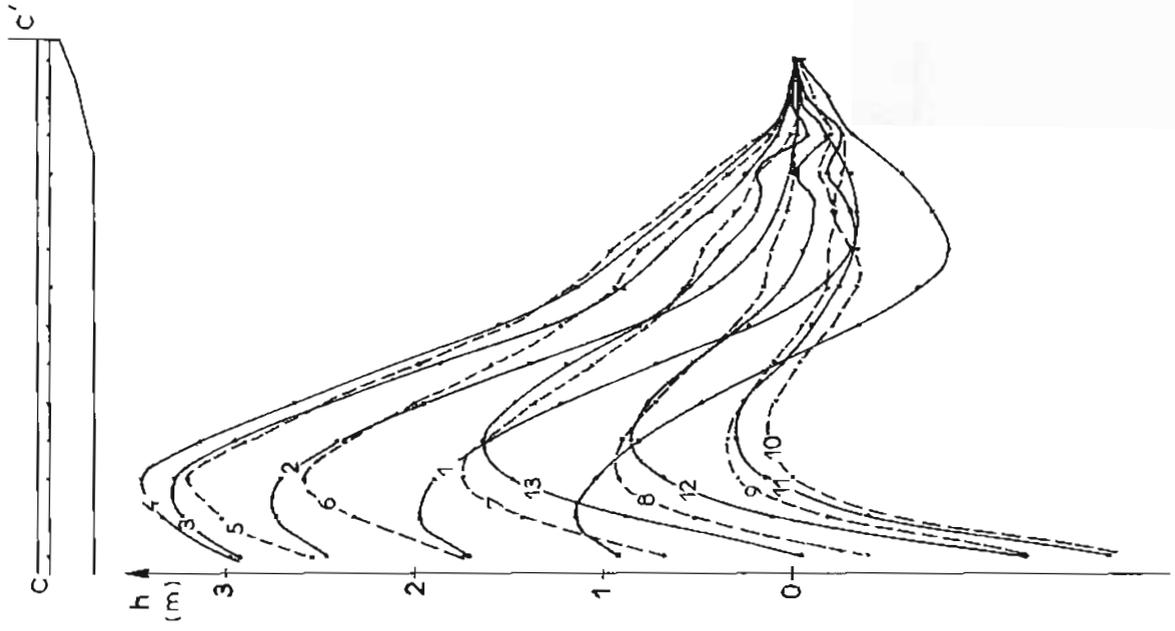


FIG. 14. — Positions de la thermocline au cours d'un cycle de marée. Coupe CC'.

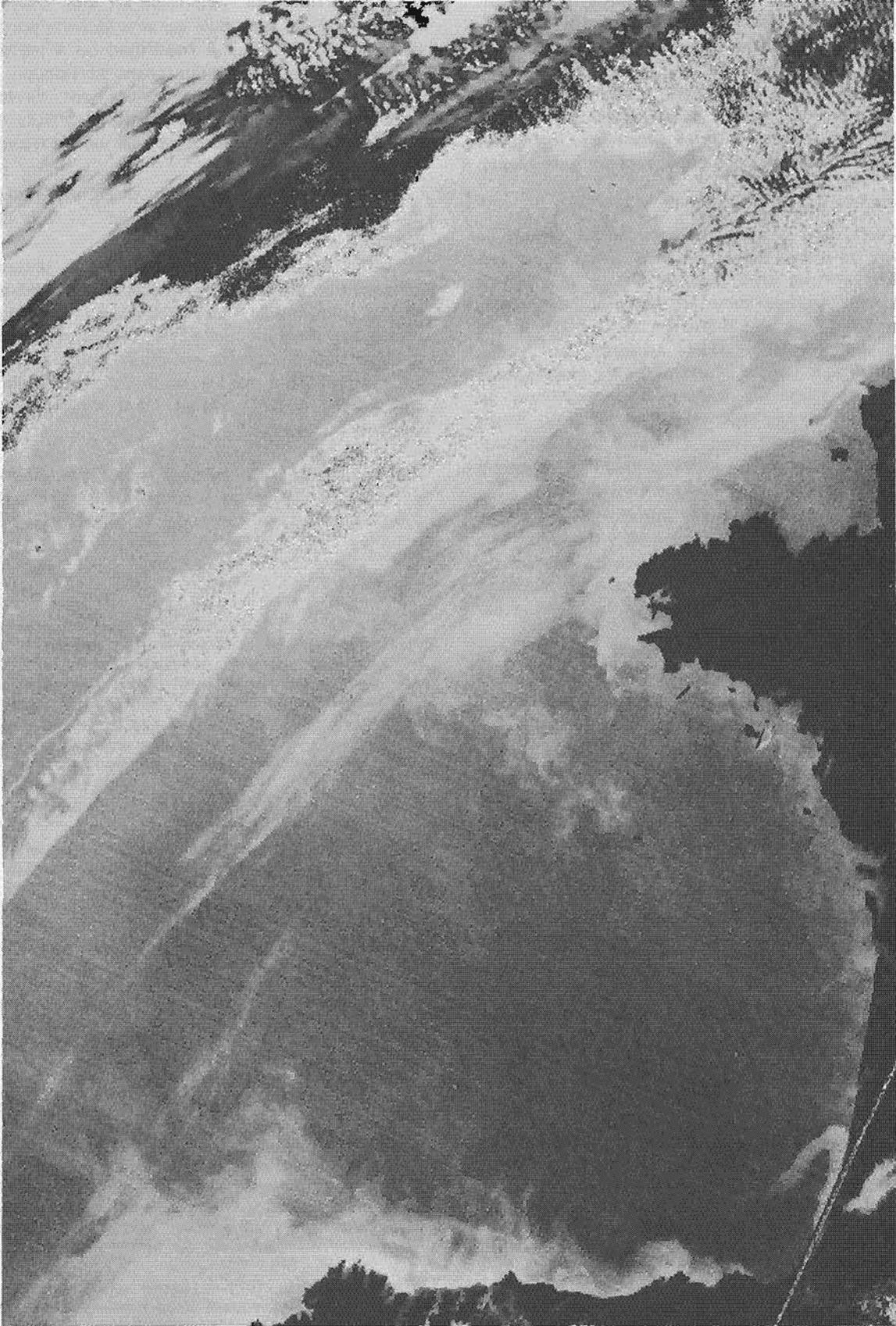


FIG. 15. — Image satellite infrarouge (Météorologie Nationale).

par le calcul théorique approché. Rappelons à ce sujet que pour construire la marée barotrope, nous avons été conduits à ce sujet que pour construire la marée barotrope, nous avons été conduits à une schématisation du talus continental qui réduit fortement la pente du fond dans cette zone. Comme l'amplitude des oscillations est, toutes choses égales par ailleurs, proportionnelle au carré de ce paramètre, le résultat obtenu est fortement réduit par rapport à la réalité.

#### • Influence des conditions initiales

Toujours dans la partie du modèle qui permet de construire la marée barotrope nous avons choisi des conditions initiales arbitraires, ce qui est la méthode généralement utilisée dans les schémas numériques du type "leapfrog". L'influence de ces conditions initiales ne disparaît alors qu'après un temps  $\tau_0 = L/Vgh$  soit, ici,  $\tau_0 \sim 9$  h. Dans ce modèle nous déterminons, à chaque instant, huit paramètres en chaque point du maillage, ce qui entraîne un temps de calcul relativement long. Il nous a donc fallu accepter un compromis qui altère la précision du calcul mais qui ne réduit pas la validité des conclusions.

L'influence des conditions initiales de la marée barotrope apparaît sur la figure 10 : il persiste en effet une légère composante continue du courant de marée qui, comme le montre l'équation (8), entraîne une variation parasite du niveau de la thermocline.

#### • Influence des conditions aux limites

Pour prouver que l'apparition des oscillations internes est due à leur formation et non à une amplification, nous avons volontairement choisi une amplitude du courant nulle à la limite Ouest. Les résultats prouvent que, sur le talus Nord Ouest l'amplitude de l'oscillation est importante. La condition choisie, à la limite Ouest, entraîne donc une nouvelle réduction artificielle de l'amplitude des oscillations modélisées par le calcul.

Ces remarques montrent que les résultats quantitatifs peuvent être améliorés, elles n'altèrent pas les conclusions qualitatives que l'on peut tirer de cette étude.

## CONCLUSIONS

Les résultats obtenus ici apportent une réponse à l'interrogation formulée par Pingree (1979) qui note que "l'origine de l'eau froide à la rupture du plateau en été n'est pas très claire". Remarquons également que le même auteur précise que cette "langue d'eau froide" apparaît en situation anticyclonique par vent faible ( $< 10$  m/s). Ce sont évidemment les conditions qui permettent le mieux l'observation d'ondes internes sur photographie par satellite.

Le processus de formation d'ondes internes exposé ici apparaît comme une théorie susceptible de servir de guide à l'élaboration d'un programme d'observations des ondes internes. En effet, d'une part, le type d'ondes internes que nous avons mis en évidence a une extension géographique limitée et d'autre part, ces oscillations ont le caractère d'onde stationnaire.

Dans le cas du Golfe de Gascogne, une simple étude de la répartition de l'amplitude sur une "coupe" perpendiculaire au talus puis sur une seconde coupe longeant le talus suffirait à confirmer, ou à infirmer, la validité de l'idée que nous avons développée. Par le fait que ces oscillations internes sont directement liées à la marée barotrope locale, la difficile mesure de la célérité des ondes internes par différence de phases perd de son intérêt.

Précisons toutefois que la possibilité d'existence d'ondes internes de type "classique" ne doit pas être écartée.

Enfin, les propriétés du phénomène présenté ici apportent un élément d'interprétation au problème posé par les chimistes Le Corre et Treguer (1976) et par les biologistes Grall et Le Fèvre (1976) qui observent une particulière richesse en sels nutritifs, zooplancton et phytoplancton sur le bord du plateau et particulièrement dans la région Nord du talus dans le Golfe de Gascogne.

*Remerciements* : La mise au point des programmes de calcul, a été en partie réalisée sur l'ordinateur du S.H.O.M., dans le cadre de la convention N° 2/79.

## REFERENCES

- DAVESNE M. et HAUGUEL A., 1979. — Modélisation mathématique de la dispersion d'un polluant à l'embouchure de la Gironde. Comptes rendus du 17<sup>ème</sup> Congrès de l'Association Internationale de Recherches Hydroliques. Volume 3, 1979 (pp. 409-416).
- DAVIS P.A. et PATTERSON A.M., 1956. — (cités par Rattray) — The creation and propagation of internal waves. A literature survey. *Pac. Nav. Lab. Tech. Memo.* 56.2.
- DEMERLIAC, 1973. — Communication personnelle — Non publié 1973.
- CREPOM M., 1972. — Generation of internal waves of inertia period in a two layer ocean. Physical variability of the Nord Atlantic. Proc. Symp. Dublin. 25-27 sept. 1969. Rapport P.V. Const. Int. Explor. Mer, 162, 1972 (pp. 85-88).
- GRALL J.R., 1976. — Production primaire du Golfe de Gascogne. Dans (I) Caractéristiques chimiques et planctoniques du Golfe de Gascogne et du Proche Atlantique. Publications du CNEXO série "Résultats des campagnes à la Mer N° 9", 1976 (pp. 43-53).
- LE CORRE P., et TREGUER P., 1976. — Caractéristiques chimiques du Golfe de Gascogne et du Proche Atlantique. Dans (I) 1976 (pp. 15-41).
- LE FEVRE J., 1976. — Mesoplankton. Dans (I) 1976 (pp. 139-179).
- O'BRIEN J.J., ADAMEL D. et MOORE D.W., 1978. — A simple model of upwelling in the Gulf of Guinea. *Geophysical Research Letters*, Vol. 5, N° 8 (pp. 641-644).
- PINGREE R.D., 1979. — Baroclinic eddies bordering the Celtic Sea in late summer. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 59, 1979 (pp. 689-698).
- PRIENBERG S.J., 1971. — Internal wave generation from a step like constant slope continental shelf. Ph. D. Dissertation Univ. Microfilms, Inten Michigan U.S.A.
- SERVICE HYDROGRAPHIQUE ET OCEANOGRAPHIQUE DE LA MARINE — PARIS 1973. — Courants de marée de la côte Ouest de France de Brest à Saint Jean de Luz. (n° 552-UJA).

## *DEUXIÈME PARTIE*

---

# MISSION OCÉANOGRAPHIQUE DU PACIFIQUE (10 mai 1974 - 10 mai 1976)

par

M. Michel BOULARD  
Ingénieur en chef de l'Armement (hydrographe)

## SOMMAIRE

### Première partie : Généralités

#### I Moyens

#### II Conditions et méthodes de travail

### Deuxième partie : Travaux effectués

Chapitre I. — *Sud Nouvelle-Calédonie entre l'Île Ouen et l'Îlot Koko.*

Chapitre II. — *Sud Nouvelle-Calédonie. Zone Baie de Boulari — Baie de Mouea.*

Chapitre III. — *Sud Nouvelle-Calédonie. Canal de la Havannah.*

Chapitre IV. — *Iles Wallis. Ile d'Uvea. Port de Mata Utu.*

Chapitre V. — *Sud Nouvelle-Calédonie. Zone Sud Ile Ouen.*

Chapitre VI. — *Sud Nouvelle-Calédonie. Région Nouméa : de la passe de Boulari à la passe de Ultoe*

Chapitre VII. — *Sud Nouvelle-Calédonie. Zone Ouest-Redika.*

Chapitre VIII. — *Nord Nouvelle-Calédonie de Poum à Koumac.*

Chapitre IX. — *Polynésie française. Travaux divers (Pour mémoire).*

Annexe A. — *Sonar lateral Edgerton-Mark 1 B.*

Annexe B. — *Utilisation du Toran P 10 en Nouvelle-Calédonie.*

Annexe C. — *Récapitulation des mesures de courant effectuées en Nouvelle-Calédonie (1974-1976).*

Annexe D. — *Plan de cartographie de Nouvelle-Calédonie.*

Annexe E. — *Plan de cartographie de Tahiti.*

Ce rapport rend compte de l'activité de la Mission Hydrographique de Nouvelle-Calédonie (10 mai 1974 — 1<sup>er</sup> septembre 1974) et de la Mission Océanographique du Pacifique (1<sup>er</sup> septembre 1974 — 10 mai 1976), cette dernière Mission ayant été créée le 1<sup>er</sup> septembre 1974. A cette date, la Mission Hydrographique de Polynésie Française (MHPF) a été dissoute et l'ensemble des moyens hydrographiques stationnés dans le Pacifique ont été renforcés et regroupés à Nouméa, leur activité étant essentiellement consacrée à l'exécution des travaux hydrographiques en Nouvelle-Calédonie.

Le 10 mai 1974 j'ai pris les fonctions de Directeur de la Mission Hydrographique de Nouvelle-Calédonie (MHNC) en remplacement de l'Ingénieur en Chef de l'Armement Milard. L'Ingénieur en Chef de l'Armement Bonnot m'a succédé comme Directeur de la Mission Océanographique du Pacifique (MOP) le 10 mai 1976. Pendant la période concernée par le présent rapport, ont exercé les fonctions d'Adjoint au Directeur de Mission :

— L'Ingénieur Principal de l'Armement Le Guen remplacé par l'Ingénieur Principal de l'Armement Thouin le 20 Août 1974.

— L'Ingénieur de l'Armement Guyon à partir du 1<sup>er</sup> avril 1976.

— L'Ingénieur des Etudes et Techniques d'Armement (IETA) Lebreton à partir du 1<sup>er</sup> avril 1974 (en détachement temporaire auprès de la MHPF jusqu'en septembre 1974).

— L'Officier de 1<sup>ère</sup> Classe des Equipages Hydrographe Meteye à partir du 1<sup>er</sup> septembre 1975.

— Le Maître Principal Hydrographe Alonso, affecté à la MOP en remplacement d'Officier Technicien, le 25 août 1974.

La première partie du rapport analyse les moyens mis à la disposition de la Mission, les conditions de travail et les méthodes adoptées. La deuxième partie du rapport est un compte rendu détaillé des travaux exécutés.

## PREMIERE PARTIE

## MOYENS

## 1. Personnel placé directement sous les ordres du Directeur de Mission

Le personnel de la MHNC, qui ne subit aucune modification pendant les quatre derniers mois de l'existence de cette Mission, était de sept officiers-mariniers hydrographes, dont deux maîtres principaux et de douze quartiers-maîtres et matelots de spécialités diverses. Ce plan d'armement présentait le défaut évident de ne comporter aucun officier-mariner non hydrographe. Cette lacune se manifestait particulièrement dans l'entretien du matériel, confié à du personnel peu expérimenté et dont la durée d'affectation n'était pas suffisante.

La création de la MOP entraîna une augmentation très sensible des effectifs. Le nombre des officiers-mariniers hydrographes passa de sept à quinze ; en outre, un premier-maître et deux seconds-maîtres de manœuvre, un second-maître mécanicien furent plus particulièrement chargés de l'entretien du matériel. Vingt-deux quartiers-maîtres et matelots complétaient l'effectif.

Ce nouveau plan d'armement, suffisamment étoffé et bien équilibré correspondait aux besoins de la Mission. Il fut réalisé à une ou deux unités près pendant la période concernée par le présent rapport.

Il y a lieu toutefois de signaler que l'absence d'officiers-mariniers appartenant à l'une des spécialités de l'électronique créa de grosses difficultés dans l'entretien des sondeurs, le personnel des bâtiments n'étant pas apte à assurer cet entretien. D'autre part, le plan d'armement prévoyait que deux quartiers-maîtres de manœuvre seraient certifiés plongeurs. Cette prévision ne fut pas respectée et la Mission dut utiliser comme plongeurs un premier-maître hydrographe, d'excellente qualification et un second-maître mécanicien.

L'utilité des plongeurs dans une Mission Hydrographique, et plus particulièrement dans le Pacifique, est telle que l'effectif du personnel possédant cette qualification doit être au minimum conforme au plan d'armement.

L'ensemble du personnel donna satisfaction, et plus particulièrement le personnel hydrographe qui fit montre d'excellentes qualités professionnelles.

De nombreux matelots recrutés, d'origine métropolitaine ou de recrutement local, ayant déjà exercé une profession dans le secteur civil, se virent confier des postes de responsabilité dans lesquels ils rendirent d'excellents services. Le recrutement local n'a pas fourni de marins autochtones, familiers de la navigation dans le lagon ; l'absence d'un tel personnel,

dont les services furent particulièrement appréciés en Polynésie, a été ressentie au cours des manœuvres à proximité des récifs.

## 2. Bâtiments hydrographiques et embarcations

La MHNC disposa jusqu'au 1<sup>er</sup> septembre 1974 des BH2 *Boussole* et *Corail*. Le BH1 *L'Estafette* rejoignit Nouméa le 1<sup>er</sup> octobre 1974.

— Les lieutenants de Vaisseau Beauvois (jusqu'en mai 1975) et Jehanne commandèrent *L'Estafette*.

— Les lieutenants de Vaisseau Beauvillain (jusqu'en novembre 1975) puis Hue commandèrent la *Boussole* ; le *Corail* fut commandé par les Premiers-Maîtres Hydrographes Daste (jusqu'en novembre 1974) puis Legrand.

Les caractéristiques détaillées de ces bâtiments figurent dans les rapports précédemment établis, à savoir :

— Pour le BH1 *L'Estafette*, le Rapport de M. Pasquay. Mission Hydrographique de l'Atlantique (1972-1974)(\*) ;

— Pour le BH2 *Corail*, le Rapport de M. Milard. Mission Hydrographique de Nouvelle-Calédonie (1972-1974)(\*\*).

N'en seront rappelés ici que les éléments essentiels, ayant eu une influence directe sur l'activité des bâtiments au cours de la période considérée et permettant d'évaluer leur adaptation aux travaux prescrits en Nouvelle-Calédonie.

## 2.1. BH1 "L'Estafette"

Déplacement moyen :	1 200 T
Longueur :	64 m
Tirant d'eau :	5,5 m
Propulsion :	Deux moteurs MAN (père 1310 CV, fils 400 CV) — 1 hélice à pas variable 1 propulseur auxiliaire hissable et orientable situé au quart avant du bâtiment
Vitesse :	12 n
Effectif :	32 dont 3 officiers
Divers :	Une ligne de mouillage à poste.

Ce bâtiment robuste, d'excellente tenue à la mer présente l'inconvénient d'un tirant d'eau important qui le rend inapte à sonder dans le lagon où il doit naviguer avec prudence : un échouage avec avarie de son hélice unique aurait des conséquences très sérieuses, les moyens locaux de remorquage étant limités et aucune

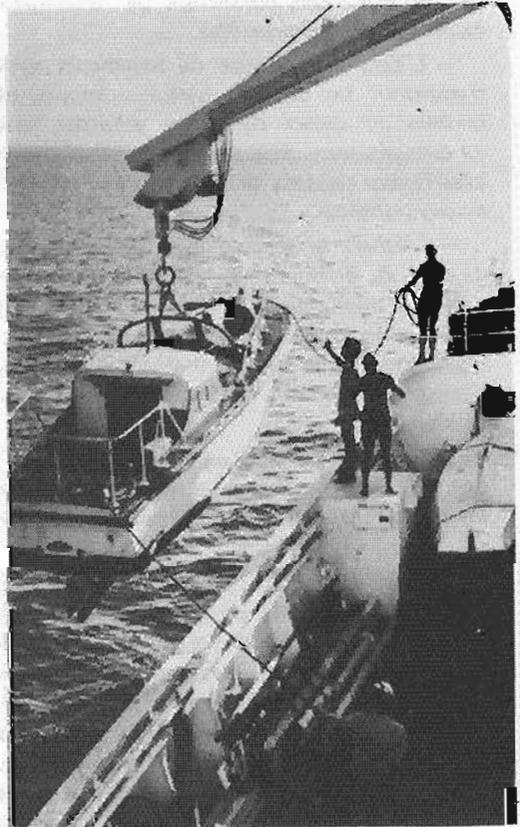
(\*) *Annales Hydrographiques*, (1978), n° 748, p. 117.

(\*\*) *Annales Hydrographiques*, (1978), n° 749, p. 140.

# BÂTIMENTS HYDROGRAPHIQUES



**BH1 L'ESTAFETTE**



**Vedette de 8,30m et grue de L'ESTAFETTE**



**BH2 BOUSSOLE**

cale sèche susceptible de recevoir un bâtiment d'un tel tonnage n'existant en Nouvelle-Calédonie.

L'alimentation électrique du bâtiment, réalisée en courant continu sous un voltage de 220 V pose des problèmes d'entretien particulièrement délicats en milieu tropical ; les éléments de rechange sont peu nombreux et n'existent pratiquement pas localement, ce mode d'alimentation étant de moins en moins utilisé.

— L'*Estafette* ne dispose que d'un seul groupe électrogène de mouillage, ce qui est insuffisant à bord d'un bâtiment appelé à servir de base à des vedettes hydrographiques. En cas d'avarie ou en période de visite de ce groupe, il est nécessaire d'utiliser dans de très mauvaises conditions de rendement le moteur de propulsion (moteur fils).

— L'*Estafette* dispose de logements suffisants pour transporter les équipes hydrographiques nécessaires à la mise en œuvre des deux vedettes, mais l'absence de climatisation générale et une ventilation totalement insuffisante rendent ce bâtiment peu adapté aux séjours en pays tropical.

— L'*Estafette* possède deux vedettes hydrographiques de 8,30 m, dont la mise à l'eau et le hissage sont effectués par une grue hydraulique de huit tonnes. Après quelques incidents (éclatements de raccords des tuyautages d'huile), le fonctionnement de cette grue fut satisfaisant, mais son utilisation par mauvais temps est délicate.

L'*Estafette* possède une cale de volume important, des locaux scientifiques et une salle de dessin de dimensions convenables ; elle peut transporter un véhicule léger.

Ayant rejoint Nouméa en octobre 1974, en provenance de métropole et après un séjour en Polynésie, disposant d'un excellent personnel mécanicien et électricien, L'*Estafette* ne subit qu'une seule avarie importante (avarie de la soufflante d'alimentation du moteur principal en juin — juillet 1975) pendant son premier séjour en Nouvelle-Calédonie. Une avarie grave du mécanisme d'orientation des pales d'hélice, survenue au cours des essais après carénage à Papeete au début de 1976 devait retarder le retour du bâtiment à Nouméa (juillet 1976).

## 2.2. BH2 "Boussole"

Déplacement moyen : 350 T  
 Longueur : 43 m  
 Tirant d'eau : 2,4 m  
 Propulsion : Deux moteurs Baudoin de 400 CV —  
 1 hélice à pas variable  
 Vitesse : 10 — 11 n  
 Effectif : 32 dont 1 officier

Avec un tirant d'eau inférieur à trois mètres, la *Boussole* peut sonder dans les zones les plus saines du lagon calédonien, le bâtiment étant toutefois gêné par des capacités de manœuvre médiocres à faible allure et une faible puissance de l'appareil propulsif. Entièrement climatisée, la *Boussole* offre à son personnel des conditions de logement et de travail satisfaisantes en pays tropical ; malheureusement la capa-

cité de logement réservée au personnel hydrographe est faible (3 ou 4 places) ; l'installation en salle de dessin de trois couchettes rabattables, apporta une solution partielle à ce problème de logement. Cette modification qui conservait l'intégrité de la salle de dessin fut réalisée au cours d'une indisponibilité du bâtiment à Papeete.

La *Boussole* possède deux lignes de mouillage et deux bossoirs à commande hydraulique permettant la manœuvre des deux vedettes hydrographiques de 8,30 m. Ce matériel d'une grande robustesse est l'un des avantages essentiels du bâtiment.

La *Boussole* dispose d'une alimentation en courant continu sous un voltage de 110 V, dont l'entretien présente les mêmes difficultés que celles qui ont été signalées pour L'*Estafette* mais la présence sur la *Boussole* de deux groupes de mouillage constitue une différence essentielle entre les deux bâtiments.

La *Boussole* ne possède aucun moyen de levage valable (un mât de charge de 500 kg et de mise en œuvre difficile) et ne peut embarquer aucun véhicule.

De tenue à la mer satisfaisante, malgré des mouvements de plate-forme importants et pénibles, la *Boussole* peut effectuer convenablement les travaux de grande sonde mais ses capacités en océanographie sont très faibles.

Stationnée dans le Pacifique depuis 1968 et à Nouméa depuis 1970, la *Boussole* était dans un état matériel médiocre. Les moteurs principaux et les groupes électrogènes fonctionnèrent d'une façon correcte, mais l'appareil à gouverner, les auxiliaires et les tuyautages donnèrent lieu à de multiples avaries, dont certaines fort graves (appareil à gouverner). Les conséquences de ces avaries furent toutefois limitées par le fait que la *Boussole* put utiliser, contrairement à L'*Estafette*, le slip de Nouméa et ainsi subir sur place des réparations importantes.

*Nota.* — Aucun des deux bâtiments L'*Estafette* et la *Boussole* n'était équipé pour assurer, selon les règles de sécurité en vigueur dans la Marine, le transport de quantités d'essence correspondant aux besoins de la Mission.

En raison des travaux de réparations, exigeant la présence des bâtiments à Papeete, la *Boussole* fut absente de Nouméa du mois d'août au mois de décembre 1975 et L'*Estafette* de novembre 1975 à juillet 1976, ce dernier bâtiment ayant effectué, avant son retour, des travaux de sondages au large de Tahiti.

## 2.3. BH2 "Corail"

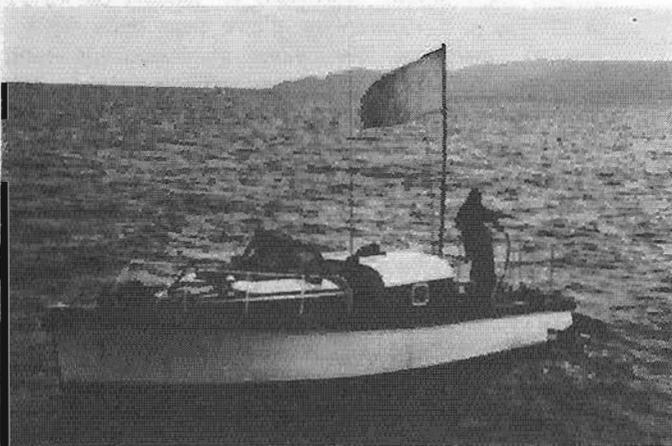
Déplacement : 75 tonnes  
 Longueur : 18 m  
 Tirant d'eau : 2 m  
 Propulsion : 1 moteur Caterpillar 270 CV —  
 1 ligne d'arbre et 1 hélice à pas fixe  
 Effectif : 6  
 Stabilité transversale : 0,43 m  
 Autonomie : Gas-oil : 130 heures à 8 nœuds  
 Divers : 1 compresseur pour gonflage de bouteilles de plongée.

# BÂTIMENTS HYDROGRAPHIQUES



BH 2 "CORAIL"

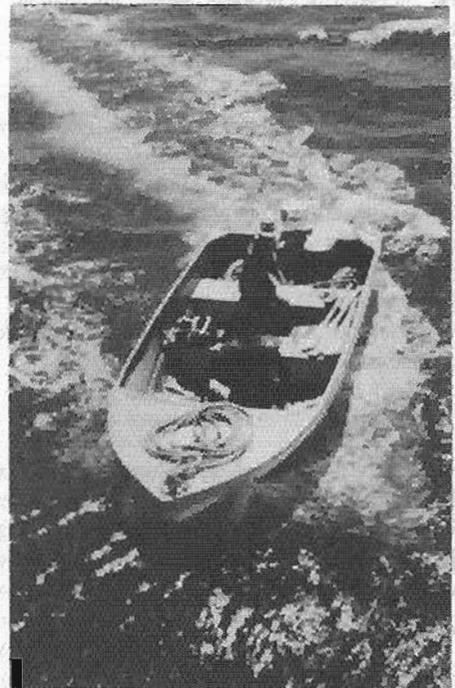
Vedette de 8,30 m



Pinasse de 11,00 m



Plate en aluminium de 4,40 m



Ce petit bâtiment s'est révélé extrêmement utile et bien adapté aux sondages dans le lagon. Malheureusement une tenue à la mer incertaine et un fonctionnement peu sûr de l'appareil moteur ont parfois rendu sa mise en œuvre difficile(\*) ; il accomplit un travail important mais connus les avaries les plus graves (rupture de ligne d'arbre, avarie de soufflante et encrassement du moteur, etc.) qui se soldèrent par des indisponibilités de longue durée. Compte tenu du faible effectif de son équipage, les travaux du *Corail* furent toujours réalisés dans des conditions de rendement très satisfaisantes. Par ailleurs son faible tirant d'eau, sa bonne tenue dans le clapot du lagon, ses bonnes qualités manœuvrières le rendaient apte à tous les travaux pour lesquels les vedettes se révélèrent trop petites et les autres bâtiments trop importants (sondages et recherches de roches, mouillage et relevage de courantomètres, transports d'équipes de géodésie, etc.).

Le *Corail* n'a aucune capacité de logement valable ne possédant, qu'une seule couchette disponible, le reste du personnel transporté doit être "logé" en cale dans des conditions inacceptables pour un transport de longue durée.

Après deux ans d'utilisation en hydrographie, l'on peut estimer que l'acquisition en 1973 du *Corail* par la Marine a donné des résultats satisfaisants. Toutefois il est regrettable que ce bâtiment n'ait pas subi avant sa nouvelle affectation, un grand carénage complet. Cette opération aurait certainement évité les multiples indisponibilités qui sanctionnèrent les avaries d'un matériel dont l'entretien avait été, au cours des années précédentes, assez mal conduit.

#### 2.4. Vedettes hydrographiques de 8,30 m

Les vedettes hydrographiques de *L'Estafette* et de la *Boussole* sont anciennes et dans un état médiocre ; si les vedettes de *L'Estafette* ne subirent que des avaries mineures (ruptures de tuyaux, avaries de démarreur) vite réparées, celles de la *Boussole* par suite d'avaries graves (avarie de butée, grippage du moteur, rupture de l'échappement, avaries électriques diverses) ne furent presque jamais simultanément disponibles. La mise en œuvre des vedettes fut un problème permanent et leur rendement ne fut pas satisfaisant.

Indépendamment de leur état matériel, et en raison notamment de leurs dimensions trop faibles, les vedettes sont peu adaptées aux travaux de sondages dans le lagon par vent frais accompagné de clapot. D'autre part, les vibrations dues probablement à une suspension défectueuse du moteur, les insuffisances du réseau d'alimentation électrique sont préjudiciables au fonctionnement des ensembles électroniques embarqués. Chacun des bâtiments disposait d'une drague hydrographique destinée à être utilisée, le cas échéant, par les vedettes. Compte tenu des conditions météorologiques régnant habituellement dans le lagon de Nouvelle-Calédonie, il est douteux que des opérations

(\*) Au cours de travaux comportant des traversées en haute mer par conditions météorologiques médiocres.

de dragage de grande envergure puissent être réalisées avec un rendement satisfaisant dans l'état actuel du matériel disponible. Si de telles opérations étaient décidées, il serait nécessaire de mettre en œuvre des remorqueurs plus robustes et plus puissants que les vedettes.

#### 2.5. Pinasse de 11 m

En provenance de Papeete où elle était l'embarcation principale de la MHPF, la pinasse fut transportée à Nouméa à bord d'un cargo. Plus grande, mieux dessinée et mieux aménagée que les vedettes, la pinasse s'est montrée plus adaptée que celles-ci à la navigation dans le lagon. N'étant pas équipée d'un système de hissage, elle fut utilisée exclusivement à proximité de Nouméa et dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie ; quelques avaries importantes (déchirure du revêtement plastique de la coque, avarie d'embrayeur) limitèrent ses périodes de disponibilité. Néanmoins, elle participa activement à l'exécution du programme de travaux et permit également d'effectuer dans de bonnes conditions, les essais du sonar latéral.

Propulsée par un moteur Couach de 70 CV et disposant d'un moteur hors-bord de secours de 40 CV, la pinasse a l'inconvénient d'être trop lente (6 à 7 nœuds), mais ses dimensions correspondent sensiblement aux normes minimales requises pour les sondages dans un grand lagon.

#### 2.6. Embarcations diverses

— Les liaisons et transports divers furent assurés par six embarcations pneumatiques de six et dix places, une plate de 4,4 m en aluminium et trois youyoues en matière plastique.

Les embarcations pneumatiques et en particulier celles de dix places, plus lourdes, sont fragiles et peu adaptées au transport du matériel et à son débarquement sur les îlots coralliens d'accès difficile. La plate en aluminium, de fabrication australienne, est bien dessinée, robuste, insubmersible et d'entretien réduit ; elle a donné toute satisfaction.

Deux plates supplémentaires du même type ont été demandées en remplacement de deux embarcations pneumatiques de dix places ; les embarcations pneumatiques de six places seraient alors réservées à certaines opérations particulières : accompagnement des plongeurs, sauvetage, transport par avion, pour lesquelles elles sont indispensables.

— Les youyoues de 5,5 m en matière plastique ont été également utilisés comme embarcations de transport. Ils sont robustes, leur tenue à la mer est satisfaisante, mais ils sont trop lourds pour être manœuvrés facilement à proximité du récif. L'un des youyoues, équipé d'un sondeur à base hors-bord a été utilisé sans difficultés pour sonder quelques baies peu profondes à proximité de Nouméa.

— La Mission disposait d'une vingtaine de moteurs hors-bord de 20 CV pour équiper les embarcations. Cette dotation a été suffisante mais la présence de

personnel mécanicien s'est révélée indispensable à son entretien, compte tenu d'une utilisation intensive dans des conditions difficiles.

Malgré l'existence d'un nombre important d'embarcations de caractéristiques variées, la Mission a manqué d'un moyen de liaison rapide permettant d'assurer dans des conditions acceptables les transports de personnels et matériels nécessaires à la surveillance et l'entretien des stations Toran, des marégraphes etc.

### 3. Matériel spécifique

La MOP a été bien équipée en matériel spécifique d'excellente qualité.

Le matériel classique de géodésie : Théodolites WILD T3 et T2, mires invar, etc. a donné toute satisfaction.

Trois ensembles telluromètres MRA 3 furent extrêmement précieux en géodésie et en topographie. Ces appareils ont été largement utilisés et leur fonctionnement a été satisfaisant. Quelques réparations ont été effectuées sur place, évitant ainsi des transports coûteux vers la métropole et de longs mois d'indisponibilité. L'inconvénient majeur des ensembles telluromètres étant le poids des batteries associées, il eût été souvent préférable de disposer pour les opérations de topographie, d'un matériel de performances plus modestes (portée inférieure à 10 km, précision décimétrique) mais plus léger.

### 4. Sondeurs

Deux types de sondeurs ont été utilisés :

— A bord des bâtiments, des vedettes et de la pinasse (avec base hors-bord sur cette dernière), les sondeurs Atlas Deso 10 fonctionnant sur 30 et 210 KHz de 0 à 280 m.

Le fonctionnement de ces sondeurs a été satisfaisant. Toutefois sur les vedettes, en raison des vibrations, les mécanismes de déroulement du papier furent fréquemment en avarie ; les démontages effectués montrèrent une usure rapide des pignons. D'autre part, les vedettes éprouvèrent quelques difficultés à utiliser les sondeurs sur 30 KHz par suite de l'instabilité des réglages sur cette fréquence et de la trop grande largeur de la trace d'émission peu compatible avec les sondages par faibles profondeurs.

— A bord de *L'Estafette* et de la *Boussole*, les sondeurs Elac-Deneb de grands fonds.

Le fonctionnement de ces sondeurs et particulièrement des enregistreurs de précision ne fut pas satisfaisant, probablement en raison de la complexité d'une mécanique délicate. Les sondages de grands fonds durent être effectués en grande partie en utilisant uniquement l'enregistreur principal.

*Nota.* — Deux sondeurs du type MS 26 F de Kelvin Hughes ont été parfois utilisés avec base hors-bord, sur la pinasse et un youyou de sonde. Ce matériel

ancien de performances modestes, a fonctionné correctement.

— L'entretien des sondeurs a été une préoccupation constante par suite du manque de personnel qualifié à bord des bâtiments et, pour les sondeurs de grands fonds, en raison d'un manque de documentation adéquate et de pièces de rechange.

Pour les sondeurs de petits fonds, les conséquences des avaries ont été limitées par la mise en place de coffrets de rechange approvisionnés en nombre suffisant.

### 5. Matériel radio

L'utilisation des émetteurs-récepteurs TRPP 13 permit de résoudre presque parfaitement le problème des liaisons entre les bâtiments de sonde et les stations à terre. Ces appareils sont excellents quant à leur portée, leur sûreté de fonctionnement et leur facilité de mise en œuvre ; leur seul point faible est la fragilité des combinés. D'autre part, les amplificateurs extérieurs, nécessaires au personnel des vedettes en particulier, étaient anciens et leur fonctionnement fut défectueux.

La Mission disposait en outre de trois ensembles TRMM 3 A, dont l'un fut installé sur la pinasse. Ce matériel robuste, utilisé à bord des bâtiments de la Marine et dans les stations de la Gendarmerie, est très pratique pour les liaisons à moyenne distance. Son fonctionnement fut satisfaisant.

### 6. Véhicules

La Mission disposait de 2 camions TP 3 Saviem à essence, d'une 4 L Renault Sinpar et d'une 3 CV Citroën Mehari (véhicule de la MHPF transporté à Nouméa à bord de *L'Estafette*).

Compte tenu des conditions habituelles des liaisons routières en Nouvelle-Calédonie et des servitudes particulières de la Mission, aucun de ces véhicules n'était vraiment adapté aux besoins. Les camions se comportaient convenablement en tous terrains mais ne convenaient pas au transport de personnel ou de matériel scientifique et leur ravitaillement en essence posait de sérieux problèmes ; les véhicules légers, inutilisables en tous terrains et trop fragiles, étaient inadaptés aux transports sur de mauvaises routes. Une demande de modifications au plan d'armement, destinée à doter la Mission de véhicules robustes et conformes aux modèles les plus répandus en Nouvelle-Calédonie (camionnettes 404 Peugeot et véhicules LAND ROVER ou TOYOTA) a été établie en 1975 en vue d'améliorer une situation qui fut toujours extrêmement préoccupante.

*Nota.* — A partir de novembre 1975 une voiture de service du type Peugeot 204 fut attribuée au Directeur de Mission.

## 7. Locaux

Les salles de dessin, bureaux et magasins étaient situés dans l'enceinte de la Basse Marine de Nouméa, à la Pointe Chaleix. Certains magasins anciens, attribués à la MOP, lors de sa création en septembre 1974 et qui n'avaient fait l'objet que de réparations sommaires en attendant la construction de nouveaux bâtiments, étaient dans un état médiocre. Les matériels scientifique et électronique étaient conservés dans un magasin disposant d'air conditionné. La climatisation d'un bureau et de deux salles de dessin permit d'améliorer sensiblement les conditions de travail du personnel au cours de l'année 1975. Les locaux affectés à la Mission correspondaient à ses besoins.

## 8. Concours

Des concours divers ont été obtenus auprès du Commandement de la Marine en Nouvelle-Calédonie :

Les patrouilleurs *La Dunkerquoise* et *La Bayonnaise* ont participé à certaines opérations de géodésie et au ravitaillement du *Corail*. Les avions de l'Aéronautique Navale ont effectué de nombreuses missions de photographies aériennes du lagon et de transport de personnel et de matériel.

Les Services Techniques de la Marine et le Service de Transmissions et Veille Littorale ont assuré, malgré de sérieuses difficultés, l'entretien des bâtiments et du matériel radio de la Mission.

D'autre part, le Service Topographique de Nouvelle-Calédonie a constamment fourni à la Mission les résultats de ses travaux et des renseignements hydrographiques ont été régulièrement obtenus auprès de la Société Le Nickel.

Le concours de la Gendarmerie Nationale, fréquemment sollicité, a été largement accordé ; il a revêtu les formes les plus variées : surveillance des stations, contacts avec les autorités locales, liaison et transports divers...

## 2. CONDITIONS ET METHODES DE TRAVAIL

Les périodes de travail établies en fonction de l'autonomie et de la disponibilité des bâtiments, furent souvent limitées par des conditions météorologiques moins favorables que les prévisions saisonnières ne pouvaient le laisser espérer. Le vent dominant de Sud-Est eut une influence prépondérante sur le déroulement des travaux et interrompit fréquemment l'activité des vedettes et autres embarcations aux premières heures de l'après-midi. L'hiver austral 1974, pluvieux, fut marqué par une succession de coups de vent d'Ouest habituellement moins fréquents et l'année 1975 fut très pluvieuse. Le cyclone "Allison" atteignit la côte Est de Nouvelle-Calédonie en mars 1975 et le passage à proximité de l'île du cyclone "David" en janvier 1976 causa d'importantes inondations dans le Nord de la

Grande Terre. Ces deux dépressions furent accompagnées de longues périodes de mauvais temps au cours desquelles les routes furent coupées par les pluies et les travaux interrompus par les vents violents régnant sur l'ensemble du lagon. Des préavis suffisants permirent d'évacuer à temps le personnel et le matériel de la Mission.

Au cours des deux années 1974 et 1975, les mois de septembre à janvier furent les plus favorables aux travaux hydrographiques.

### 1. Géodésie

Les opérations de géodésie eurent essentiellement pour objet de rattacher les îlots du lagon aux réseaux établis sur la Grande Terre par l'Institut Géographique National (IGN) et le Service Topographique de Nouvelle-Calédonie (ST).

Les coordonnées UTM des points déterminés furent calculées dans le système IGN 1972 seul utilisé pour l'ensemble des travaux effectués en Nouvelle-Calédonie.

Les visées de précision furent effectuées sur des pyramides construites selon le modèle utilisé au cours des années antérieures par la MHNC (voir Rapport de l'ICA Milard - MHNC 1972 - 1974 (\*)). La visibilité de tels signaux est très satisfaisante à condition de choisir avec soin les directions des visées en fonction des périodes d'observation habituellement limitées à certaines heures du matin et du soir. Les mois d'avril à octobre correspondant à la saison fraîche et aux intersaisons ont été les plus favorables aux travaux géodésiques.

La frange littorale des îlots étant sujette à d'importantes modifications du fait de la mer, la durabilité des bornes implantées dans cette zone reste précaire. Aux points les plus importants, des repères ont été implantés à l'intérieur des îlots, aux endroits les mieux protégés.

### 2. Topographie - Toponymie

La restitution à la chambre claire des photographies aériennes au 1:20 000 de la Société Française de Topographie et de l'Aéronautique Navale permit l'établissement des minutes de topographie du trait de côte des îlots et du récif. L'échelle de restitution, fixée au 1:10 000 dans quelques cas particuliers, fut généralement le 1:30 000, les documents ainsi rédigés devant servir à l'établissement de cartes au 1:60 000.

Quelques essais de restitution à l'aide du Stereotop Zeiss ne donnèrent pas les résultats escomptés, en raison des difficultés rencontrées dans le choix des points de calage.

Les photographies aériennes furent en outre couramment utilisées pour établir les documents destinés à faciliter le déplacement des bâtiments dans les zones mal hydrographiées et à préparer les travaux de sondages ou de recherches de roches.

(\* ) *Annales Hydrographiques*, (1978), n° 749, p. 87.

Compte tenu de l'extrême utilité des photographies aériennes dans les levés hydrographiques, il eut été souhaitable de pouvoir disposer de photographies en couleurs, particulièrement bien adaptées à l'étude des zones coralliennes.

Par principe, la toponymie adoptée est celle des cartes de l'IGN pour les zones terrestres, celle des cartes marines en service pour les zones maritimes et les éléments non portés sur les cartes terrestres. Dans la région de Nouméa, le nom couramment utilisé localement pour désigner deux îlots très fréquentés a été indiqué, en plus du nom adopté sur les cartes marines. Des différences orthographiques souvent mineures et sans conséquence pour le navigateur subsistent entre les différents documents établis à ce jour et aucune référence indiscutable n'a été trouvée qui permette de régler ce problème.

### 3. Réglage et étalonnage des sondeurs

Pour les sondages de lagon, le réglage des sondeurs fut ajusté à la vitesse réelle du son, celle-ci déduite des mesures de température d'eau variant de 1530 m/sec en hiver à 1540 m/sec en été.

Les étalonnages à la barre montrèrent que les valeurs ainsi adoptées supprimaient pratiquement toute correction progressive et confirmèrent l'excellente stabilité de fonctionnement des sondeurs Atlas Deso 10.

Pour les sondages du large, le réglage des sondeurs fut ajusté à la vitesse du son de 1 500 m/sec.

### 4. Recherches de roches

Les recherches de roches très nombreuses furent effectuées selon les méthodes habituelles. Les enregistrements obtenus donnèrent lieu à de sérieuses difficultés d'interprétation dues à l'existence d'échos parasites à une profondeur inférieure à celle de l'obstruction recherchée. L'exploration par plongeurs fut souvent le seul moyen de déterminer avec certitude la cote exacte des hauts-fonds, mais en raison de l'effectif réduit des plongeurs, leur intervention dut être limitée au cas les plus intéressants. Des concentrations de poissons, des formations végétales ou coralliennes très ramifiées sont probablement la cause des échos parasites ainsi enregistrés à proximité des hauts-fonds. L'intensité de ces échos variant avec le gain du sondeur, celui-ci doit être soigneusement ajusté à une valeur moyenne déterminée sur fond plat avant les travaux de recherches et non modifié par la suite. La prise en considération pour des raisons de sécurité de ces échos douteux peut être à l'origine du report sur les cartes de profondeurs inférieures aux profondeurs réelles.

### 5. Marées

Toutes les observations ont été effectuées à l'aide des marégraphes OTT R 16, à enregistrement graphique.

Ces appareils sont robustes et bien adaptés aux besoins habituels des missions mais des pannes fréquentes dues au séchage de l'encre par température élevée les rendent peu fiables lorsqu'il convient de réaliser, sans surveillance, des enregistrements de longue durée.

En novembre 1975, un marégraphe à enregistrement numérique de marque "Fischer and Porter", appartenant à l'Université d'Honolulu, fut mis en service à Nouméa. Cet appareil alimenté par une pile de 7,5 V a fonctionné sans interruption sous surveillance de la M.O.P. Les bandes d'enregistrement obtenues ont été régulièrement adressées à l'Université d'Honolulu.

### 6. Courants

Les mesures de courants ont été effectuées à l'immersion de 5 mètres à l'aide de courantographes Mécaboller à enregistrement photographique mouillés aux points prévus par les Instructions Techniques. Les défauts de ces appareils, provenant d'une technologie souvent défectueuse, se sont manifestés en nombre moins élevé sur les appareils les plus récents et les horloges à quartz ont fonctionné d'une façon satisfaisante. Les avaries les plus fréquentes ont été le blocage des compteurs d'images et des compas, la superposition des images due au mauvais déroulement des films, les mauvais contacts et la rupture des émerillons de suspension, cette dernière avarie ayant entraîné la perte d'un appareil. La mise en service des visionneuses de type nouveau et d'excellente qualité marque un progrès notable : de nombreuses mesures présentées sous forme d'enregistrements de qualité médiocre ont pu être exploitées.

Les mouillages des courantographes étaient du type classique, à bouées de surface, le lest étant constitué par deux cents kilogs de vieille chaîne. Le câble principal était un fil d'acier de 12 mm de diamètre, la solidité des câbles de plus faible diamètre s'étant montrée insuffisante. L'usure des fils d'acier par frottement sur le corail conduisit à les remplacer près du fond par de la chaîne, plus résistante. Les mouillages ainsi réalisés sont fiables et peu coûteux mais l'on peut penser que leur principe même est défectueux, l'appareil de mesure suspendu à sa bouée de surface étant soumis aux effets du clapot et de la houle.

L'utilisation de dispositifs de mouillage avec bouées "subsurface" eût certainement donné de meilleurs résultats mais le matériel nécessaire, assez coûteux ne put être approvisionné. En outre la mise en place et le relevage de tels mouillages par fonds coralliens à proximité de passes où l'espace de manœuvre est extrêmement réduit présentent certaines difficultés.

### 7. Natures de fonds

Les échantillons de natures de fonds furent prélevés à l'aide d'une benne preneuse et étudiés à l'Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (ORSTOM) de Nouméa.

L'étude de ces échantillons a fait apparaître une répartition assez uniforme de la nature des fonds du lagon néo-calédonien :

Au voisinage de la côte de la Grande Terre, et particulièrement dans les grandes baies où se jettent des rivières, une couche de vase de plusieurs décimètres recouvre les éléments coralliens. Ces fonds fournissent les meilleurs mouillages. Plus au large, on trouve les sables coralliens puis le corail brisé et enfin les éléments coralliens plus importants. La tenue de ces fonds est incertaine et il convient de s'en méfier particulièrement au cours des mouillages de nuit.

## 8. Magnétisme

Les mesures de déclinaison furent effectuées à l'aide de théodolites Wild TØ. Les dispersions de plusieurs minutes qui apparaissent dans les résultats obtenus en certaines stations, particulièrement dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie laissent planer quelques doutes sur l'exactitude des mesures effectuées. Il eût été souhaitable de disposer d'un appareil plus précis que les théodolites pour effectuer dans de bonnes conditions quelques mesures de longue durée et vérifier la valeur de l'étalonnage des théodolites.

## DEUXIEME PARTIE

## TRAVAUX EFFECTUES

Du mois de mai 1974 au mois de mai 1976, la Mission Hydrographique de Nouvelle-Calédonie puis la Mission Océanographique du Pacifique ont effectué les travaux suivants :

## 1. Dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie

1. Travaux de géodésie entre l'île Ouen et l'îlot Koko.
2. Levé dans les baies de Boulari et de Mouéa.
3. Levé dans le canal de la Havannah.
4. Levé d'une partie du lagon au Sud de l'île Ouen.
5. Topographie dans la région de Nouméa, entre la passe de Boulari et la passe de Uitoé.

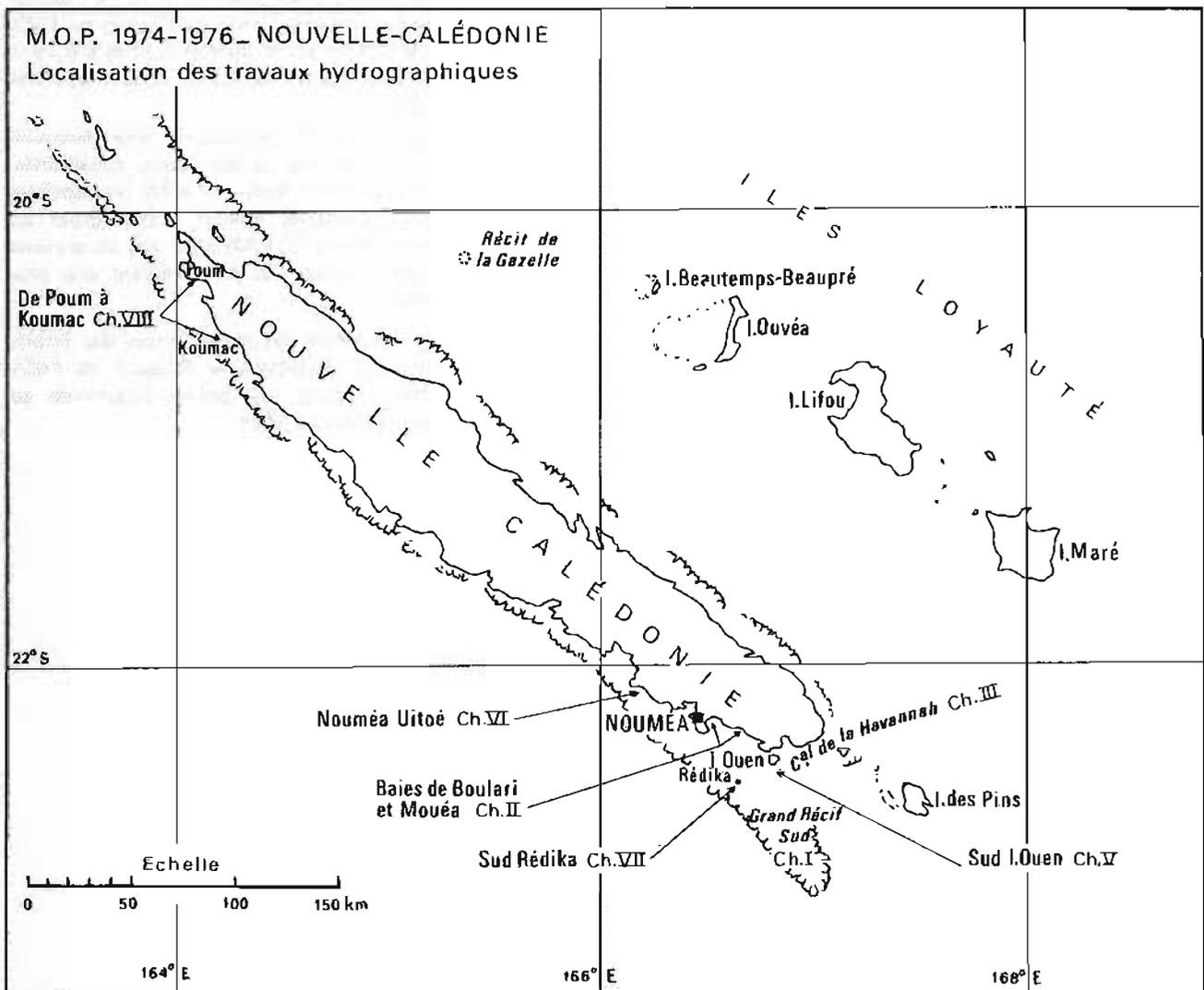
6. Levé d'une partie du lagon à l'Ouest de l'îlot Redika.

## 2. Dans le Nord de la Nouvelle-Calédonie

1. Levé partiel du lagon entre Poum et Paagoumène.
- Nota.* — La planche 1 représente la localisation des travaux effectués en Nouvelle-Calédonie.

## 3. Hors de la Nouvelle-Calédonie

1. Iles Wallis — Ile d'Uvée  
Levé expéditif partiel du port de Mara-Utu.
2. Polynésie Française — Iles de la Société — Tahiti  
Travaux de préparation aux sondages.



PL. 1.

## CHAPITRE I

SUD NOUVELLE-CALEDONIE  
ENTRE L'ILE OUEN ET L'ILOT KOKO

Le but des travaux de géodésie entrepris dans cette zone et auxquels participèrent la *Boussole* et le patrouilleur *La Dunkerquoise*, était de compléter aux 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> ordres les réseaux de 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> ordres établis par la MHNC en 1973, avant que certains repères mis alors en place sur les îlots de faible altitude ne soient détruits. Ces travaux furent exécutés en juin et août 1974 à une époque où les conditions météorologiques étaient peu favorables aux travaux de sondages, fréquemment interrompus par des coups de vent de secteur Ouest. Les périodes d'accalmie étaient favorables aux travaux de géodésie car la température était basse et la visibilité excellente en dehors des périodes de grains. La navigation des bâtiments dans une zone mal cartographiée fut rendue très difficile par les conditions d'éclairage défavorables et les bâtiments furent parfois contraints de mouiller assez loin des points de débarquement. L'utilisation des embarcations pneumatiques sur de longues distances pour transporter le personnel et le matériel augmenta la durée des travaux.

**Méthodes et résultats**

— Les positions des points furent déterminées par quatre tours d'horizon au théodolite T 3, complétés le cas échéant par des mesures au telluromètre.

— Sur chaque îlot choisi comme sommet du réseau

de triangulation furent implantés deux repères dont l'un se trouve nettement à l'intérieur de l'îlot et devrait être ainsi protégé même en cas de cyclone.

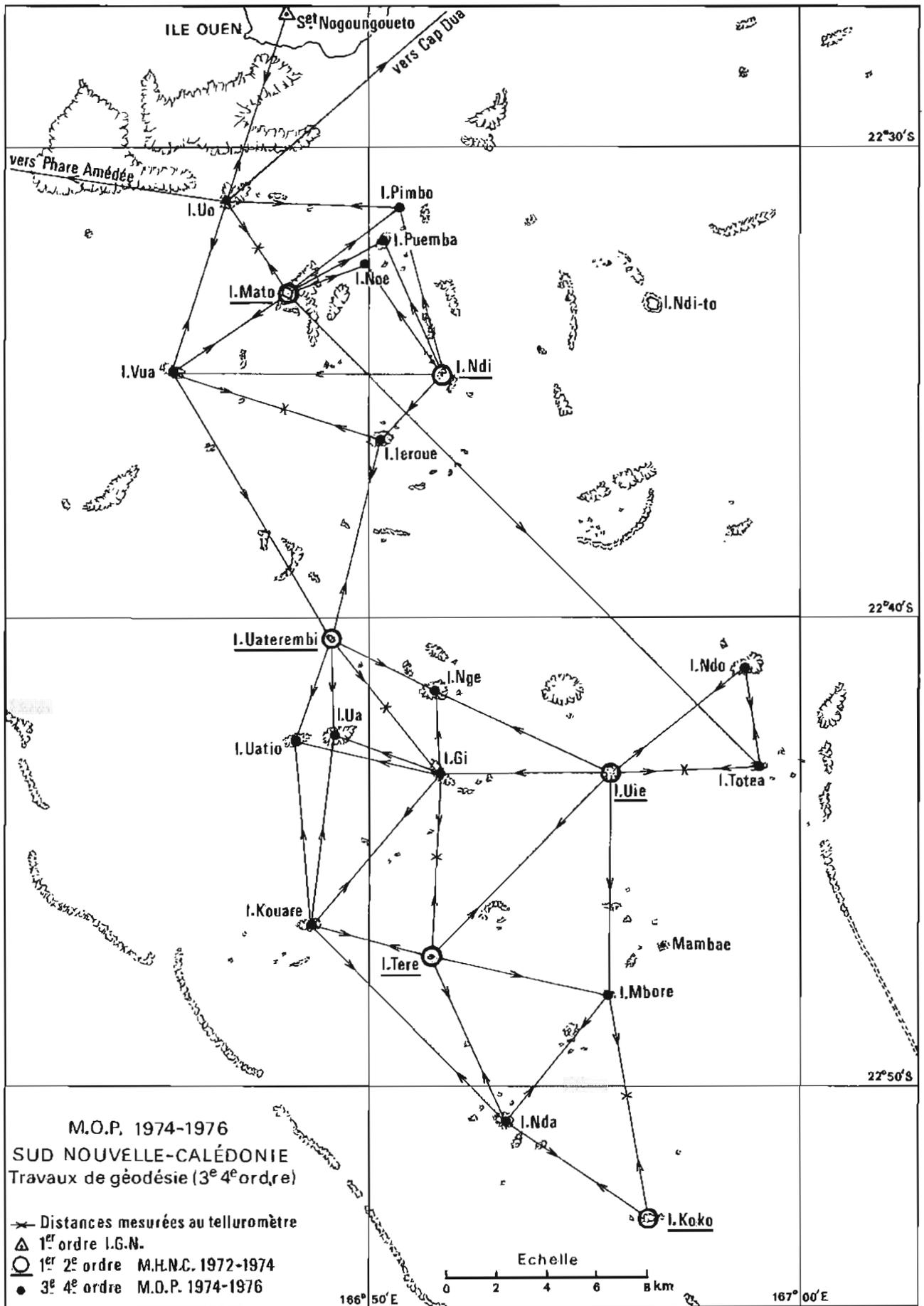
Ces repères sont : soit des bores en ciment, soit des taches de ciment sur le corail mort, soit des bornes en bois constituées de cabrions enfoncés profondément dans le sol.

— Les sommets du réseau furent imposés par la géographie du lagon. Les travaux furent conduits de façon à déterminer la position de tous les îlots d'une certaine importance. (V. Pl. 2).

— Les points furent graphiqués au 1/10<sup>e</sup> à l'exception des points de Pimbo et Totea graphiqués au 1/20. La précision d'ensemble est d'environ 0,10 m à 0,20 m pour les points de 3<sup>e</sup> ordre, de 0,20 à 0,40 m pour les points de 4<sup>e</sup> ordre.

— Des stations TORAN pourraient être éventuellement mises en place auprès des points déterminés. Tous les îlots concernés sont en effet susceptibles de recevoir après quelques travaux préparatoires les émetteurs et les antennes TORAN ainsi que les groupes et batteries d'alimentation, en leur assurant une protection acceptable.

L'annexe I.1 rassemble les coordonnées des points d'appui utilisés (voir également le Rapport de l'ICA Milard déjà cité) et celles des points déterminés au cours des travaux réalisés en 1974.



PL. 2.

**LISTE DES COORDONNEES DES POINTS UTILISES ET DETERMINES AU COURS DES TRAVAUX DANS LA ZONE COMPRISE ENTRE L'ILE OUEN ET L'ILLOT KOKO**

Coordonnées UTM – Ellipsoïde international – Fuseau 58

Points rattachés au réseau IGN 1972

Désignation	Repères	X	Y	Ordre	Classification amer	Observations
<i>A – Points d'appui de 1973 utilisés en 1974</i>						
Ilot Koko	Borne en ciment	697 963,40	7 468 099,17	2	0	MHNC 1973
Ilot Tère	"	689 432,71	7 478 394,73	2	0	"
Ilot Ute	"	696 495,72	7 485 440,92	2	0	"
Ilot Uaterembi	"	685 900,23	7 490 483,46	2	0	"
Ilot N'di	"	689 933,75	7 501 484,34	2	0	"
Ilot Mato	"	683 941,33	7 504 837,98	2	0	"
"	Tube en fonte et signal	683 942,23	7 504 837,67			"
Phare Postérieur O. Ndoua	Axe	697 807,26	7 522 306,39	2	4	IGN 37 – 25 Amer remarquable
Phare Amédée	Axe	650 685,84	7 513 253,83	3	4	MHNC 1973 Amer remarquable
Ile Ouen (Sommet Nougoun Goueto)	Borne en ciment	684 242,10	7 515 689,77	1	0	IGN 37 – 7
<i>B – Points déterminés en 1974</i>						
Ilot M'Bore	Borne en ciment et pyramide	696 378,36	7 476 628,51	3	0	MHNC 1974
	Borne en bois	696 380,68	7 476 642,72		0	"
Ilot N'da	Borne en ciment	692 425,13	7 471 991,86	3	0	"
	Borne en bois	692 413,16	7 471 988,39		0	"
Ilot Kouare	Borne en ciment	684 720,92	7 479 764,67	3	0	MHNC 1974
	Borne en bois	684 702,74	7 479 760,40	"	0	"
Ilot Nge	Borne en ciment	689 711,60	7 488 723,70	3	0	"
	Douille scellée	689 683,91	7 488 737,39	"	0	Tache de ciment sur corail marquée NGE 2 – MHNC 1974
Ilot Gi	Borne en ciment	689 717,54	7 485 807,60	3	0	MHNC 1974
	Douille scellée	689 682,81	7 485 724,26		0	Tache de ciment sur corail marquée GI 2 – MHNC 1974
Ilot Uatio	Borne en ciment	684 296,42	7 487 049,98	3	0	MHNC 1974
	Borne en bois	684 286,16	7 487 053,16		0	
Ilot Ua	Borne en ciment	685 876,60	7 487 432,58	3	0	MHNC 1974
	Douille scellée	685 811,32	7 487 194,62		0	Tache de ciment sur corail marquée UA 2 MHNC 1974
Ilot Uo	Borne en ciment	681 587,23	7 508 420,90	3	0	MHNC 1974 – Altitude 20 m environ – Au sommet de l'îlot
Ilot Vua	Borne en ciment et pyramide	679 485,71	7 501 834,38	3	0	MHNC 1974
	Borne en bois	679 465,73	7 501 857,82		0	"
Ilot Ierque	Borne en ciment et pyramide	687 393,00	7 498 699,37	3	0	
	Borne en bois	687 353,61	7 498 758,87		0	
Ilot Pimbo	Borne en ciment	688 478,83	7 508 009,10	4	0	
	Piquet en fer	688 468,75	7 508 009,87		0	
Ilot Noe	Borne en ciment	686 991,37	7 505 875,90	4	0	
	Piquet en fer	686 985,55	7 505 878,34		0	
Ilot Puemba	Borne en ciment	687 799,94	7 506 646,41	3	0	
	Piquet en fer	687 805,20	7 506 851,20		0	
Hot Totea	Borne en ciment	702 307,13	7 485 679,46	4	0	
	Borne en bois	702 323,44	7 485 677,29		0	
Ilot N'do	Borne en ciment	701 684,19	7 489 692,79	3	0	
	Borne en bois	701 690,46	7 489 697,47		0	

Nota : 1) La description détaillée de chacun des points a fait l'objet d'une fiche géodésique.

2) La classification amer "O" signifie qu'aucun des points déterminés en 1974 ne constitue un amer durable ; les pyramides mises en place sont de durabilité incertaine : deux à trois ans environ sauf en cas de cyclone.

3) Les bornes en ciment portent l'inscription "MHNC 1974". L'emplacement exact du point calculé y est marqué par une douille scellée sauf mention particulière, l'altitude des bornes est de 2 m environ.

4) La borne Mambae établie en 1973 en X = 698 665,35, Y = 7 478 722,48 a été retrouvée déplacée de plusieurs mètres. Elle est inutilisable.

## CHAPITRE II

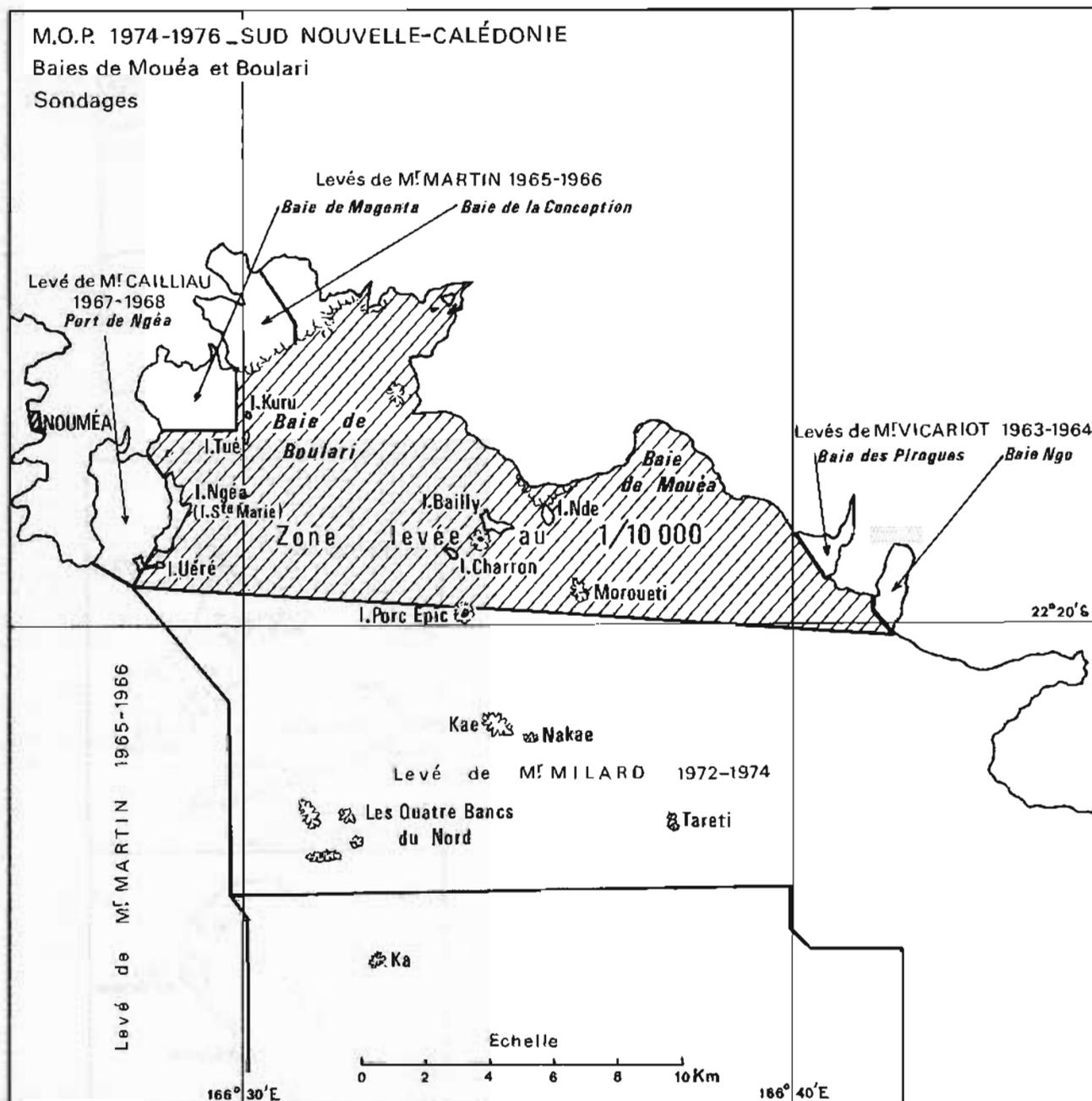
### SUD NOUVELLE-CALÉDONIE ZONE BAIE DE BOULARI – BAIE DE MOUEA

Les sondages dans cette zone ont été exécutés dans le cadre des travaux destinés à l'établissement de la carte B du plan de cartographie de Nouvelle-Calédonie (V. Annexe D).

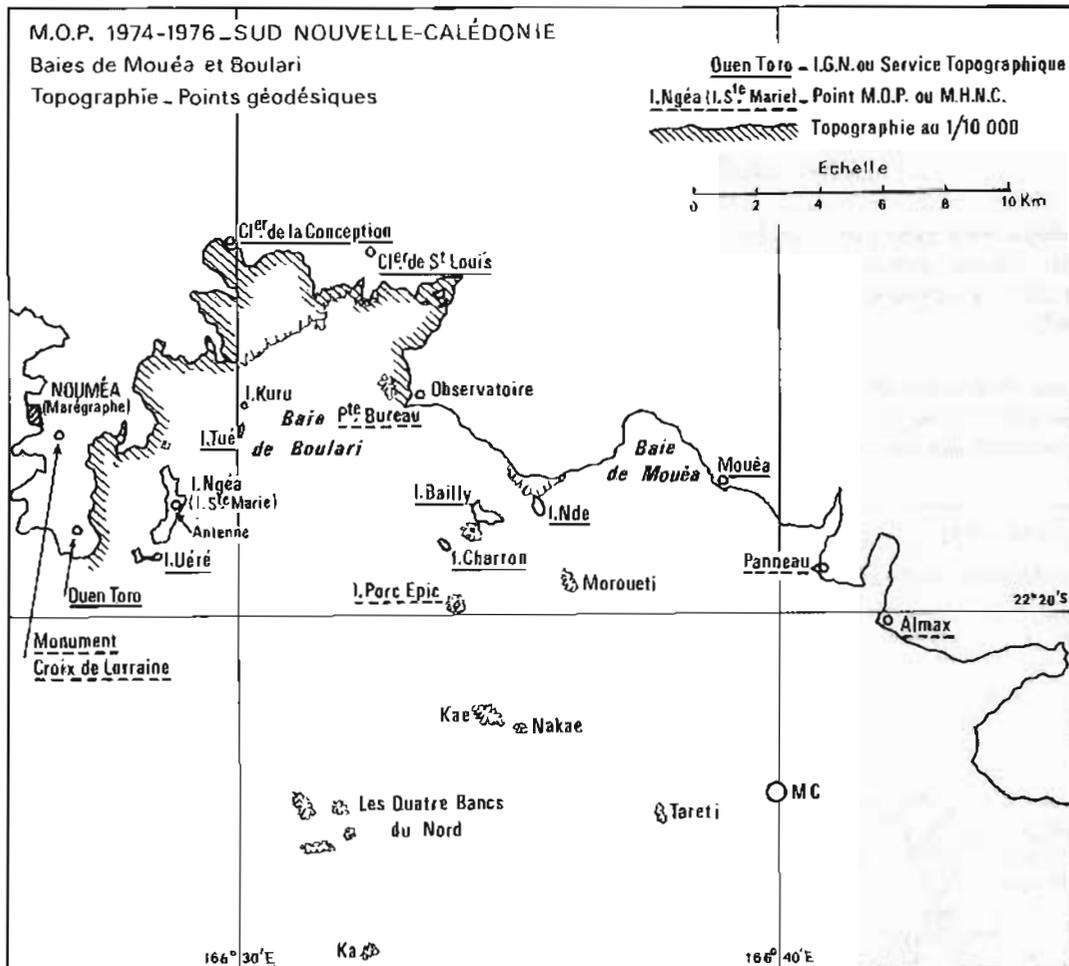
Les travaux débutèrent en juin 1974. L'état matériel précaire des vedettes ne permit pas à celles-ci de participer efficacement aux travaux.

La *Boussole* exécuta la plus grande partie de sondages qui furent complétés près de terre par le *Corail* et la pinasse. Les baies de la Mission et de la Conception, très abritées, furent sondées en youyou.

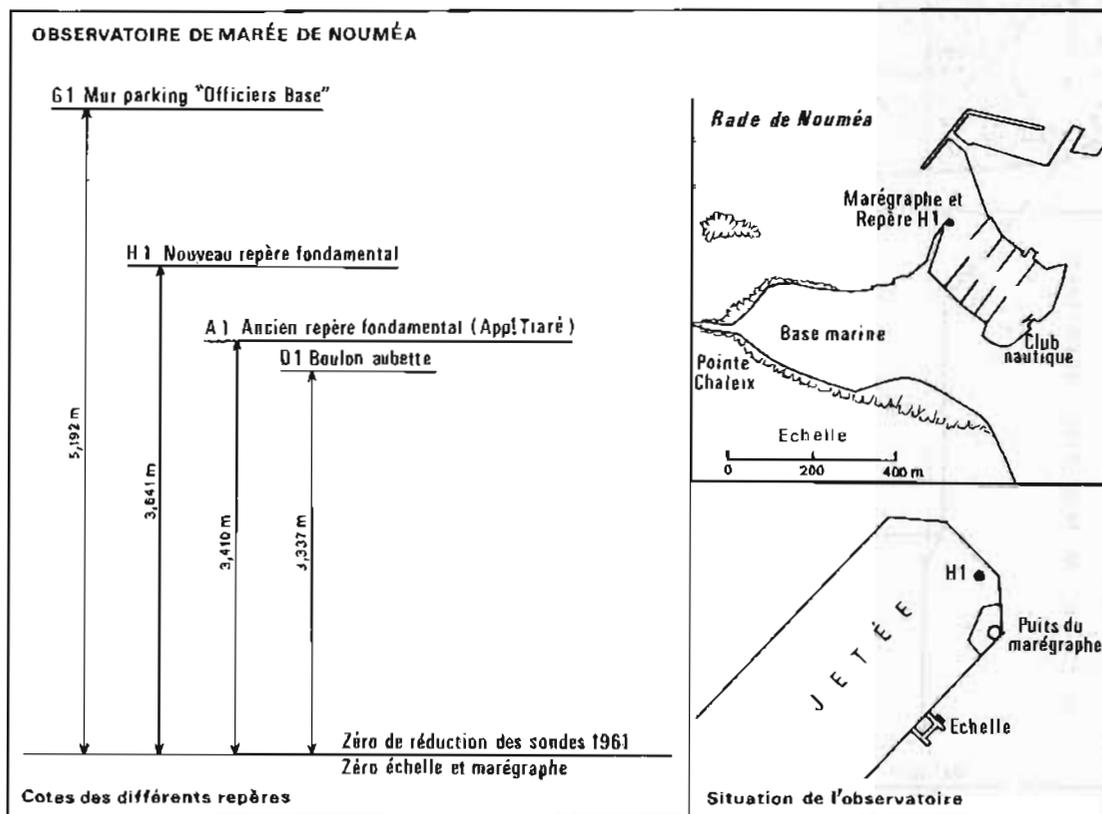
Les conditions météorologiques restèrent médiocres pendant l'été austral 1974 ; un assez fort vent d'Ouest et des grains fréquents réduisant la visibilité perturbèrent sérieusement le déroulement des travaux.



PL. 3.



PL. 4.



PL. 5.

## 1. Géodésie

Les travaux de géodésie se limitèrent à la détermination des coordonnées de stations de guidage et de points identifiables sur les photographies aériennes en vue de la topographie.

Ces points furent facilement rattachés au réseau de l'IGN, complété par un réseau récent de 4<sup>e</sup> ordre du Service Topographique de Nouvelle-Calédonie.

Les coordonnées des points utilisés sont rassemblées dans l'Annexe II.1.

## 2. Bathymétrie (v. Pl. 3)

L'ensemble des deux baies de Boulari et Mouéa fut sondé au 1:10 000 sur profils radioguidés. Les fonds trouvés sont conformes à ceux de la carte en service (N° 1894). Les hauts-fonds ont été retrouvés à des cotes et positions voisines de celles portées sur la carte, aux exceptions suivantes :

### 2.1. Baie de Boulari

— Un haut-fond de 2,8 m est situé dans le 272° et à 10 200 m du Phare de Porc-Epic (à proximité du 4,8 porté sur la carte 1894).

— Un haut-fond de 3,7 m est situé dans le 305° et à 7 300 m du Phare de Porc-Epic (à proximité du 5 porté sur la carte 1894).

— Une sonde de 1,5 m a été trouvée sur la basse Calédonienne, à la position où la carte indique 2,6.

— Le haut-fond de 16 m (E.D) porté sur la carte dans le 303° et à 5 200 m du Phare de Porc-Epic n'existe pas.

— Une sonde de 2,1 m (au lieu de 0,5) a été trouvée après recherches par plongeurs sur la basse Prévoyante dans le 253° et à 3 200 m du Phare de Porc-Epic.

### 2.2. Baie de Mouéa

— Une sonde de 0,8 m (au lieu de 2) a été trouvée sur la Basse Oliver, dans le 101° et à 4 800 m du Phare de Porc-Epic.

— Une sonde de 4,6 m (au lieu de 5,6) a été trouvée sur la Basse Vandégou, dans le 184° et à 2 000 m du Phare de Porc-Epic.

## 3. Topographie (v. Pl. 4)

La topographie de la Baie de Boulari (y compris de l'île Sainte-Marie) a été effectuée au 1:10 000 par restitution à la chambre claire des photographies aériennes au 1:20 000.

La délimitation du trait de côte des baies de la Mission et de la Conception, de l'anse du Charbon, dut être effectuée à l'aide de stations au cercle, le fond de ces baies étant encombré de palétuviers.

Les coordonnées des points utilisés pour le calage des photographies aériennes sont rassemblées dans l'Annexe II.1.

## 4. Marées

Les sondes ont été réduites de la marée observée à Nouméa, ce choix étant justifié par les résultats des observations effectuées simultanément à Nouméa et à l'îlot Porc-Epic en 1973 (v. Rapport ICA Milard-MHNC 1972-1974 — Abords SE de Nouméa) (\*).

Le niveau de réduction des sondes est situé à 3,641 m au-dessous du repère H1 scellé à l'extrémité de la jetée de la pointe Chaleix.

La situation des repères et la valeur de leurs cotes sont représentés sur la planche 5.

## 5. Mesure de courant

Une mesure de courant a été effectuée en vive-eau dans le 120° et à 6,4 N du Phare de l'îlot Porc-Epic (Dossier 729 EPSHOM).

## 6. Documents établis

Bathymétrie : Cinq minutes au 1:10 000  
75.17 (5-6-7) Baie de Boulari  
75.17 (8-9) Baie de Mouéa  
Topographie : Deux minutes au 1:10 000  
75.17 (12-13) Baie de Boulari

(\* ) *Annales Hydrographiques*, (1978) n° 749, p. 87.

## ANNEXE II.1

**LISTE DES COORDONNEES DES POINTS UTILISES AU COURS DES TRAVAUX  
DANS LA ZONE BAIE DE BOULARI – BAIE DE MOUEA**

Coordonnées UTM – Ellipsoïde international – Fuseau 58  
Points rattachés au réseau IGN 1972

Désignation	Repères	X	Y	Ordre	Classi- fication amer	Observations
Ouen Toro	Repère en bronze	649 504,99	7 532 335,32	1	0	IGN 33-78
Tour ORSTOM	Croix gravée	649 478,27	7 532 109,04	5	2	MHNC 1973 – La tour est un amer bien visible
Ouen Toro						
Clocher St-Louis	Axe	658 898,20	7 540 900,70	5	1	IGN – Amer peu visible
Clocher de la Conception	Axe	654 236,8	7 541 131,7	5	1	IGN – Amer peu visible
St-Louis	Piquet cimenté	658 862,68	7 539 305,03	6		MHNC 1974
Mission	Borne en ciment	656 279,44	7 541 647,89	3	0	IGN 34-3
Wharf Est St-Louis	Piquet en fer	658 802,33	7 539 187,85	6	0	MHNC 1974
Pointe Bureau	Borne en ciment	659 980,92	7 536 036,97	5	0	MHNC 1973
Pointe Bureau (observatoire)	Axe dôme	660 195,31	7 536 566,98	5	1	MHNC 1974 – Amer peu visible
Ilot Nde	Signal	664 139,38	7 532 521,94		0	MHNC 1974
"	Borne en ciment	664 041,21	7 532 856,50	3	0	IGN 36-4
Croix de Lorraine	Axe monument	648 738,40	7 535 175,25	4	3	MHNC 1974 – Amer important pour la navigation côtière
Noumea						
Ile Ste-Marie	Axe antenne ORTF	652 845,20	7 533 027,70	5	2	MHNC 1974 – Amer bien visible
Mouea						
Maison blanche	Borne en ciment	669 790,51	7 533 396,69	3	0	IGN 36-6
Mouea						
Station Mouea	Axe façade SW	669 791	7 533 350	6	0	MHNC 1974
Ilot Porc-Epic	Piquet en bois	669 796,91	7 533 394,85	5	0	MHNC 1974
1. Phare	Axe	661 333,97	7 529 852,29	4	2	MHNC 1972 – Amer bien visible
2. Station	Douille scellée	661 334,45	7 529 851,21	"	0	MHNC 1972
3. Plate-forme	Croix gravée	661 332,78	7 529 852,03	"	0	MOP 1975
4. Signal	Croisillon	661 405,1	7 529 953,4	5	0	MOP 1975
Almax						
1. Station I	Repère en bronze scellé	675 001,09	7 528 905,03	5	0	MHNC 1972
2. Station II	Piquet en fer	674 997,61	7 528 904,46	"	0	MHNC 1972
Panneau Baie des Pirogues	Axe	672 673,0	7 530 583,1	5	1	MOP 1975 – Amer peu visible
Mont-Dore	Signal	663 733,3	7 531 533,6		0	MOP 1975
Ilot Bailly	Borne en ciment	662 026,77	7 532 811,77	4	0	Service Topographique
Ilot Charron	Borne en ciment	661 143,86	7 531 533,62	4	0	Service Topographique
Ilot Tue	Borne en ciment	654 631,29	7 535 736,82	3	0	IGN 36-1
Ilot Uere	Borne en ciment	651 385,04	7 531 173,62	3	0	IGN 33-99

## CHAPITRE III

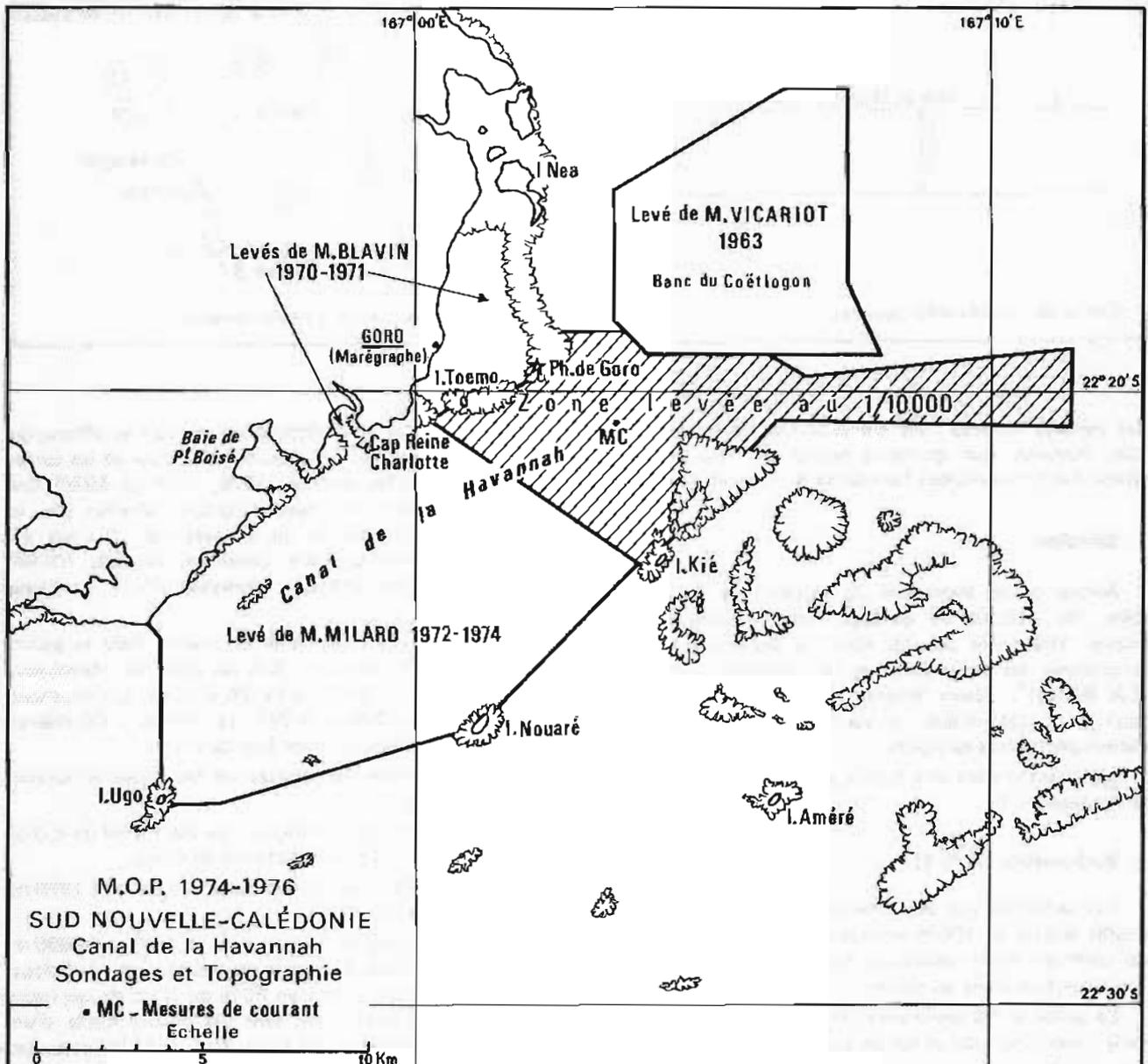
SUD NOUVELLE-CALÉDONIE  
CANAL DE LA HAVANNAH

Les travaux d'hydrographie entrepris dans le canal de la Havannah étaient prescrits par les Instructions Techniques 105 M/SH.2 du 3 février 1970. La zone de travail fut quelque peu agrandie vers l'Est pour effectuer la recherche des hauts-fonds de 18, 11, 16 et 9,1 m portés sur la carte 1915 à la latitude  $20^{\circ}20' S$  entre les longitudes  $165^{\circ}08' Est$  et  $165^{\circ}12' Est$ .

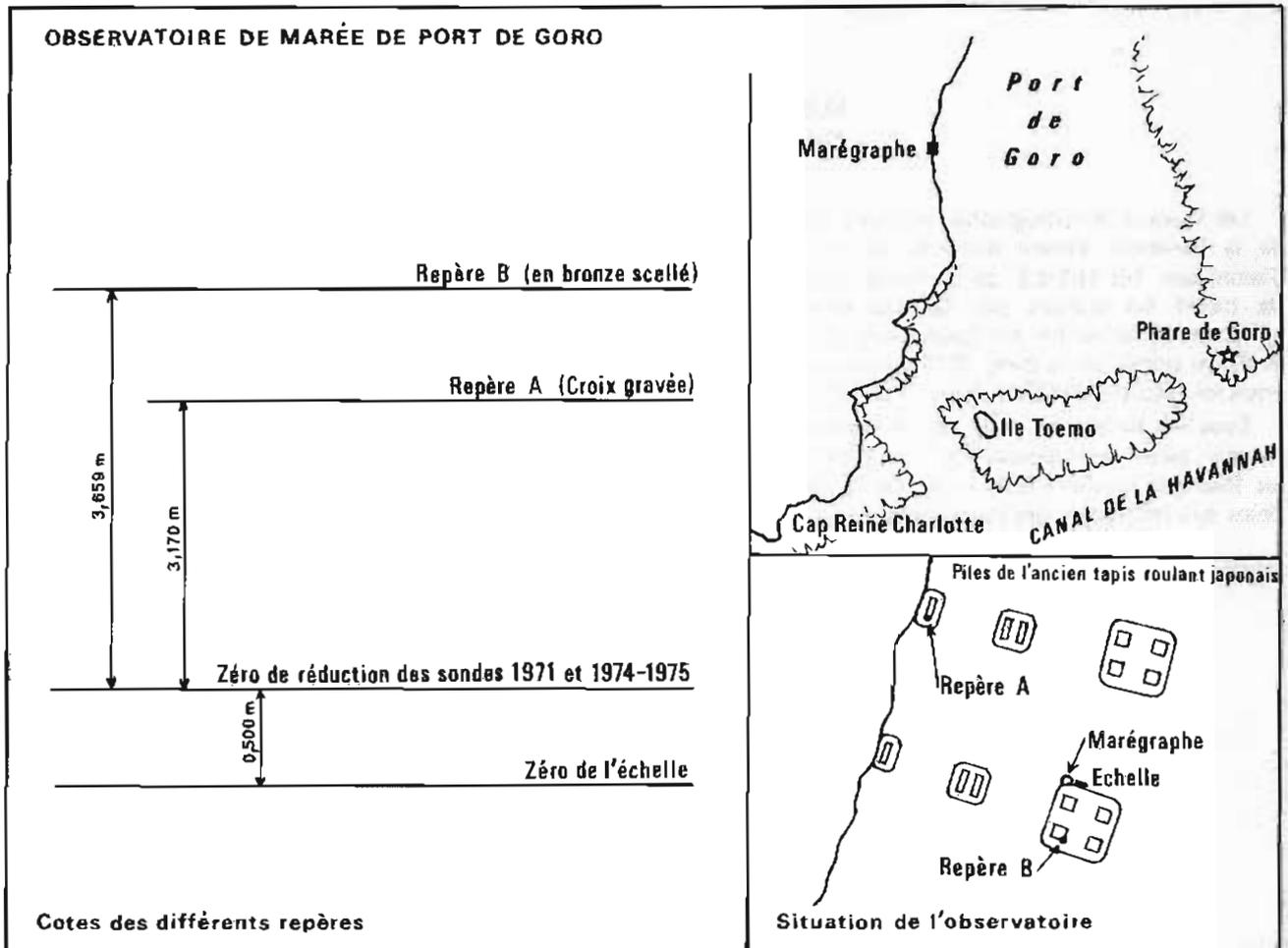
Tous les bâtiments de la M.O.P. participèrent aux travaux selon leurs possibilités ; la *Boussole* effectua les sondages réguliers dans le chenal, *L'Estafette* participa aux recherches des hauts-fonds du large, le *Corail*

et les vedettes se chargeant des sondages réguliers à proximité du récif et des recherches de roches.

Pendant leurs séjours dans la zone des travaux, les bâtiments utilisèrent fréquemment le mouillage de Goro, dont la tenue est bonne ; l'accès à ce mouillage est délicat en dehors des périodes d'étales de courant. Les travaux commencés en octobre 1974 se prolongèrent jusqu'en février 1975 et furent exécutés dans des conditions difficiles pour le *Corail* et les vedettes qui furent considérablement gênés par un alizé de SE assez fort, des courants traversiers et



PL. 6.



PL 7

des remous violents : les embarcations ne purent souvent travailler que quelques heures par jour en profitant des circonstances favorables de vent et de marée.

### 1. Géodésie

Aucun travail important de géodésie ne fut nécessaire, les stations de guidage étant implantées aux points déterminés par les missions précédentes pour le sondage des zones voisines (V. Rapport de mission ICA Blavin<sup>(\*)</sup>). Seuls furent nécessaires quelques travaux de rattachement, de vérification et de consolidation des repères existants.

Les coordonnées des points utilisés sont rassemblés en Annexe III.1.

### 2. Bathymétrie (v. Pl. 6)

Les sondages ont été effectués en radioguidage sur profils écartés de 100 m en moyenne, le positionnement du bâtiment étant assuré par trois théodolites et éventuellement un angle au cercle.

Le guide et les traversiers étaient placés à la Pointe de la Reine Charlotte et sur les îlots Kié et Néaé.

(\*) *Annales Hydrographiques*, (1975), n° 742, p. 69.

Cinquante et une recherches de roches effectuées d'après les données des minutes d'écriture et les cartes en service (cartes marines 1915, 1856 et 5936) ont permis d'établir une représentation détaillée de la topographie sous-marine de la Havannah. Il s'agit essentiellement de plateaux coralliens orientés NE-SW séparés par des chenaux profonds d'une trentaine de mètres.

Le chenal principal, large de 500 m dans sa partie la plus étroite située au Sud du banc de Vandégou, est à cet endroit profond de 25 à 40 m. L'alignement des feux du C. Ndoua à 247° fait passer à 60 mètres environ au Nord de la limite Sud du chenal.

Des hauts-fonds non portés sur les cartes en service ont été trouvés :

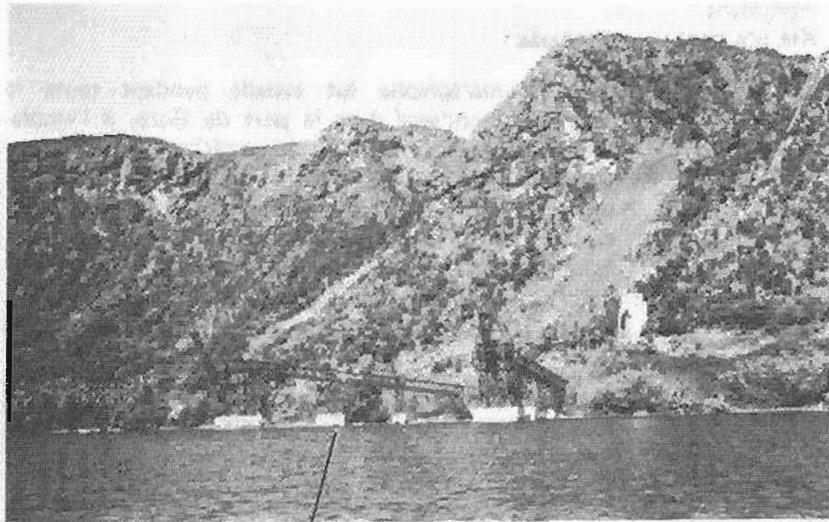
— Sur le banc de Vandégou : un haut-fond de 6,0 m dans le 141° et à 1220 m du phare de Goro.

— Un haut-fond de 11,6 m dans le 159° et à 1980 m du phare de Goro.

— Un haut-fond de 12,6 m dans le 150° et à 1930 m du phare de Goro. L'alignement des feux du C. Ndoua à 247° fait passer à environ 60 m au Nord de ces deux derniers hauts-fonds qui sont les points hauts d'un plateau représenté sur la carte marine 5836 avec des sondes minimales de 13 m et 16 m au Nord de l'alignement.

OBSERVATOIRE DE MARÉE DE GORO

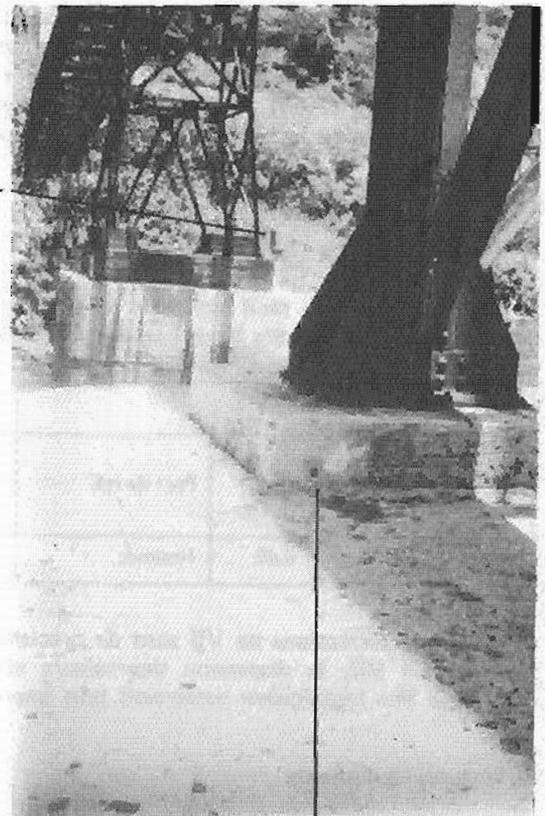
L = 22°19'S G = 167°01',25 E



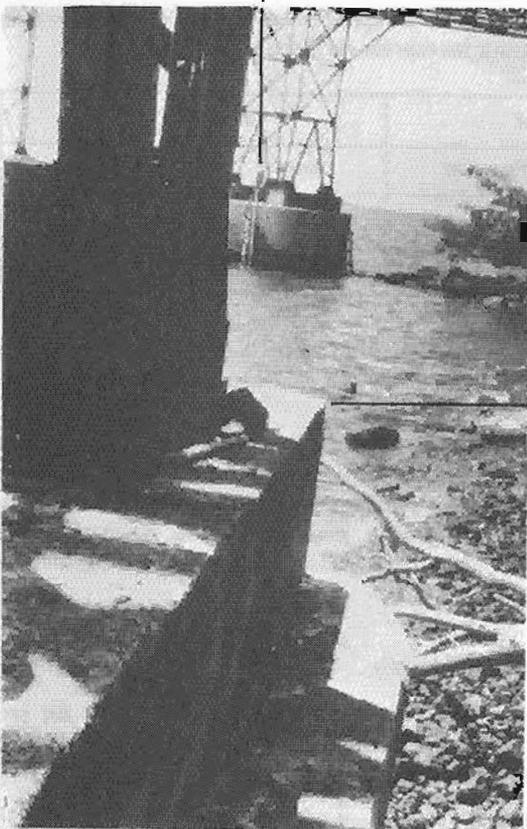
SITUATION

Port de GORO  
Tapis de roulement

Marégraphe  
et Echelle de marée



Repère B



Repère A

D'une façon générale tous les hauts-fonds portés sur les cartes ont été retrouvés, les sondes correspondantes étant décalées de 100 à 150 m vers l'ESE par rapport aux indications de la carte. Une exception cependant : le haut-fond 0,9 découvrant des bancs de Kié n'a pas été retrouvé malgré plusieurs recherches. La cote la plus faible obtenue dans la zone concernée est 1 mètre (toujours couvert). Ce haut-fond brise fréquemment et la zone qui l'entoure est dangereuse pour la navigation.

En ce qui concerne les hauts-fonds du large de 18, 11, 16 et 9,1 mètres portés en  $L = 22^{\circ}20'$  Sud, entre les méridiens  $167^{\circ}08'$  E et  $167^{\circ}10'$  E sur la carte 1915, la situation est la suivante :

Les deux hauts-fonds de 18 m et 11 m (1961) portés aux positions respectives :

$$\left\{ \begin{array}{l} L = 22^{\circ}19',9 \text{ Sud} \\ G = 167^{\circ}08',6 \text{ Est} \end{array} \right. \text{ et } \left\{ \begin{array}{l} L = 22^{\circ}20',1 \text{ Sud} \\ G = 167^{\circ}08',8 \text{ Est} \end{array} \right.$$

sont en fait deux hauts-fonds de 12 m et 20 m situés aux positions respectives :

$$\left\{ \begin{array}{l} L = 22^{\circ}20'06'',4 \text{ Sud} \\ G = 167^{\circ}09'03'',6 \text{ Est} \end{array} \right. \text{ et } \left\{ \begin{array}{l} L = 22^{\circ}19'57'',2 \text{ Sud} \\ G = 167^{\circ}08'36'',2 \text{ Est} \end{array} \right.$$

Ces deux hauts-fonds appartiennent vraisemblablement au récif submergé qui marque la limite du lagon de la côte Sud-Est. Les deux hauts-fonds 9,1 m (1962) et 16 m (1957) de la carte 1915 n'existent pas. Les fonds dans la zone concernée sont supérieurs à 250 m.

### 3. Topographie

La topographie du récif extérieur du port de Goro, de l'îlot Kié et des récifs Komekame et Puetege situés

sur la rive Sud du chenal de la Havannah a été établie par restitution à la chambre claire des photographies aériennes au 1:20 000.

### 4. Marée

— Un marégraphe fut installé pendant toute la durée des sondages dans le port de Goro, à l'emplacement choisi par les missions antérieures. (Voir Rapports de mission IH Vicariot(\*) et ICA Blavin (cf. supra)). Aucun autre emplacement n'était d'ailleurs susceptible de recevoir un observatoire permanent à proximité de la zone des sondages.

— Les observations ont permis de déterminer le niveau de réduction des sondes en concordance avec celui de Nouméa.

— Ce niveau est situé à 3,17 m au-dessous du repère constitué par une croix gravée au burin dans le coin SW de la pile NW du tapis de roulement du port de Goro.

Il coïncide avec le niveau de réduction utilisé en 1971 pour le levé du port de Goro ; il est situé à 1 cm au-dessus du niveau de réduction adopté en 1963. Les repères utilisés en 1963 et 1971 ont été retrouvés en 1974. Leur disposition et leurs cotes sont représentées sur la planche 7.

Les observations de marée effectuées à l'occasion de ce levé ont permis de confirmer les observations antérieures concernant les caractéristiques essentielles de la marée dans la zone Goro-Canal de la Havannah :

$$\text{— Rapport des marnages : } \frac{\text{Goro}}{\text{Nouméa}} : 0,67.$$

— Corrections à apporter aux marées de Nouméa pour obtenir les marées de Goro :

Nom du port	Nm	Port de ref.	Correction PM				Correction BM			
			Heures		Hauteurs		Heures		Hauteurs	
			VE	ME	VE	ME	VE	ME	VE	ME
Goro	0,65	Nouméa	-- 0030,	-- 0200	-- 0,5	-- 0,3	-- 0050	-- 0140	0,0	-- 0,2

*Nota.* — Les corrections de VE sont de précision satisfaisante. En ME, la dispersion des valeurs observées conduit à une imprécision nettement plus importante.

### 5. Mesures de courants

Deux mesures de courant de 50 heures furent effectuées en VE (du 16.10.74 au 19.10.74), en ME (du 6.1.75 au 9.1.75) à l'immersion de 5 mètres dans le canal de la Havannah. Le point de mouillage de l'appareil était : dans le  $125^{\circ}$  et à 1,7 N du phare de Goro. (Dossiers 712 et 713 EPSHOM).

Un dépouillement sommaire de ces mesures a permis de constater :

— le caractère alternatif du courant dans le canal de la Havannah ; la vitesse de ce courant atteint 4 nœuds en vive-eau, le flot portant au SSW et le jusant au NNE.

— le retard d'environ deux heures en vive-eau des renverses de courant sur les heures P.M. et B.M. de Goro.

Par alizé frais et courant de jusant, des remous très violents se forment à hauteur du phare de Goro particulièrement pendant les premières heures du montant. Ce phénomène peut rendre la navigation des voiliers et des petits bâtiments très difficile dans le canal de la Havannah.

### 6. Documents établis

Trois minutes de bathymétrie au 1:10 000 sur lesquelles a été représentée la topographie : 75.17 (2-3-4) Canal de la Havannah.

(\*) *Annales Hydrographiques*, 4<sup>e</sup> série Tome 15 (1969), p. 145.

## ANNEXE III.1

**LISTE DES COORDONNEES DES POINTS UTILISES AU COURS DES TRAVAUX  
DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH**

Coordonnées UTM – Ellipsoïde internationale – Fuseau 58  
Points rattachés au réseau IGN 1972

Désignation	Repères	X	Y	Ordre	Classi- fication amer	Observations
Cap Reine Charlotte	Borne en ciment	705 749,25	7 528 012,87	4	0	Borne MHNC 1970 reconstruite et marquée MOP 1974
Phare de Goro	Axe	709 519,38	7 529 165,04	5	3	MHNC 1970 – Amer important pour la navigation côtière
Ilot Neae	Borne en ciment	709 373,04	7 533 250,88	5	0	MHNC 1970
Ilot Kie Sud	Pyramide	711 989,58	7 523 621,01	5	0	MHNC 1970
"	Borne en ciment	711 989,62	7 523 620,97	"	0	MHNC 1974
Ilot Kie Nord	Borne en bois	712 316,60	7 523 849,23	5	0	MHNC 1970
Ilot Toëmo	Douille scallée	707 105,70	7 528 380,98	5	0	Douille scallée au centre d'un fût de 200 l enterré et cimenté
Récif Puetege	Epave cargo	717 359	7 524 670		2	MOP 1974 – Amer bien visible
<i>Balisage fixe du Port de Goro (1)</i>						
Alignement entrée Passe de Goro						
Marque postérieure	Pyramide	706 733,0	7 530 607,0		1	MOP 1974 – Amer peu visible
Marque antérieure	Pyramide	706 800,6	7 530 572,8		1	" "
Ilot Tdemo	Pyramide	707 238,3	7 528 810,9			
Port de Goro						
Marque Nord	Tripode rouge	706 567,95	7 529 267,15		1	" "
Marque Sud	Tripode rouge	706 430,3	7 528 961,7		1	" "

(1) Le balisage du port de Goro a été déclaré hors service en 1975 et sera progressivement détruit.

## CHAPITRE IV

## ILES WALLIS

### ILE D'UVEA — PORT DE MATA UTU

La présence de *L'Estafette* à Wallis en mars 1975 en mission de ravitaillement fut mise à profit pour effectuer des sondages de contrôle au voisinage du quai de Mata Utu. *L'Estafette* ayant endommagé son propulseur d'étrave au cours d'une manœuvre d'évitement à proximité du duc d'Albe SW dans une zone où la carte 6001 ne signalait aucune sonde dangereuse pour le bâtiment, le levé fut étendu vers le SW. L'échelle de ce levé fut fixée au 1:1 000.

#### 1. Géodésie

Comme il s'agissait d'un levé de courte durée (4-6 mars 1975), la géodésie fut limitée à la détermination de points essentiels dont les coordonnées furent calculées en un système local ayant pour origine la borne en ciment située à l'extrémité NE du quai. Les coordonnées ( $X = 1000 - Y = 1000$ ) furent attribuées à cette borne. (Sur la carte 6001, cette extrémité NE du quai est en position  $L = 13^{\circ}17'04''S - G = 176^{\circ}07'56''W$ ).

— l'orientation du levé fut déterminée sommairement à l'aide du théodolite TØ N° 9 SH en adoptant pour valeur de la déclinaison  $12^{\circ}00' E$ . Dans cette hypothèse, l'axe Eglise de Mata Utu — Borne NE du quai est orienté au  $119^{\circ}33'$  vrai.

— les coordonnées des points utilisés sont rassemblées dans l'annexe IV.1.

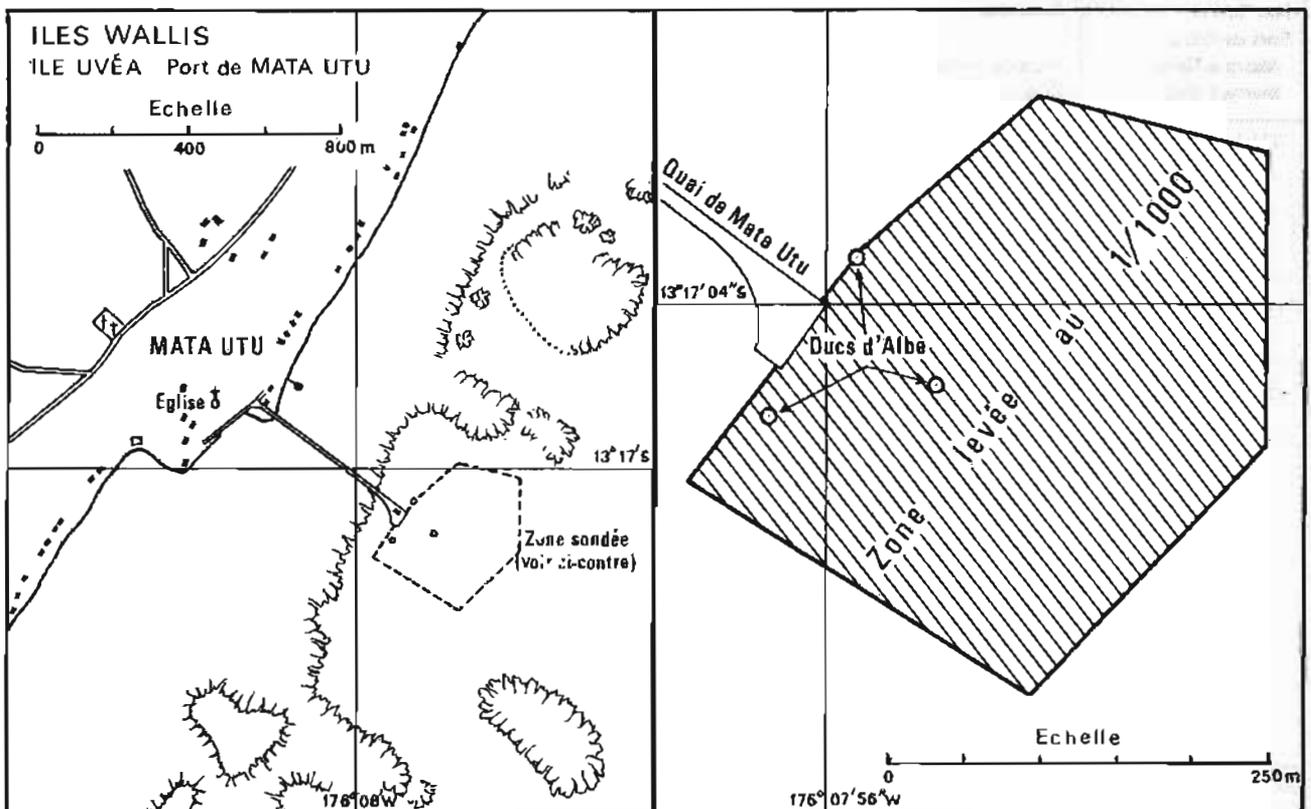
#### 2. Bathymétrie (v. Pl. 8)

Le levé fut effectué sur profils radioguidés espacés de 10 à 15 m (rédaction au 1/1 000).

Les résultats des sondages ont permis de constater que :

— les ducs d'Albe SW et Est sont débordés par des plateaux coralliens larges d'une vingtaine de mètres où les fonds restent inférieurs à 5 mètres.

— les profondeurs le long du quai de Mata Utu varient de 6,4 m à l'extrémité Sud à 7,0 m à l'extrémité Nord.



PL B.

— la carte 6001 établie au 1:20 000 ne permet pas à un bâtiment du type *L'Estafette* ou plus important de manœuvrer en sécurité dans le port de Mata Utu.

### 3. Marée

Les sondes furent réduites de la marée observée pendant la durée du levé à une échelle fixée sur le quai de Mata Utu. Le zéro de réduction fut adopté en attribuant au niveau de la mi-marée observée la

cote du niveau moyen donnée par l'Annuaire de Marées des Ports d'Outre-Mer, soit  $Nm = 0,98$  m.

Compte tenu des variations possibles du niveau moyen, les sondes ainsi réduites sont exactes à 1 ou 2 dm près.

### 4. Document établi

Minute de bathymétrie au 1:1 000.

75.17.1: Iles Wallis — Ile d'Uvea — Port de Mata Utu.

## ANNEXE IV.1

### COORDONNEES DES POINTS UTILISES AU COURS DES TRAVAUX A MATA UTU (ILE UVEA — ILES WALLIS)

Système géodésique local

Désignation	Repères	X	Y	Ordre	Classification amer	Observations
Point "Alfa" (Origine)	Axe borne en ciment	1 000,00	1 000,00		0	MOP 1974 — Borne portant les câbles d'alimentation électrique. A l'extrémité NE du quai
Point "Bravo"	Piquet en fer	622,98	1 000,00		0	MOP 1974
Point "Charlie"	Croix gravée dans le sol	462,85	936,97		0	MOP 1974 — A 0,50 m du coin NE de l'église
Point "Delta"	Piquet en fer	495,32	1 726,37		0	MOP 1974
Station TØ	Croix peinte	459,24	927,54		0	MOP 1974 — A 2,00 m et dans l'axe de la façade de l'église au pied de la marche inférieure
Point "Alfa bis"	Axe bitte	1 004,50	958,59		0	MOP 1974 — Bitte située à l'extrémité SW du quai

Nota. — 1) Précision des points 0,3 m environ — Aucun des points n'est un amer.

2) Orientation du levé théodolite TØ N° 9 SH à correction instrumentale —  $1^{\circ}07'$

Station TØ — Point Alfa :  $Z_m = 107^{\circ}33',3$

Déclinaison adoptée  $+ 12^{\circ}00'$  E (éléments carte 6001 : déclinaison  $11^{\circ}50'$  E en 1970, variation annuelle  $+ 2'$ )

Station TØ — Point Alfa :  $Z_b = 119^{\circ}33'$  (à quelques minutes près)

3) Longueur du quai : 44,40 m.

## CHAPITRE V

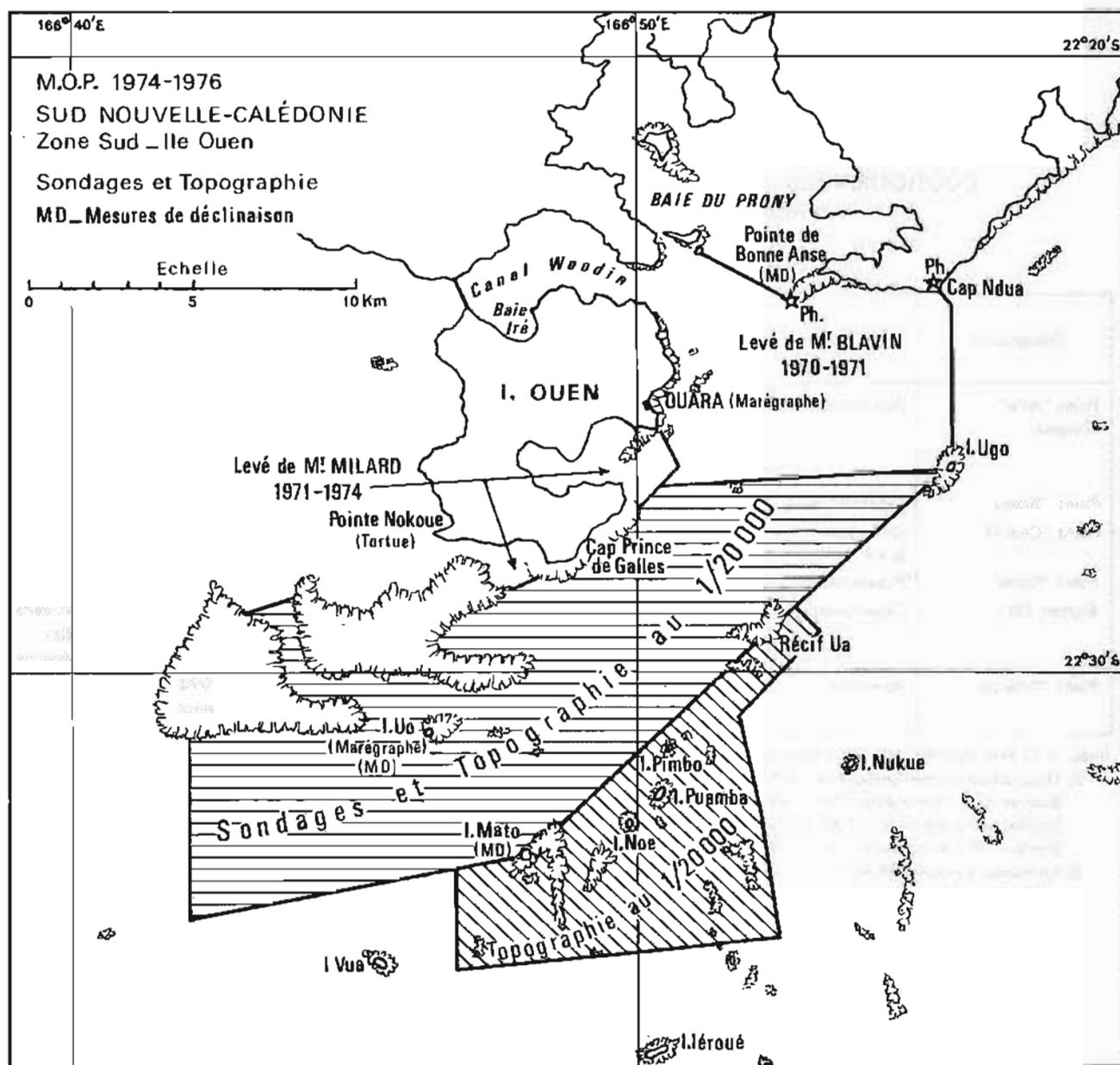
SUD NOUVELLE-CALÉDONIE  
ZONE SUD ILE OUEN

Les sondages dans cette zone étaient prescrits par les Instructions Techniques 105 M/SH.2 du 3 février 1970 ; toutefois les limites de la zone furent légèrement modifiées à l'Ouest de l'îlot Mato pour se rattacher plus rationnellement aux limites des zones déjà sondées. Pendant leur séjour dans la zone des travaux, les bâtiments ont mouillé le plus souvent au mouillage de la pointe Tortue (ou pointe Mokoue) au SW de l'île Ouen. Ce mouillage, bien abrité des vents de SE, est de très bonne tenue.

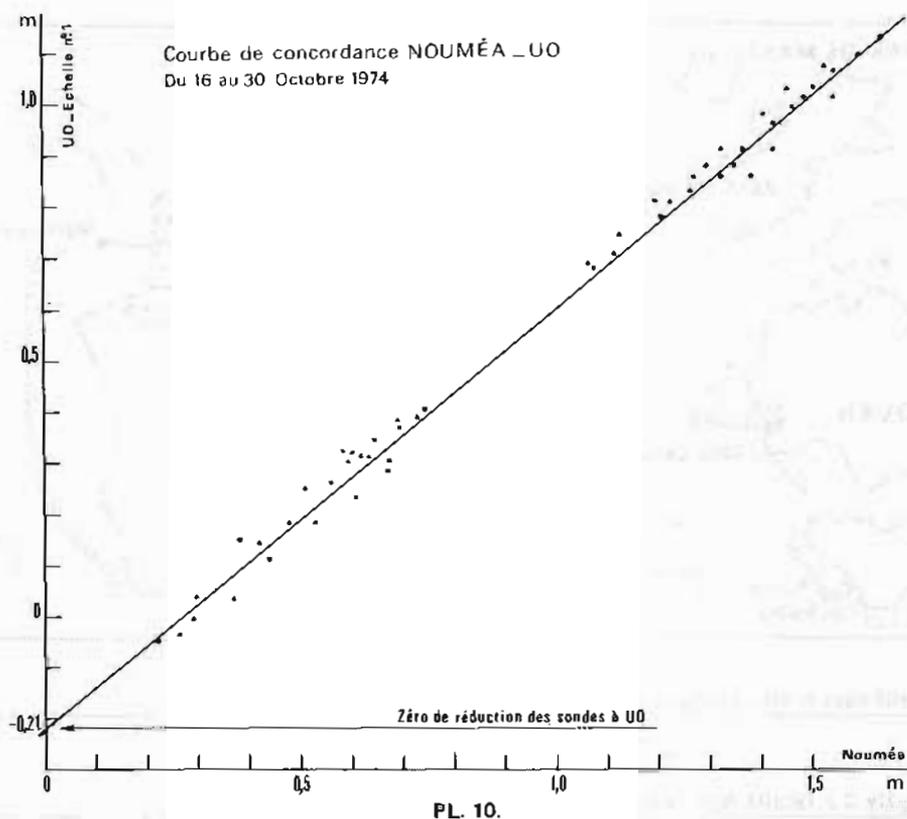
## 1. Géodésie

Aucun travail important de géodésie ne fut nécessaire pour le positionnement des bâtiments, les coordonnées des stations utilisées ayant été déterminées par les missions antérieures (v. Rapport ICA Blavin<sup>(\*)</sup>) ou au cours des travaux particuliers de géodésie qui font l'objet du Chapitre I du présent rapport. Les

(\*) *Annales Hydrographiques*, (1975), n° 742, p. 69.



PL. 9.



coordonnées des points utilisés sont rassemblées dans l'Annexe V.1.

## 2. Bathymétrie (v. Pl. 9)

Les sondages furent effectués au 1:20 000 en radioguidage, par le *Corail* et les vedettes de *L'Estafette*. La topographie sous-marine de la zone sondée est très accidentée en particulier à l'Ouest de l'îlot Pimbo (ou Pumbo) où les fonds ne dépassent pas 25 mètres. A l'Est de Pimbo, les fonds atteignent 70 mètres, et les hauts-fonds sont plus rares. Le relief est du type corallien classique, très accentué, avec des remontées brutales.

La zone sondée, non abritée de l'alizé, est très agitée pendant la majeure partie de l'année. Les vedettes ne purent généralement travailler que le matin.

Les recherches de hauts-fonds furent effectuées d'après les minutes d'écriture et les documents existants : cartes marines françaises n° 1894 et n° 1856, carte américaine N.O. 82 694. Cette dernière est de très bonne qualité : les hauts-fonds qu'elle signale ont tous été retrouvés, aux cotes indiquées et en des positions très voisines des données de la carte (Voir Nota).

*Nota.* — Cette carte au 1:80 000 couvre les accès à Nouméa par l'Ouest et par l'Est. Elle porte en surcharge les limites des zones draguées par les Américains en 1942 et indique les plafonds de dragage obtenus sur les routes d'accès à Nouméa, dans le canal de la Havannah et la zone Sud Ile Ouen dont il est question dans le présent rapport.

En outre, deux hauts-fonds dangereux pour la navigation ont été trouvés aux points suivants :

— Haut-fond de 6,6 m dans le 114° et à 3400 m de la pointe Tiule (Est Ile Ouen — Carte marine n° 1856).

— Haut-fond de 3,0 m dans le 216° et à 7660 du Phare de Bonne Anse (Carte marine n° 1856).

L'existence de ces hauts-fonds a été signalée par Avis local aux Navigateurs.

## 3. Topographie

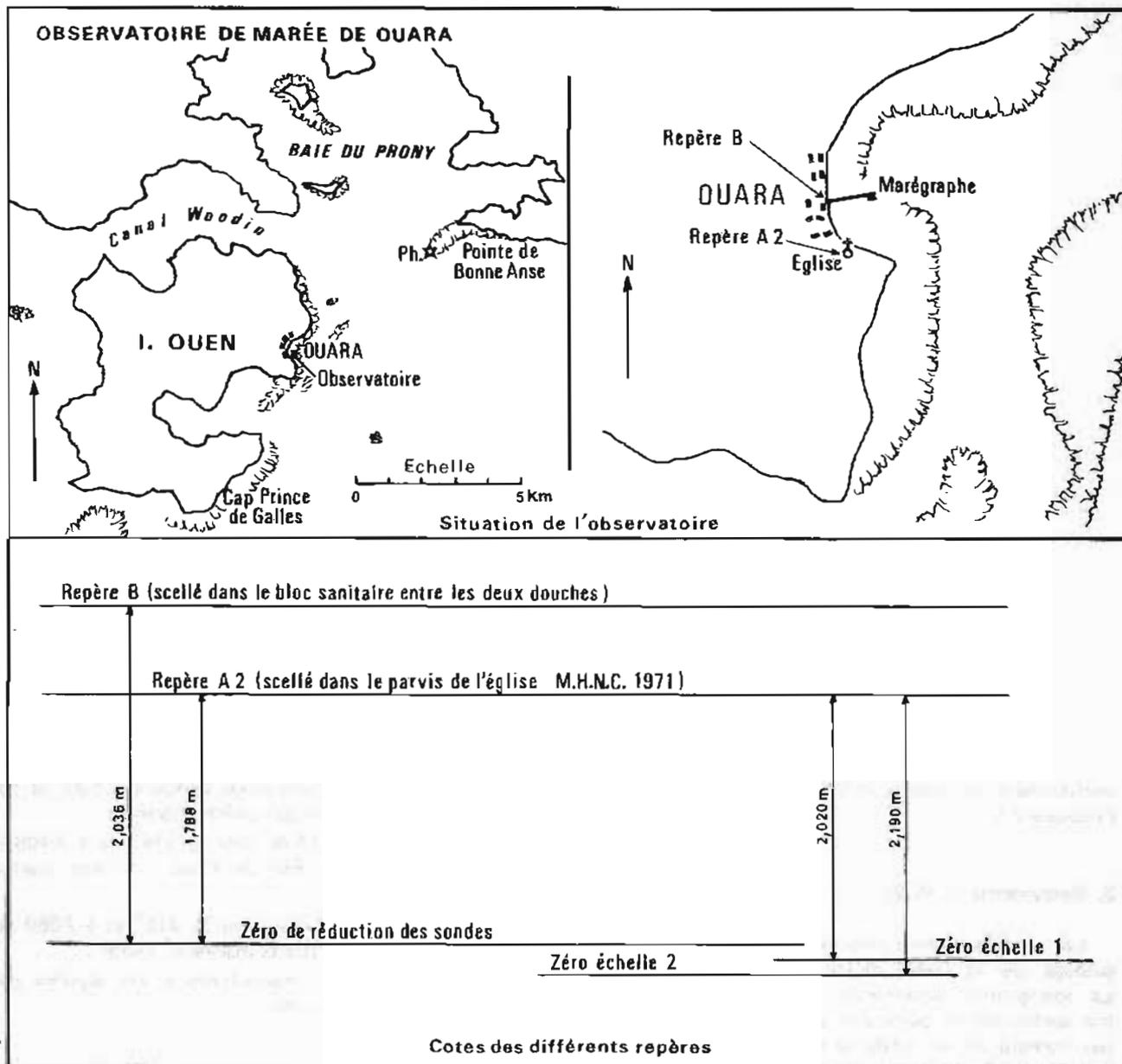
La topographie des îlots et récifs situés dans la zone sondée et en bordure de celle-ci a été établie par restitution à la chambre claire des photos aériennes au 1:20 000 de l'Aéronautique Navale.

## 4. Marée

La marée a été observée à l'observatoire de Ouara (côte Est Ile Ouen) pendant toute la durée des sondages et à l'îlot Uo pendant vingt jours. En ce dernier point, les observations ont été effectuées à une échelle de marée. Deux zones de marées ont été choisies pour la réduction des sondes :

— Au Sud de la ligne Cap Prince de Galles — Récif Ua, les sondes ont été réduites de la marée à l'îlot Uo.

— Au Nord de cette ligne, les sondes ont été réduites de la marée observée à Ouara.



PL. 11.

Le niveau de réduction des sondes a été déterminé à Uo par concordance avec Nouméa ; il se trouve à 1,93 m au-dessous du repère R2 de l'îlot Uo (v. Pl. 10).

Deux repères ont été mis en place sur l'îlot Uo :

Le repère R1 est une douille de 20 mm scellée dans le corail du platier Nord de l'îlot, à environ 15 m dans l'Ouest de la pointe Nord-Est ; le scellement porte l'inscription R1-MOP ; le repère R2 est une douille de 20 mm scellée dans une borne en ciment implantée sur la côte Nord de l'îlot à environ 10 m dans l'Ouest d'une habitation sommaire genre "faré". La borne porte l'inscription : R2-MOP.

Le niveau de réduction à Ouara, déterminé au cours des missions précédentes (v. Rapport ICA Blavin(\*)

(\*) *Annales Hydrographiques*, (1975), n° 742, p. 89.

et situé à 1,79 m au-dessous du repère A2 de Ouara, a été adopté. D'après les résultats d'une concordance avec Nouméa, effectuée à titre de vérification au cours des présents travaux, le zéro adopté serait trop haut de 3 cm.

Le repère A2 est une croix gravée dans un repère en bronze scellé dans le coin Nord-Ouest de la façade de l'église d'Ouara. Ce repère porte l'inscription "MHNC 1970".

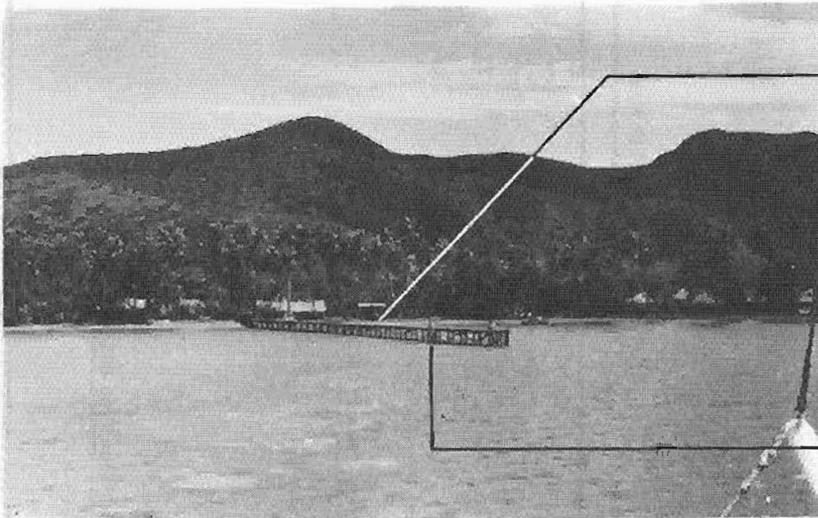
La disposition d'ensemble des différents repères de Ouara et de l'îlot Uo est représentée sur les planches 11 et 12.

Les observations effectuées ont permis de déterminer quelques éléments caractéristiques de la marée à Ouara et Uo.

$$- \text{Rapport des marnages } \frac{\text{Ouara}}{\text{Nouméa}} = 0,77.$$

OBSERVATOIRE DE MARÉE DE OUARA

L = 22° 25' 6" S    G = 166° 50' E



Repère B

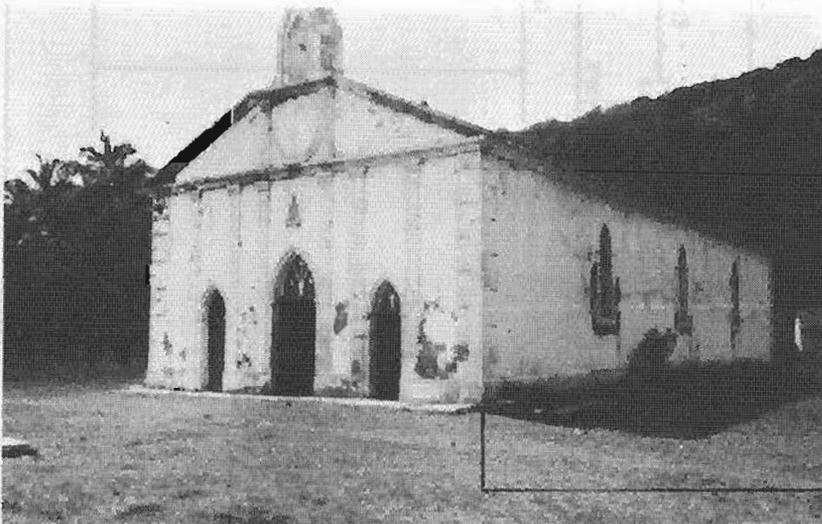
SITUATION

Wharf de OUARA

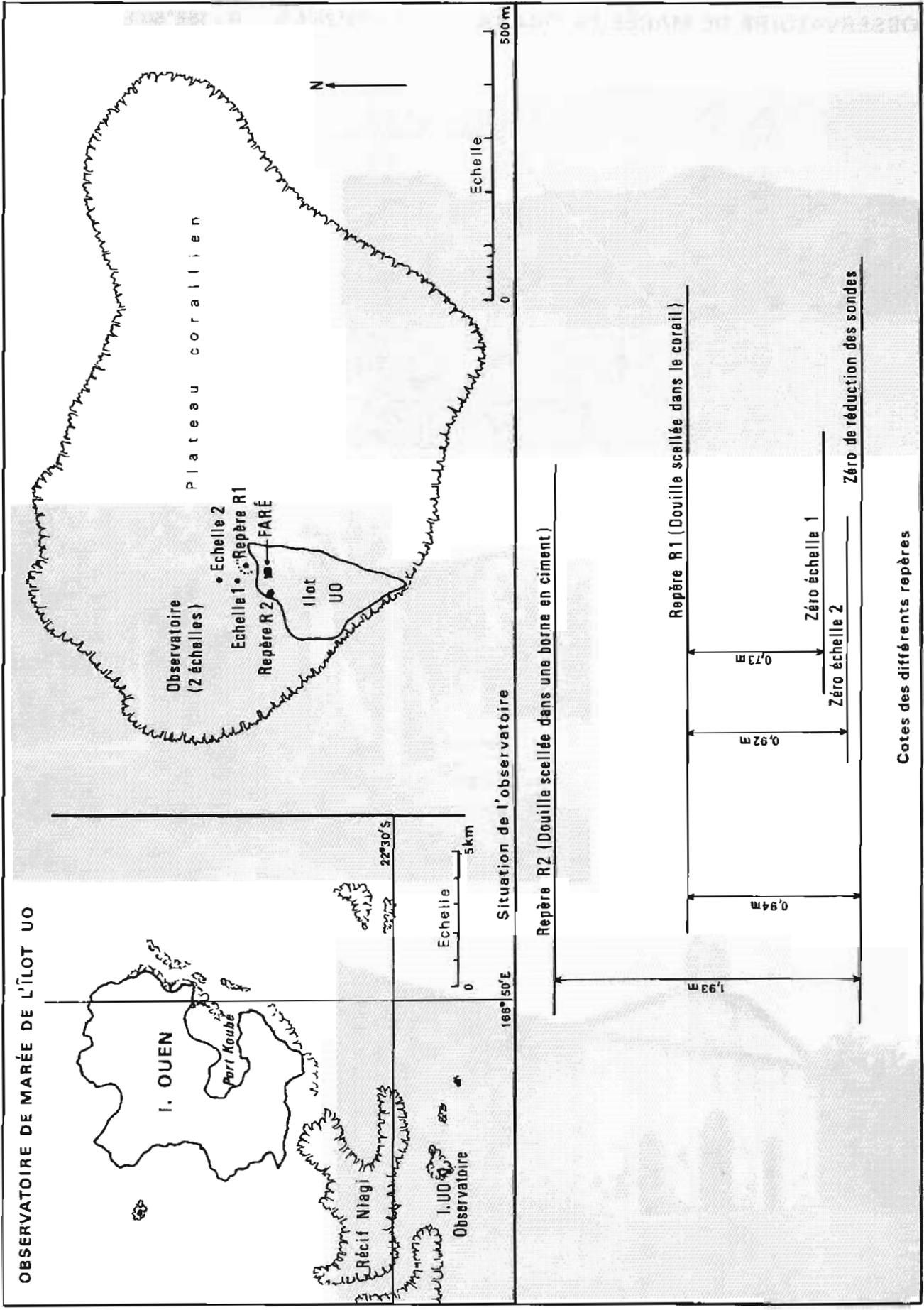
Marégraphe et Echelle de marée



Repère B



Eglise de OUARA  
Repère A 2



OBSERVATOIRE DE MARÉE DE UO

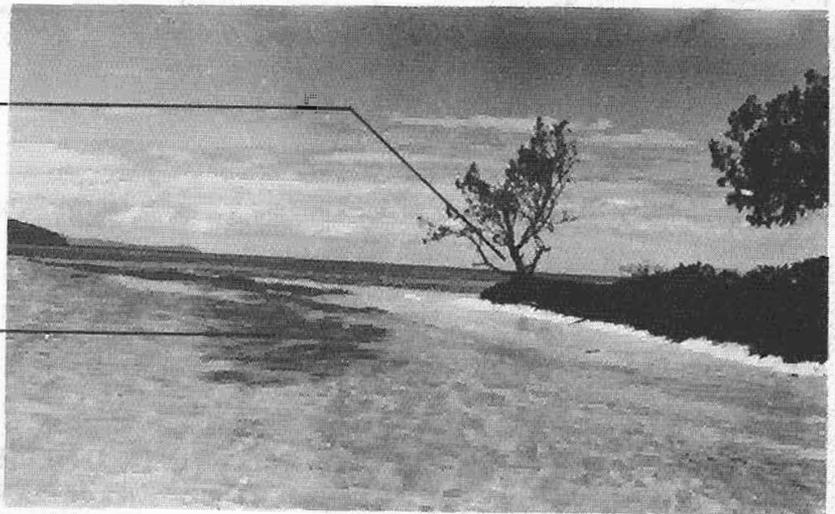
L = 22°31,2 S G = 166°46'E



Situation des échelles de marée (Côte Nord)

Pointe Nord-Est  
Arbre remarquable

Repère R1



Abri type Faré



Repère R2

– Corrections à apporter aux marées de Nouméa pour obtenir les éléments correspondants à Ouara :

Désignation du point	Niveau moyen	Port de référence	PM				BM			
			Corr. aux heures		Corr. aux hauteurs		Corr. aux heures		Corr. aux hauteurs	
			VE	ME	VE	ME	VE	ME	VE	ME
Ouara	0,72	Nouméa	-0020	-0100	-0,4	-0,2	-0025	-0055	-0,1	-0,2

– Rapport des marnages  $\frac{U_o}{\text{Nouméa}} = 0,81$ .

## 5. Magnétisme

Les mesures de déclinaison ont été effectuées à l'aide du théodolite TØ N° 9 SH aux stations suivantes : îlot Uo, Pointe de la Bonne Anse, îlot Mato. Les résultats des observations sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Position	Coordonnée MTU		Date	Valeur de D brute	Observations
	X	Y			
I. Uo	681 542,50	7 508 472,10	Du 17 au 19 octobre 1974	12°41',0 E	Nota (1)
Pte Bonne Anse	694 468,01	7 522 486,76	11 novembre 1974	12°47',7 E	
I. Mato	683 942,27	7 504 866,38	6 novembre 1974	12°46',6 E	

Nota (1). – Moyenne des observations horaires sur 48 heures.  
Correction instrumentale adoptée : - 1°07' (TØ 9 SH)

## 6. Documents établis

Deux minutes de bathymétrie au 1:20 000 sur lesquelles est représentée la topographie : 75-17 (10-11) : Sud Ile Ouen.

## ANNEXE V.1

### LISTE DES COORDONNEES DES POINTS UTILISES POUR LES TRAVAUX DANS LA ZONE SUD ILE OUEN

Coordonnées UTM – Ellipsoïde international – Fuseau 58  
Points rattachés au réseau IGN 1972

Désignation	Repères	X	Y	Ordre	Classi- fication amer	Observations
Bonne anse	Douille en laiton	694 454,82	7 522 498,31	4	0	MHNC 1971
Phare Postérieure	Axe	697 807,26	7 522 295,40	2	4	IGN 37-25
C.N. Doua						Amer remarquable
Cap Prince de Galles	Borne en ciment	686 667,13	7 514 079,72	4		
Îlot Mato	Borne en ciment	683 941,33	7 504 837,98	2	0	MHNC 1973
Îlot Uo	Borne en ciment	681 587,23	7 508 420,90	3	0	MHNC 1974
Îlot Pimbo	Borne en ciment	688 478,83	7 508 009,10	4	0	MHNC 1974
Pointe Tortue (ou Nokoue)	Borne en ciment	682 492,85	7 514 869,35	4	0	MHNC 1970 recalculée en 1972 A la pointe SW de l'île Ouen
Ile Ouen (Sommet Nogoungoueto)	Mire Figaret	684 243,02	7 515 691,99	1	0	IGN 37-7
Station Fer	Borne en ciment	689 293,40	7 517 795,50	5	0	MHNC 1970 vérifiée en 1974

## CHAPITRE VI

**SUD NOUVELLE-CALEDONIE  
REGION NOUMEA  
DE LA PASSE DE BOULARI A LA PASSE DE UITOE**

L'établissement des cartes B et C du plan de cartographie de Nouvelle-Calédonie nécessitait l'exécution de la topographie du grand récif, des îlots du lagon et du trait de côte entre la passe de Boulari et la passe de Uitoé. Ces travaux furent réalisés au cours du dernier trimestre 1975, avec le concours d'un chaland du type LCM prêté par la Marine en Nouvelle-Calédonie. Les sondages des zones concernées avaient été effectués par les missions antérieures.

**1. Géodésie**

La mise en place, par le Service Topographique de Nouvelle-Calédonie, au cours de l'année 1975 d'un réseau de 4<sup>e</sup> ordre, facilita les travaux de géodésie. Ceux-ci furent d'ailleurs limités en volume et en précision à la détermination des points nécessaires au piquage des photographies.

Les coordonnées des points utilisés sont rassemblées dans l'annexe VI.1.

**2. Topographie (v. Pl. 13)**

La topographie d'ensemble de la zone fut établie par restitution à la chambre claire des photographies au 1/20 000 prises par l'Aéronautique Navale sur notre demande en 1975. Des stations complémentaires effectuées aux points remarquables du trait de côte permirent de compléter le schéma de restitution. L'échelle choisie est le 1:30 000, correspondant à la précision requise pour l'établissement des cartes B et C au 1:60 000.

Le fond de la baie de la Dumbéa constitue une zone marécageuse sans intérêt pour la navigation.

Le trait de côte, mal déterminé en certains endroits encombrés de palétuviers, a fait l'objet d'une restitution sommaire à partir d'éléments fournis par la carte IGN au 1:50 000 complétés et mis à jour d'après les photographies aériennes récentes.

Les documents établis ont permis de constater que le grand récif situé entre les passes de Boulari et de Uitoé était représenté sur les cartes en service d'une façon sommaire et parfois erronée. Il en est de même pour les îlots du lagon. Le trait de côte est de meilleure qualité.

**3. Marée**

Toutes les côtes prises sur le grand récif, les îlots et le trait de côte ont été réduites de la marée observée à Nouméa, les observations effectuées au cours des sondages antérieurs ayant montré l'identité de la marée à Nouméa et de la marée observée au point central de la zone (pointe Mamaora).

Le niveau de réduction des sondes est situé à 3,641 m au-dessous du repère H1, scellé dans l'extrémité de la jetée de la Pointe Chaleix. La disposition des différents repères et la valeur de leurs côtes sont représentées sur la planche 5.

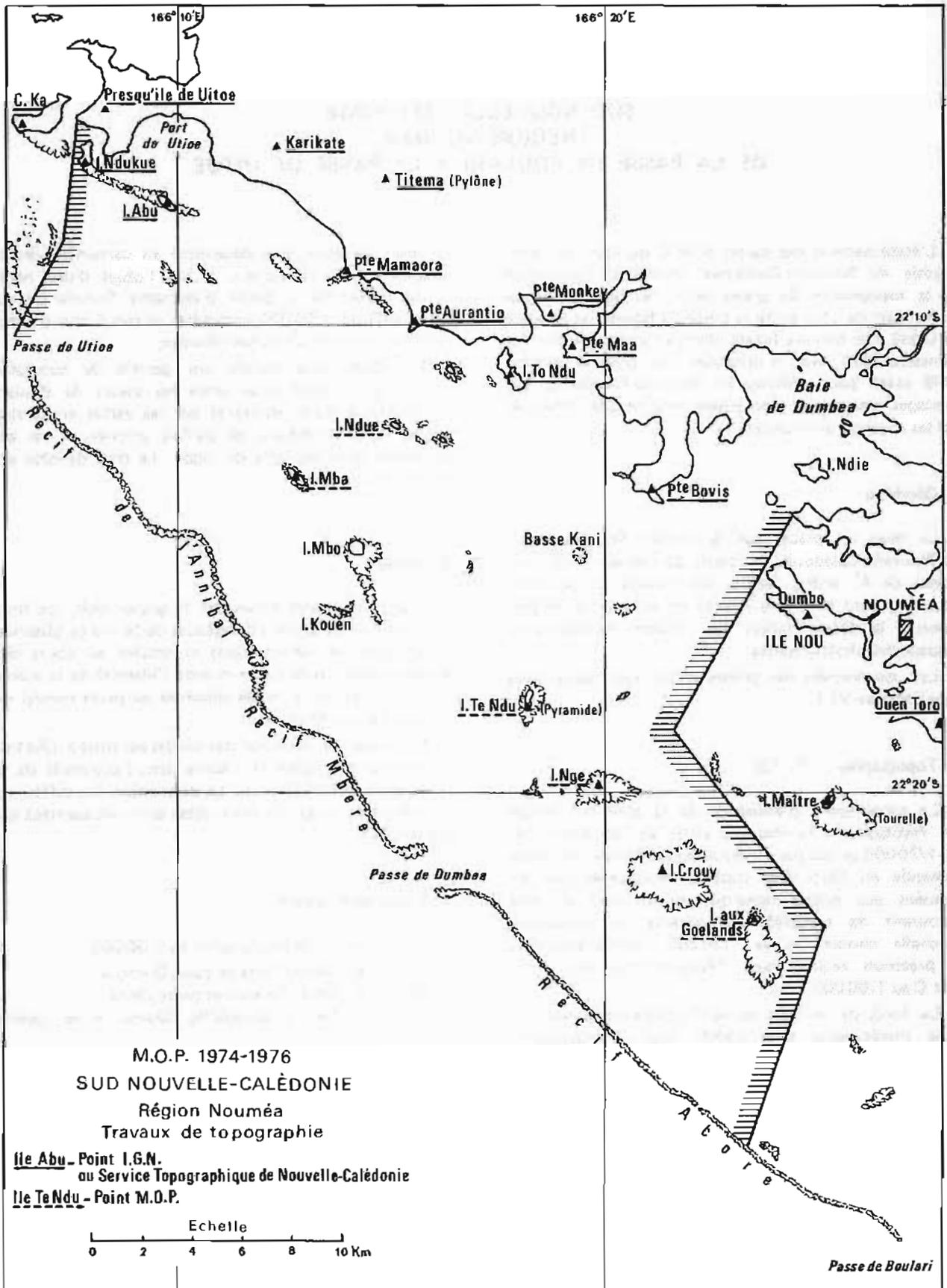
**4. Documents établis**

Trois minutes de topographie au 1:30 000 :

75.17.14 : Récif Abore et passe Dumbéa

75.17.15 : Récif Annibal et passe Uitoé

75.17.16 : De la presqu'île Ducos à la pointe Aurantio.



PL. 13.

## ANNEXE VI.1

LISTE DES COORDONNEES DES POINTS UTILISES AU COURS DES TRAVAUX  
DE TOPOGRAPHIE DE LA PASSE DE BOULARI A LA PASSE DE UITOECoordonnées UTM – Ellipsoïde international – Fuseau 58  
Points rattachés au réseau IGN 1972

Désignation	Repères	X	Y	Ordre	Classi- fication amer	Observations
<i>1) Points déterminés par la MOP</i>						
Ilot aux Goelands						
Station	Borne en ciment	641 644,7	7 524 722,4	5	0	MOP 1975
Signal	Croisillon	641 672,9	7 524 733,45	"	0	"
Ilot Crouy	Signal	638 110,65	7 526 645,9	5	0	MOP 1975
Ilot Maître	Axe tourelle	646 405,01	7 528 045,51	5	2	MOP 1975 – Amer bien visible
Ilot Nge ou Laregnere						
Station	Borne en ciment	635 530,7	7 529 960,15	5	0	MOP 1975
Signal	Croisillon	635 515,1	7 529 967,05	"	0	"
Ile Nou (Antenne satellite)	Axe antenne	645 057,15	7 536 448,41	5	2	MOP 1975 – Amer bien visible
Ilot Tendu ou Signal	Axe pyramide	632 729,35	7 533 278,15	5	1	MOP 1975 – Amer peu visible pyramide en ciment
Ilot Kouen	Borne en ciment	625 569,8	7 537 019,6	5	0	MOP 1975
Ilot Ndue	Borne en ciment	627 660,8	7 544 335,7	5	0	MOP 1975 (Précision : ordre du mètre)
Ilot Mba	Piquet en fer	623 169	7 542 666	5	0	MOP 1975
<i>2) Points IGN et Service Topographique (ST)</i>						
Ile Ndukue	Borne en ciment et tube en fonte	615 086,46	7 555 574,20	3	0	IGN 32-9
Ile Mathieu (Cap Ka)	"	612 343,22	7 556 624,15	"	0	IGN 32-6
Ile Abu	"	618 382,85	7 553 630,28	"	0	IGN 32-12
Presqu'île Uitoe	"	616 419,65	7 557 568,01	"	0	IGN 32-11
Baie Uitoe	"	618 978,37	7 557 314,95	"	0	IGN 32-13
Pic Karikate	"	622 926,11	7 555 762,94	"	0	IGN 32-18
Pic Titema	Axe Pylône	627 274,89	7 554 301,70	"	2	IGN 32-28 – Amer bien visible
Pointe Mamaora	Borne en ciment et tube en fonte	625 488,45	7 550 444,78	4	0	
Pointe Aurantio	"	628 130,49	7 548 132,68	"	0	Borne ST
Ile Tondu	"	632 399,55	7 546 192,54	"	0	" "
Pointe Monkey	"	632 983,97	7 547 787,26	"	0	" "
Pointe Maa	"	634 540,88	7 547 530,97	3	0	IGN 33-19
Pointe Bovis	"	638 119,64	7 541 224,57	4	0	Borne ST
Poudrière Dumbo	Repère en bronze scellé	644 045,09	7 536 529,89	"	0	Repère ST

## CHAPITRE VII

SUD NOUVELLE-CALEDONIE  
ZONE OUEST-REDIKA

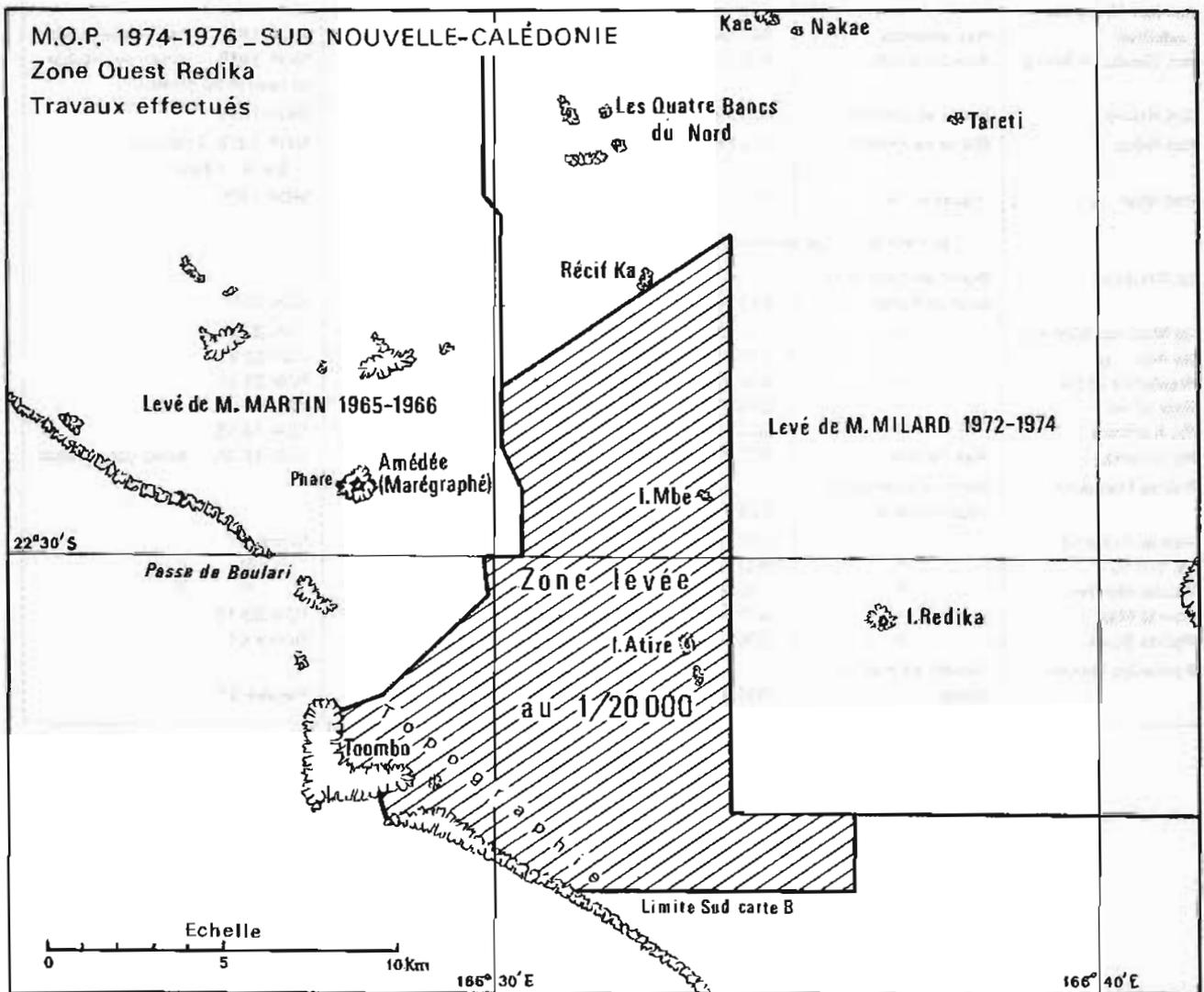
Les travaux furent effectués dans cette zone conformément aux prescriptions des Instructions Techniques 577 SHOM/EM du 13 juillet 1972. Toutefois, en raison des difficultés rencontrées pour la localisation des embarcations au voisinage du grand récif, les sondages ne purent être exécutés dans le Sud et le Sud-Ouest de la zone que jusqu'aux limites de la carte B du plan de Cartographie.

Le *Corail* et la pinasse effectuèrent la plus grande partie des travaux, les conditions météorologiques ne permettant pas la mise en œuvre régulière des vedettes.

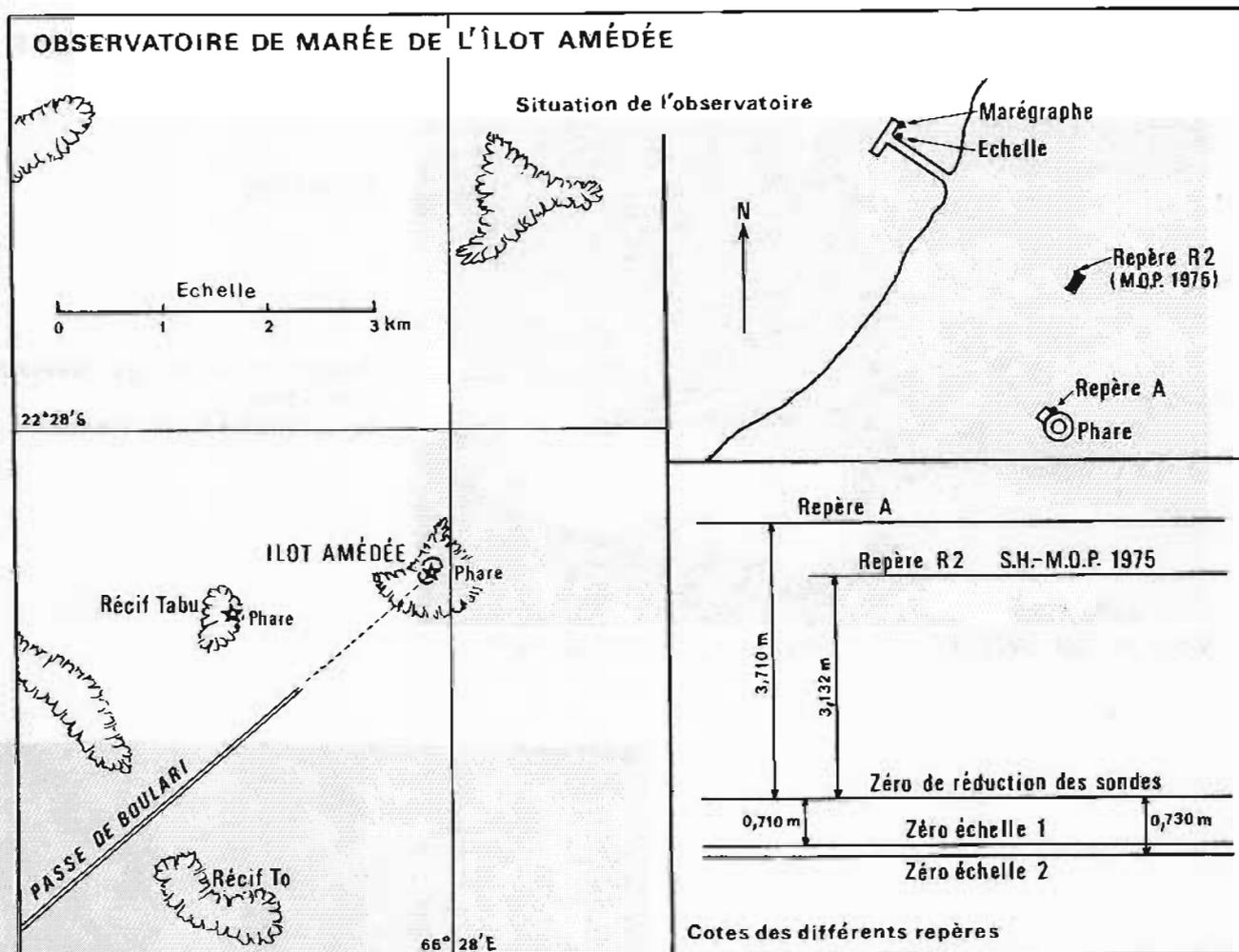
Pendant leurs séjours dans la zone des travaux, les bâtiments durent mouiller sous le vent des grands îlots (Rédika, Mbé) dans des conditions très précaires.

## 1. Géodésie

Les travaux de géodésie furent limités à la détermination de points complémentaires destinés au positionnement des stations de radioguidage, les points de base ayant été déterminés par les missions anté-



PL. 14.



PL. 15.

rieures travaillant dans les zones voisines. (V. Rapport ICA Milard-MHNC 1972-1974 – Abords SE de Nouméa) (\*).

Les coordonnées des points utilisés sont rassemblées dans l'Annexe VII-1.

## 2. Bathymétrie (v. Pl. 14)

Les sondages ont été réalisés au 1:20 000 sur profils radioguidés complétés par quatre-vingts recherches de roches constituées par des aiguilles coralliennes assez fines dont la détection fut très laborieuse. La cote des obstructions les moins profondes a été vérifiée par les plongeurs. Les travaux réalisés ont permis de constater que la carte 1905 actuellement en service, incomplète et peu précise, ne donne qu'une idée sommaire de la topographie sous-marine d'une zone qui, malgré l'existence de chenaux profonds de plus de 20 mètres, est difficilement accessible aux bâtiments dont le tirant d'eau est supérieur à 10 mètres.

(\* *Annales Hydrographiques*, (1978), n° 749, p. 87.

## 3. Topographie

La topographie du grand récif et des îlots du lagon a été restituée à la chambre claire à partir de photographies aériennes au 1:20 000. La position des points de calage a été déterminée en mettant en place sur le rouf de la pinasse un poste de telluromètre MRA 3 en liaison avec deux stations à terre, un troisième lieu étant un relèvement au théodolite. Ce procédé qui ne peut être évidemment utilisé que par calme plat donne des résultats d'excellente précision, mais il est lent et ne peut être considéré que comme un procédé de dépannage applicable à une zone limitée et dans des conditions exceptionnelles.

## 4. Marée

Les sondes ont été réduites de la marée observée au phare Amédée. Le niveau de réduction adopté est celui qui a été déterminé en 1965 par la MHNC. (V. Rapport L.V. Martin (\*)). Ce niveau de réduction est

(\* *Annales Hydrographiques*, 4<sup>e</sup> série, tome 15 (1969), p. 205.

# OBSERVATOIRE DE MARÉE DE L'ÎLOT AMÉDÉE

L = 22° 28',7 S    G = 166° 27',8 E



## SITUATION

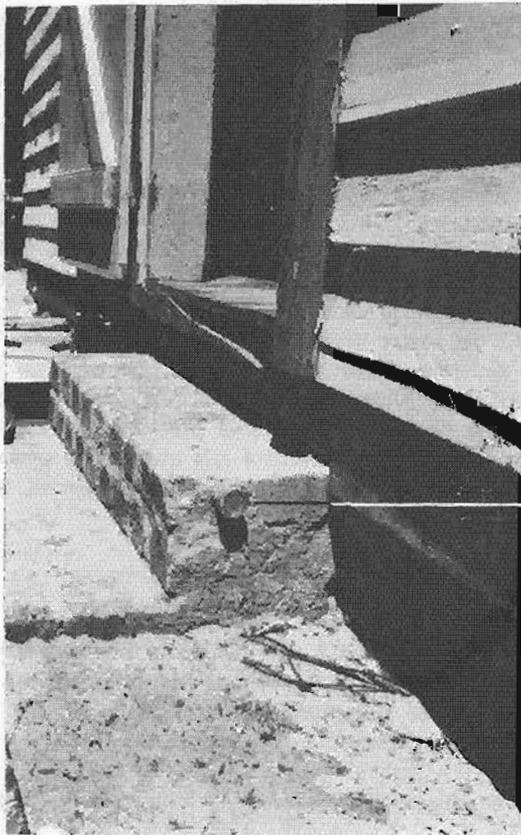
Chaland utilisé pour les travaux de topographie  
Région NOUMÉA (Voir chapitre VI)

Wharf de l'îlot AMÉDÉE

Marégraphe et Echelle de marée



Escalier du phare AMÉDÉE | Repère A



Bâtiment des Travaux Publics  
Repère R2

situé à 3,720 m au-dessous du repère A, scellé dans le seuil du phare Amédée. La disposition des différents repères et leurs côtes sont représentées sur la planche 15. Le repère A est le bord supérieur d'un boulon scellé sur la première marche du phare. Le repère R2, mis en place en 1975, est un repère en bronze type S.H scellé dans la marche de la maison des Travaux Publics. Auprès de ce repère est gravée l'inscription "R2 MOP 75".

##### 5. Magnétisme

Une mesure de déclinaison au théodolite TØ N° 2 SH a été effectuée sur l'îlot Atire, à proximité de la borne

Atire Ouest, en  $X = 659\,677,3$ ,  $Y = 7\,506\,677,3$ . La valeur obtenue pour D est  $11^{\circ}28'$  Est. (Valeur moyenne obtenue du 11 au 18 décembre 1975 en effectuant trois mesures par jour).

##### 6. Documents établis

Deux minutes de bathymétrie et topographie au 1:20 000 :

76-9 (12-13) : Ouest Rédika.

Deux minutes de recherches de roches au 1:20 000 :

76-9 (14-15) : Ouest Rédika.

#### ANNEXE VII.1

### LISTE DES COORDONNEES DES POINTS UTILISES AU COURS DES TRAVAUX DANS LA ZONE OUEST-REDIKA

Coordonnées UTM – Ellipsoïde international – Fuseau 58  
Points rattachés au réseau IGN 1972

Désignation	Repères	X	Y	Ordre	Classification amer	Observations
Phare Amédée	Axe	650 685,84	7 513 252,83	3	4	MHNC 1972 – Amer remarquable
"	Croix gravée plate-forme	650 688,52	7 513 252,72	"	0	MOP 1975
"	Croix peinte plate-forme	650 688,72	7 513 295,05	"	0	MHNC 1972
Phare auxiliaire Amédée	Axe	650 498,5	7 513 099	5	3	MOP 1975 – Amer important pour la navigation côtière
Epave Récif Abore	Mât avant	640 281	7 515 752		4	MOP 1975 – Amer remarquable
"	Mât arrière	640 276	7 515 673,5			
Récif Tabou	Axe tourelle	648 750,95	7 512 832,85	5	2	MOP 1975 – Amer bien visible
Epave Récif Toombo	Milieu épave	648 283	7 505 392		3	MOP 1975 – Amer important pour la navigation côtière
Ilot Rédika						
– Rédika Nord 71	Douille scellée dans un fût de 200 l cimenté	665 377,00	7 509 047,74	5		MHNC 1971 – Recalculée en 1972
– Rédika Nord 73	"	665 357,06	7 509 051,50	4		MHNC 1973
– Rédika Ouest	Pyramide et piquet en fer scellé	665 246,54	7 508 700,27	5	0	
– "	Borne en ciment et piquet en fer scellé	665 261,04	7 508 696,05	"	0	
– Rédika Sud	Douille scellée dans un fût de 200 l cimenté	665 505,28	7 508 740,70	5	0	
Ilot Mbe	Douille scellée dans un fût de 200 l cimenté	660 378,51	7 512 789,98	4	0	MHNC 1973
Ilot Atire						
– Atire Est	Borne en ciment	659 807,65	7 508 393,0	4	0	MHNC 1973
– Atire Ouest	"	659 685,91	7 508 412,48	5	0	MHNC 1965 – Recalculée en 1975

## CHAPITRE VIII

NORD NOUVELLE-CALÉDONIE  
DE POUM A KOUMAC

Les Instructions Techniques N° 741 SHOM/EM du 30 juillet 1974 prescrivait d'effectuer ce levé dans les limites de la carte J du plan de Cartographie de Nouvelle-Calédonie, soit entre les latitudes 20°12' S et 20°34' S, à partir de la côte jusqu'à la longitude 163°42'6 E. Dans ces limites, le levé de certaines zones déjà sondées (rade de Poum, Baie de Tanlé) ne devait pas être repris. Les travaux de reconnaissance et de géodésie débutant en octobre 1974, bénéficièrent de très bonnes conditions météorologiques et furent achevés en novembre 1974. Les travaux de sondages ne purent débuter qu'en avril 1975 par suite d'une indisponibilité prolongée de la *Boussole* et furent retardés par des conditions météorologiques médiocres au cours de la majeure partie de l'année. Le prolongement imprévu de l'indisponibilité de la *Boussole* à Papeete (août-décembre 1975) et l'absence de *L'Estafette*, partie elle-même en carénage à Papeete avant le retour de la *Boussole*, privèrent la Mission de deux bâtiments en fin d'année, à une époque où les conditions météorologiques devinrent acceptables. En l'absence des bâtiments principaux et de leurs vedettes, le *Corail* effectua une bonne partie des sondages réguliers et des recherches de roches, mais par mesure de prudence, les travaux du *Corail* dans le Nord de la Nouvelle-Calédonie furent interrompus pendant la saison des cyclones de l'été 1975-1976. En janvier 1976, la *Boussole* supporta au mouillage de Tanlé le passage à proximité de la Nouvelle-Calédonie du cyclone *David*; les travaux interrompus pendant le passage de ce cyclone et des dépressions qui le suivirent, ne purent être poursuivis dans de bonnes conditions qu'en février 1976.

## 1. Géodésie (v. Pl. 16)

Les travaux de géodésie furent conduits essentiellement de façon à déterminer la position des antennes Toran et à préparer les travaux de topographie. L'existence de réseaux de 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> ordre établis récemment par l'Institut Géographique National et le Service Topographique facilita grandement ces travaux, la préparation du terrain se limitant, sur la Grande Terre, au redressement et au contrôle de position des mires Figaret abattues ou déplacées par les intempéries. Les points déterminés, situés en majorité sur les îlots du lagon, furent repérés à l'aide de bornes en ciment de bonne durabilité. Les visées, effectuées au théodolite T 3 (exceptionnellement T 2) à 4 tours, furent complétées par des mesures de distances au telluromètre. Les points principaux furent graphiqués au 1/10<sup>e</sup>; leur précision est de l'ordre de deux décimètres.

Les coordonnées des points utilisés et déterminés sont rassemblées dans l'annexe VIII.1.

## 2. Localisation

La localisation des bâtiments fut réalisée à l'aide d'une chaîne Toran P 10 utilisée en mode X, en deux implantations successives :

— l'implantation Nord avec émetteurs-foyers sur les îles de Néba et Pionne et les îlots Tiambouène et Ti-Ac.

— l'implantation Sud avec émetteurs-foyers sur les îlots Tiambouène, Ti-Ac, Tangadiou et l'île de la Table.

Un théodolite installé en altitude sur les îles de Néba ou de la Table permit d'obtenir un troisième lieu de position, traversier aux réseaux Toran.

La description détaillée des implantations, les résultats des étalonnages et le compte rendu de fonctionnement de la chaîne Toran font l'objet de l'Annexe B au présent rapport.

## 3. Bathymétrie (v. Pl. 17)

L'ensemble de la zone située à l'intérieur du lagon fut sondé au 1:10 000, en suivant des hyperboles écartées de 80 m sur les lignes de base et de 130 m à proximité du grand récif; les passes de Poum et de la Gazelle furent sondées au 1:5 000 en doublant les profils précédents.

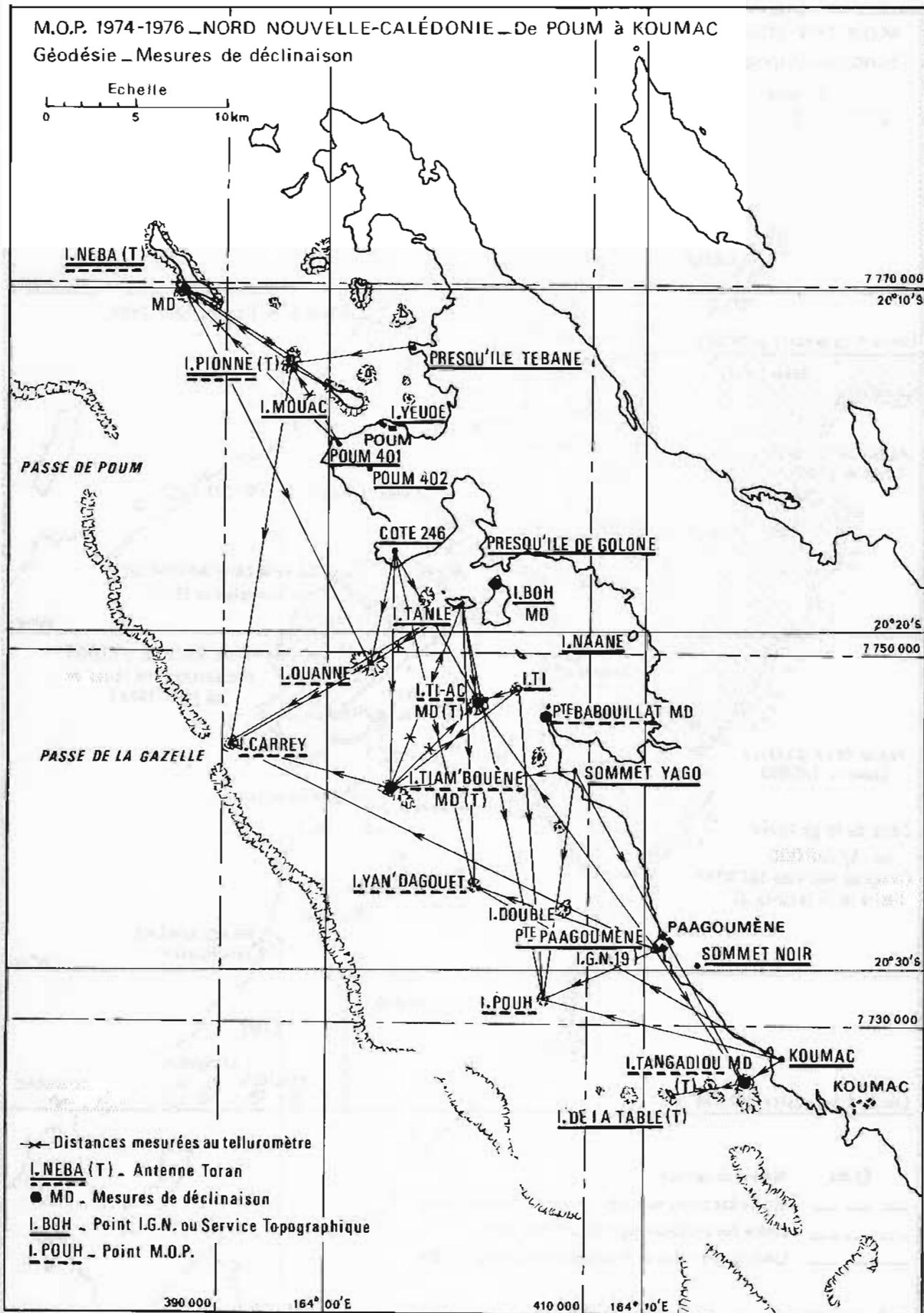
La zone située au large du grand récif fut sondée sur profils écartés de 2 000 mètres, l'échelle de rédaction étant le 1:100 000.

Les sondages réguliers furent complétés par des recherches de hauts-fonds choisies d'après les cartes marines en service (cartes 2676, 2803, 2684 et 5975), les minutes d'écriture de 1937 et à partir desquelles avait été établie la carte n° 5975, et enfin les minutes d'écriture établies au cours des présents travaux.

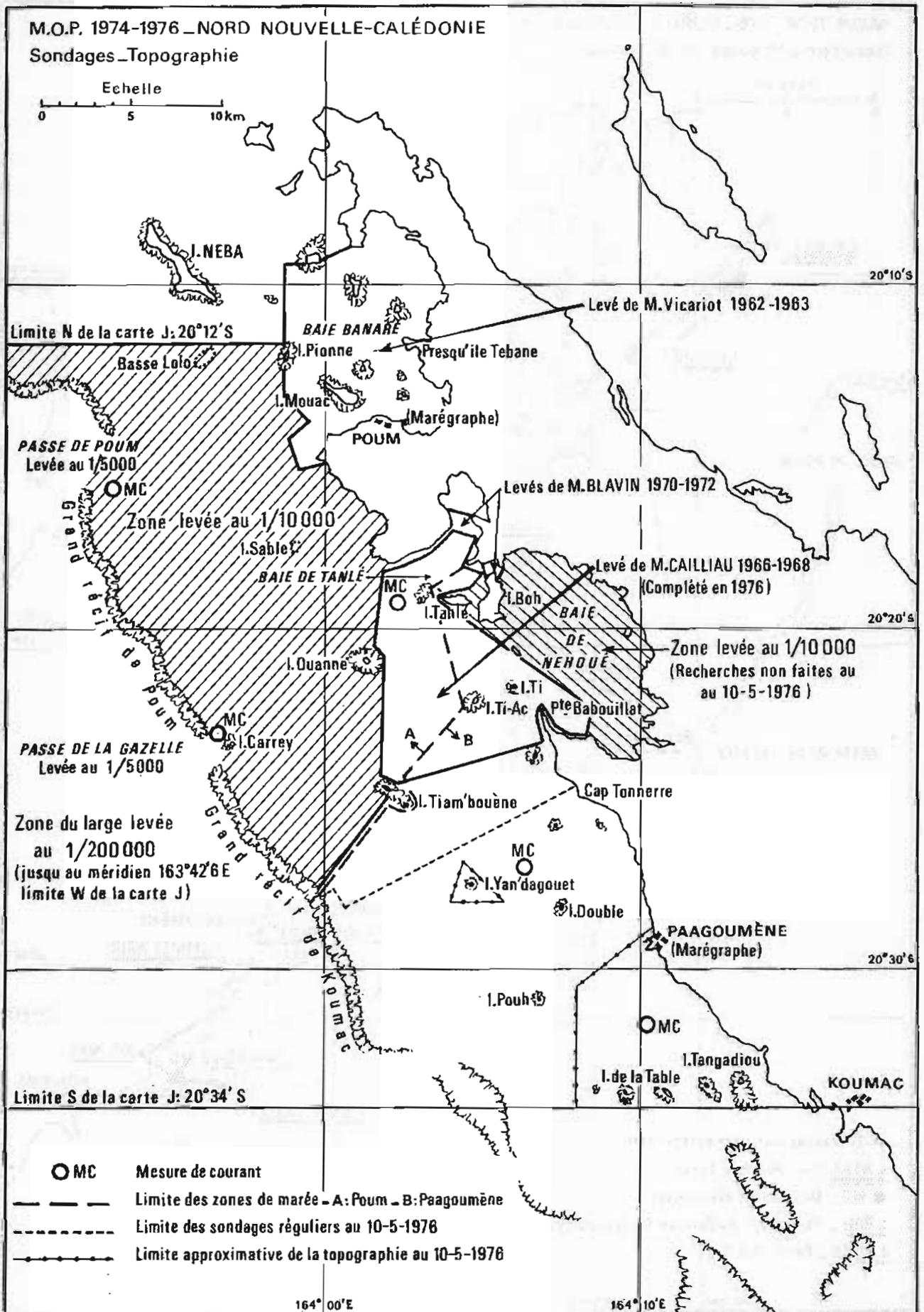
Les travaux effectués ont permis d'acquérir les résultats suivants qui concernent les éléments caractéristiques du lagon et de la zone du large :

## 3.1. Passe de Poum (carte marine N° 2803)

Orientée au 120°, cette passe est large de 2 500 m, sa profondeur varie de 15 m au Nord, à plus de 25 m au centre et au Sud; sa limite Sud est mieux marquée que sa limite Nord. La passe est saine et permet l'accès du lagon aux grands bâtiments. Ceux-ci peuvent franchir la passe en mettant le cap au 090° sur la pointe de



PL. 16.



Poum. La mise en place d'un alignement lumineux ou d'un feu sur cette pointe permettrait d'accéder au lagon, de nuit. Les indications de la carte marine 2803, en ce qui concerne la passe de Poum, sont correctes mais incomplètes.

### 3.2. Passe de la Gazelle (carte marine N° 5975)

Cette passe est facilement identifiable du large par la présence, entre les deux chenaux qui le composent, de l'îlot Carrey, sableux en partie recouvert d'herbes et qui porte une balise métallique noire à voyant conique.

Le chenal Nord est orienté au  $035^\circ$  environ ; il est large de 500 m et sa profondeur varie de 20 à 75 m. Le chenal Sud orienté au  $100^\circ$  est large de 500 m et profond de 25 m. Les deux chenaux sont praticables ; toutefois le chenal Nord doit être recommandé car la limite Nord du grand récif est bien marquée et le chenal est bien visible entre ce récif et l'îlot Carrey ; au contraire la limite Sud de la passe de la Gazelle est l'extrémité d'un récif submergé recouvert de 2 m d'eau environ qui prolonge sur 2 000 m le grand récif décauvrant.

L'accès au lagon par le chenal Nord s'effectue en faisant route entre le grand récif Nord et le récif de l'îlot Carrey, cap au  $035^\circ$ , sensiblement sur le sommet de Poum.

La carte n° 5975 est inexacte en ce qui concerne la représentation du récif submergé situé au Sud de la passe de la Gazelle.

### 3.3. Lagon entre l'île Pionne et l'îlot Tiambouène (cartes 2803 et 5975)

Les cartes 2803 et 5975 ne donnent qu'une représentation incomplète et très sommaire de la bathymétrie du lagon entre l'île Pionne et l'îlot Tiambouène et il serait sans objet de présenter ici les résultats détaillés d'une comparaison entre les documents établis au cours des levés récents et les cartes en service.

Certains éléments de cette comparaison, qui concernent les hauts-fonds les plus remarquables peuvent toutefois être signalés :

— La basse Lolo (L =  $22^\circ 15',5$  S — G =  $163^\circ 57'$  E) recouverte de 4 m d'eau d'après la carte marine est en fait recouverte de 2 m d'eau. Un haut-fond de 5,4 m se trouve dans le  $253^\circ$  et à 1 700 m de la basse Lolo.

— Deux hauts-fonds de 9,9 m et 6,9 m se trouvent dans l'Ouest à 3 700 m et dans le  $230^\circ$  à 1 300 m respectivement, de l'île Pionne.

— Le haut-fond de 7,5 m porté en L =  $20^\circ 15',4$  S — G =  $163^\circ 57',1$  E n'existe pas.

Les recherches effectuées n'ont permis de déceler aucune remontée de fond autour de la position présumée du haut-fond, dans une zone où les profondeurs sont de 24 à 28 m.

L'information qui est à l'origine du report de ce haut-fond sur la carte a été donnée par le navire *Louqsor* en février 1930 et a fait l'objet de l'Avis aux Navigateurs N° 581 inséré dans le groupe N° 11 de

1930, portant correction aux Instructions Nautiques et aux cartes. Cet Avis est ainsi rédigé :

"Un haut-fond, non porté sur les cartes et couvert de 7,5 m d'eau, existe entre la passe et la presqu'île de Poum. Il se trouve sensiblement au point de croisement des alignements : des deux pointes Nord de la presqu'île à  $68^\circ$  et de la pointe Sud de la presqu'île par le milieu de l'île Tanlé à  $118^\circ$ . De nombreux pâtés de corail existeraient également entre le haut-fond indiqué ci-dessus et l'îlot de sable qui est dans l'Ouest de la partie Sud de la presqu'île de Poum".

A défaut d'informations plus complètes sur la source de renseignements transmis il n'est pas possible de déterminer, à l'heure actuelle, la cause de l'erreur qui fut à l'origine du report sur la carte du haut-fond non retrouvé. Les travaux récents ont confirmé l'existence au NW de l'île de Sable de hauts-fonds nombreux dont les principaux sont :

— 6,7 m dans le  $110^\circ$  et à 2 000 m de la position présumée du 7,5 ci-dessus.

— 6,8 m dans le  $150^\circ$  et à 2 300 m de cette même position.

D'autre part, la légende *Fonds moindres* portée sur la carte à 0,9 M dans le NW de l'île de Sable, est parfaitement justifiée.

La carte n° 5975 est elle aussi incomplète mais a été établie d'après des levés systématiques effectués en 1937 ; de ce fait, elle donne de la topographie sous-marine du lagon une image plus exacte que la carte n° 2803. Les principaux hauts-fonds indiqués par cette carte ont été retrouvés ; cependant l'existence de plusieurs d'entre eux étant en contradiction avec les résultats des levés récents, les minutes et les archives de la mission de 1937 ont été consultées avec attention. Il est ainsi apparu que plusieurs "hauts-fonds" étaient le résultat d'erreurs systématiques de sondages affectant une partie appréciable de certains profils. Ces erreurs sont mises en évidence dans les zones où les profils (segments) se croisent. Les sondes proches des intersections présentent des différences de 3 à 5 m sur les deux profils. A l'intersection même, seule la sonde la plus faible a été conservée à l'écriture ; elle apparaît comme une remontée de fond sur le profil exact. Il est possible qu'il s'agisse d'une erreur de lecture de 5 m sur la ligne de sonde utilisée au cours des levés anciens. A la suite des réductions différentes de marée effectuées sur les deux profils, l'erreur finale est de l'ordre de 3 à 5 m.

C'est ainsi que peuvent être éliminés les hauts-fonds de :

— 14 m dans le  $172^\circ$  et à 1 500 m de l'îlot Carrey (fond trouvé 17,1) ;

— 20 m (E.D) dans le  $125^\circ$  et à 3 200 m de l'îlot Carrey ;

— 19 m (E.D) dans le  $128^\circ$  et, à 4 000 m et 4 650 m de l'îlot Carrey.

Dans la zone du lagon couverte par les cartes 2803 et 5975, les sondages ont permis de délimiter des zones de grande étendue où existent les chenaux profonds de 15 à 25 m accessibles aux grands bâtiments.

Les obstructions isolées sont relativement rares dans cette partie du lagon où les hauts-fonds, groupés, constituent fréquemment les sommets d'importants plateaux coralliens, parfois rattachés aux îlots découvrants qu'ils débordent largement. Le grand récif est également bordé, côté lagon, d'une zone large de 500 à 1500 m où existent de "nombreux hauts-fonds". Cette zone est dangereuse pour la navigation.

### 3.4. Zone du large

Les sondages effectués au 1:200 000 au large du grand récif ont mis en évidence des fonds de type classique existant autour de nombreuses îles du Pacifique et présentant un fort gradient à proximité du récif (l'isobathe 1000 m est à 5 km du récif) puis un gradient modéré jusqu'aux fonds plats de 3500 m (les isobathes 2000 et 3000 sont respectivement à 13 et 21 km du récif).

### 3.5. Recherche de roches en baie de Banaré (carte 2676)

Conformément aux prescriptions de la note 71 SHOM/EM du 20 janvier 1976, une recherche fut effectuée en baie de Banaré au Sud de l'île Mouac, en vue de vérifier l'existence des fonds de 4 m portés sur les cartes en service, à la suite d'un rapport de 1961 du patrouilleur *Tiare*. Ces hauts-fonds ne figuraient pas sur les documents établis par la MHNC en 1963 à la suite de levés réguliers au 1:10 000 (profils écartés de 75 m) réalisés dans la rade de Poum. Des sondages réguliers effectués sur profils écartés de 25 m et orientés perpendiculairement aux profils suivis par la MHNC en 1963, mirent en évidence au voisinage de la position présumée des hauts-fonds recherchés, des fonds de 5,8 m à 6 m. Les recherches effectuées n'améliorèrent pas ces premiers résultats. Les fonds de 4 m n'existent pas à la position indiquée par les cartes : la profondeur minimale est de 5,8 m en  $X = 396\,670 - Y = 7\,762\,570$  soit approximativement à 1600 m dans le 016° du Piton de Poum (carte n° 2676).

En cette position et en son voisinage immédiat, la MHNC avait trouvé en 1963 des fonds de 6,2 m à 7 m. A cette époque et au cours des présents travaux, les sondes ont été réduites de la marée de Poum (v. § 5).

Au cours des sondages, la position des éléments du balisage flottant existant dans la rade de Poum a été déterminée ; ce balisage est composé de deux bouées du système latéral (une bouée rouge et une bouée noire) qui, avec une balise placée sur le récif frangeant à l'Est de Poum, définissent un chenal orienté au 076° permettant d'éviter les hauts-fonds ci-dessus. Les positions réelles des bouées en 1976 n'étaient pas conformes aux indications de la carte 2676. Ces bouées ont été représentées sur la minute d'écriture de la recherche de roches.

## 4. Topographie (v. Pl. 17)

La topographie du grand récif, du trait de côte, des îlots et pâtés de corail situés dans la zone sondée a été établie par restitution à la chambre claire des photographies prises sur demande de la Mission par l'Aéronautique Navale. L'échelle des photographies était le 1:20 000, l'échelle de restitution choisie pour les minutes de topographie fut le 1:30 000. La position des points de calage fut déterminée soit par une embarcation placée par les moyens classiques à partir d'une vedette équipée d'un récepteur Toran, soit directement par la vedette naviguant sur les pâtés de corail identifiables sur les photographies. Cette dernière méthode, très rapide, n'est praticable que par beau temps et excellente visibilité ; elle exige des équipes bien entraînées à la navigation dans le lagon.

En baie de Néhoué, la position des points de calage des photographies et les points remarquables du récif frangeant furent déterminés à l'aide de théodolites placés aux stations utilisées pour le guidage des embarcations de sonde.

## 5. Marées

La marée fut observée à Poum d'avril 1975 à février 1976, à Paagoumène de septembre 1975 à mai 1976. Les observations, continues pendant les périodes de sondages, furent souvent interrompues par suite d'avaries des marégraphes, en l'absence du personnel de surveillance.

5.1. A *Poum*, le niveau adopté pour la réduction des sondes est celui qui avait été déterminé en 1963 par la MHNC (v. Rapport IH Vicariot<sup>(\*)</sup>) et utilisé notamment pour la réduction des sondes :

- en baie de Banaré (v. Rapport I.H. Vicariot déjà cité),

- dans les baies de Tanlé et de Néhoué (v. Rapport I.H. Cailliau<sup>(\*\*)</sup>),

- dans l'anse de Pouani et au Nord de l'île Boh (v. Rapport ICA Blavin<sup>(\*\*\*)</sup>).

Ce niveau de réduction est situé à 4,03 m au-dessous du repère A1 mis en place en 1963, repère en bronze scellé dans le coin SE du soubassement en béton du "Dock municipal" de Poum, hangar métallique en forme de demi-lune, construit en bordure de mer, à proximité immédiate de la plage.

Le repère B1, également mis en place en 1963 n'existe plus. Le wharf sur lequel avait été installé le marégraphe à cette époque est détruit. Le nouvel observatoire dut être mis en place en 1975 sur les ruines d'un wharf situé plus à l'Est dans la baie de Poum, à environ 1 km du précédent.

(\*) *Annales Hydrographiques*, 4<sup>e</sup> série, tome 15 (1969), p. 145.

(\*\*) *Annales Hydrographiques*, 4<sup>e</sup> série, tome 17 (1971), p. 1.

(\*\*\*) *Annales Hydrographiques*, (1975), n° 742, p. 69.

Trois repères ont été installés auprès du nouvel observatoire et reliés par nivellement au repère A1 ci-dessus :

– le repère A, piquet en fer scellé dans une borne en ciment : R.A. MOP 75 placée sur la jetée en remblais qui conduit à l'appontement, à trente mètres de celui-ci.

– le repère B, bord supérieur d'un boulon, situé sur la traverse supérieure de l'appontement et à 7 cm du pilier SW de celui-ci.

– le repère C, partie supérieure d'un tube en fer scellé dans une borne en ciment située à l'enracinement de la jetée en remblais conduisant à l'appontement, à environ 40 mètres du repère A.

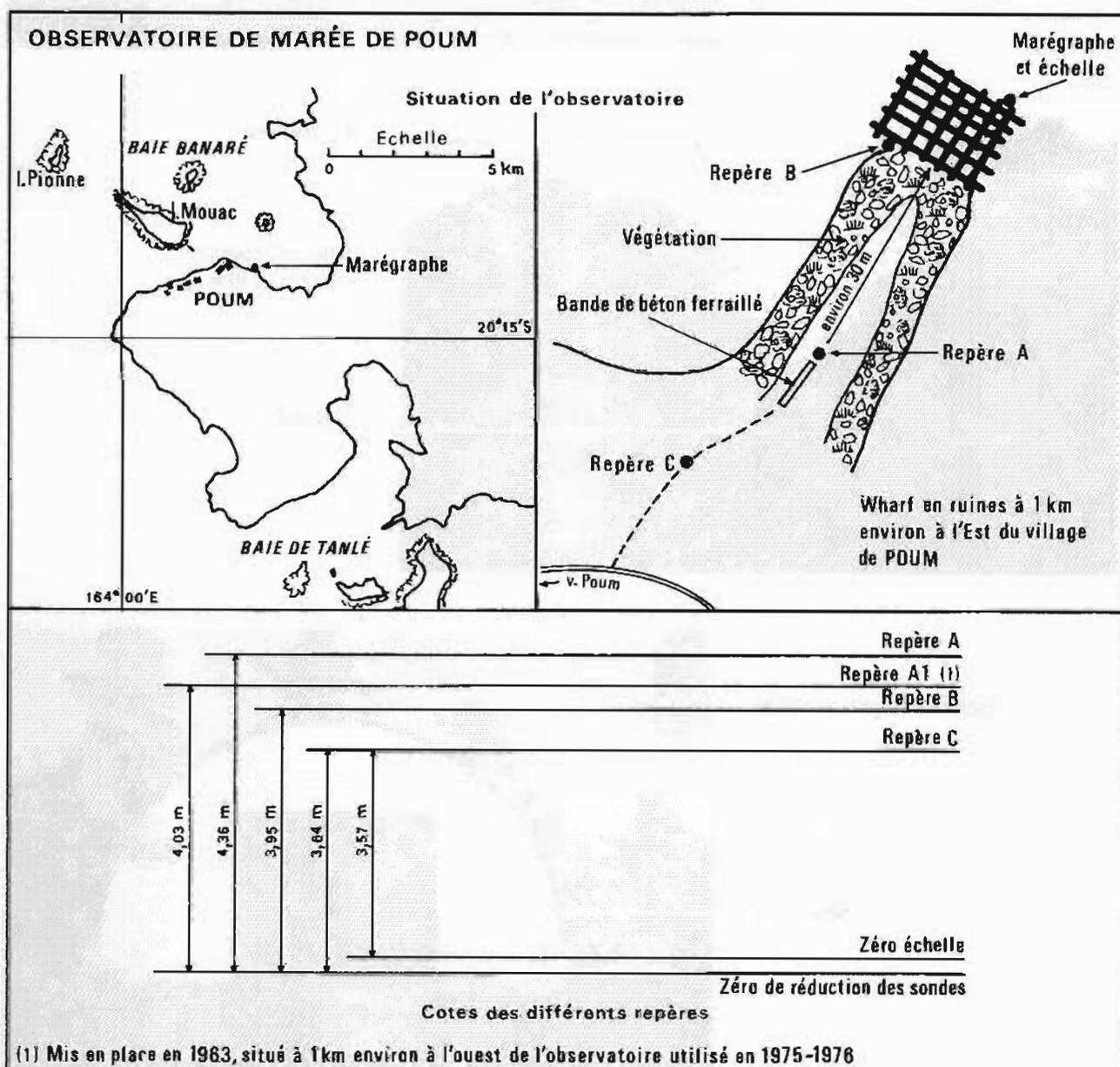
La disposition et la côte de ces différents repères sont représentées sur la planche 18.

### Remarque

D'après les résultats d'une concordance entre Nouméa et Poum effectuée en 1975 à titre de vérification, le niveau de réduction adopté serait trop bas de 7 cm.

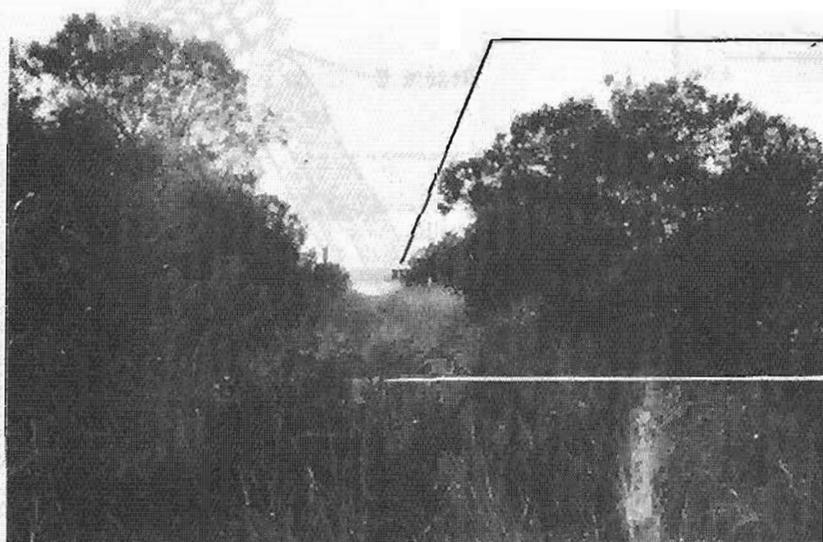
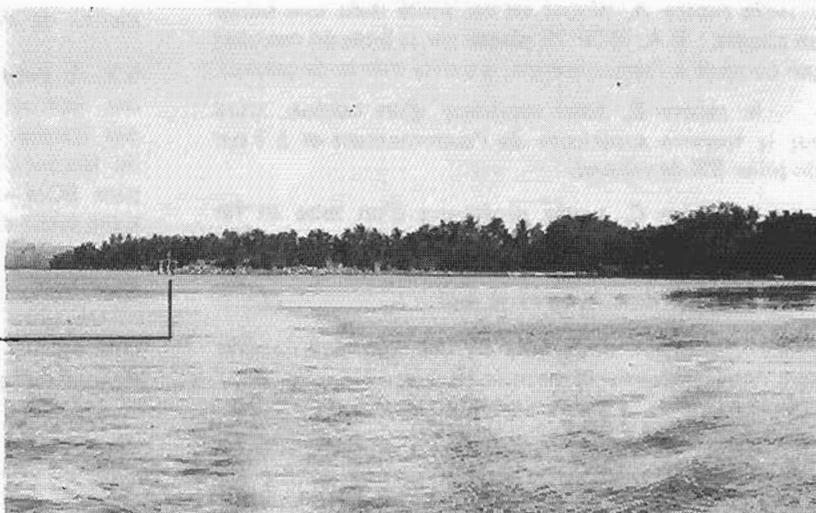
5.2. A Paagoumène, conformément aux prescriptions des Instructions Techniques, le niveau de réduction des sondes a été choisi en concordance avec celui de Nouméa. Il est situé à 3,753 m au-dessous du repère SOM – N 17, partie supérieure d'un tube métallique scellé dans un bloc de ciment portant l'inscription SOM – N 17 et implanté sur le quai de Paagoumène où étaient installés le marégraphe et l'échelle de marée.

Un autre repère est constitué par le bord supérieur, côté escalier, de l'allumette de la bitte d'amarrage Sud du quai de Paagoumène.



SITUATION

Wharf à l'Est du village de POUM  
Marégraphe et Echelle de marée



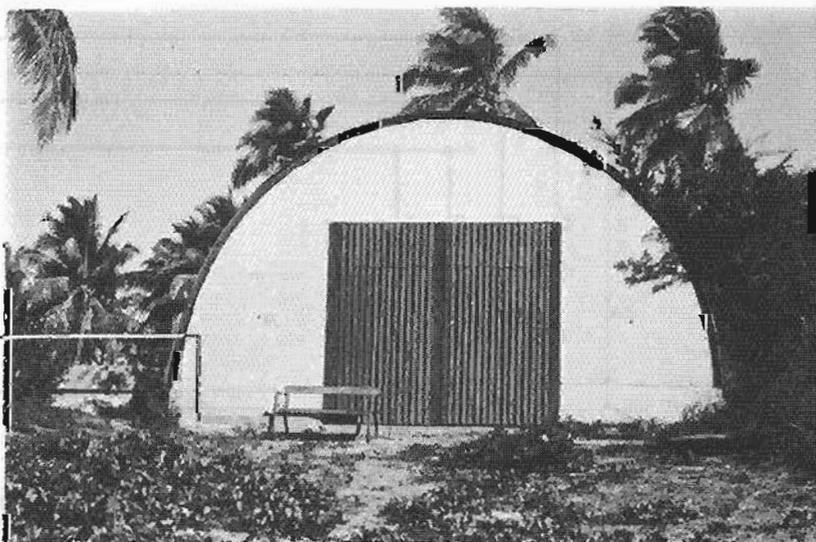
Marégraphe

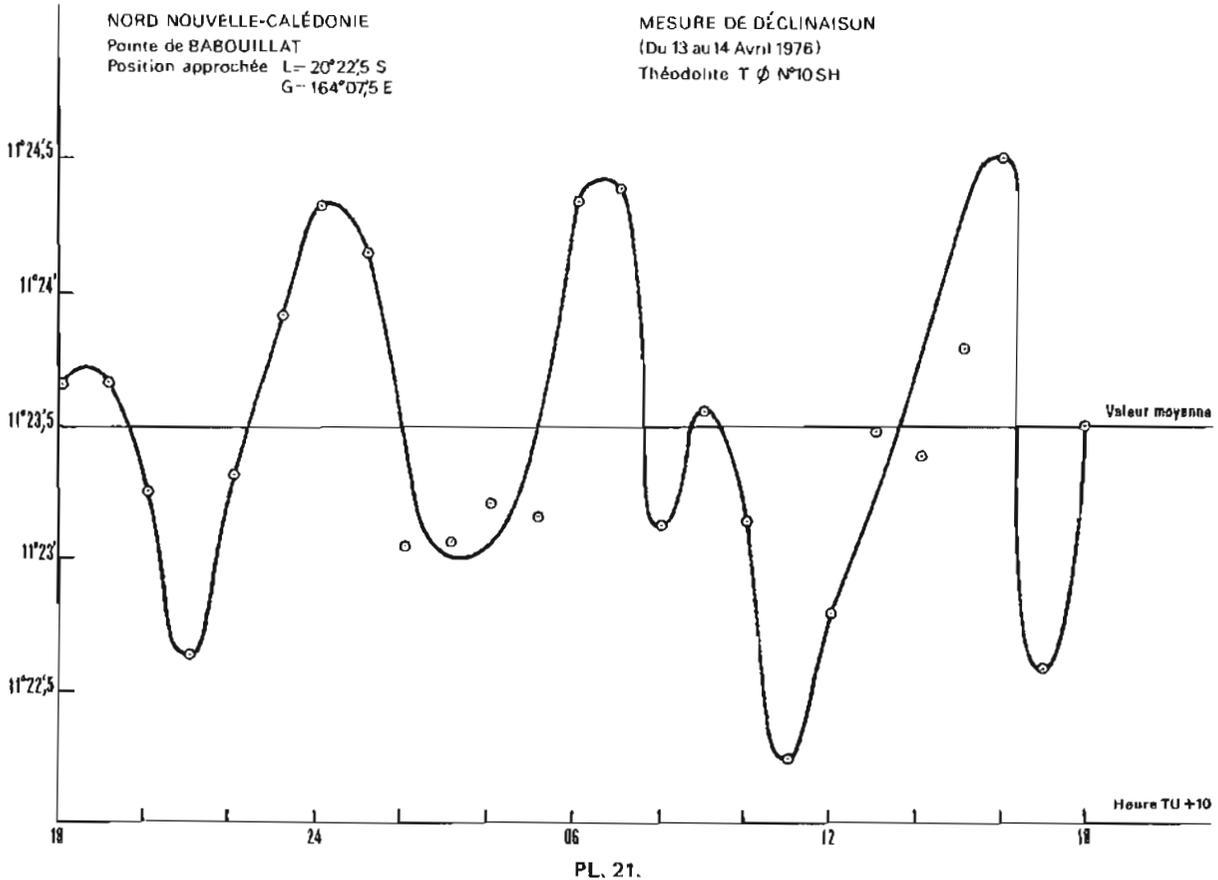
Jetée en remblais  
vue vers le wharf

Repère A

Dock municipal de POUM

Repère A1





La disposition et la cote de ces repères sont représentées sur la planche 19.

#### Remarques

1) En 1973, le niveau de réduction des sondes à Paagoumène avait été déterminé par concordance avec celui de Nouméa et trouvé à 5 cm au-dessus du niveau de réduction déterminé et adopté en 1975.

2) Les travaux de nivellement effectués en 1973 permettent de situer le niveau de réduction adopté en 1975 à 0,20 m au-dessous du niveau de réduction utilisé en 1937 par Mr. Canuel et à 0,774 m au-dessous du zéro du Nivellement Général de la Nouvelle-Calédonie, (Voir Rapports de Mr. Canuel(\*) et de l'ICA Milard(\*\*)).

3) Le repère mis en place en 1937 n'a pas été retrouvé en 1975.

5.3. Les observations effectuées à Poum et Paagoumène en 1975-1976 et au cours des années précédentes permettent de formuler les conclusions suivantes :

— le niveau de réduction adopté à Poum est probablement 3 à 5 cm trop bas ;

— le niveau de réduction adopté à Paagoumène est très voisin du niveau des plus basses mers. Il aurait pu être choisi 3 à 5 cm plus bas à la suite des observations

(\*) *Annales Hydrographiques*, 3<sup>e</sup> série, Tome 16, (1938-39), pp. 35-59.

(\*\*) *Annales Hydrographiques*, (1978), n° 749, p. 87.

1975 (v. PL. 20), mais les résultats de 1973 ne justifiaient pas ce choix.

L'incertitude qui subsiste dans la détermination des niveaux de réduction est sans incidence sur la valeur des sondages et elle est très inférieure aux variations semi-annuelles du niveau moyen (v. Rapport de l'I.A. Guitton(\*)).

— La marée à Poum et à Paagoumène a sensiblement le même marnage qu'à Nouméa ; la marée à Poum serait en avance d'une dizaine de minutes au plus sur la marée à Paagoumène, cette dernière étant en avance de 10 à 20 minutes sur la marée à Nouméa.

— Zones de marée.

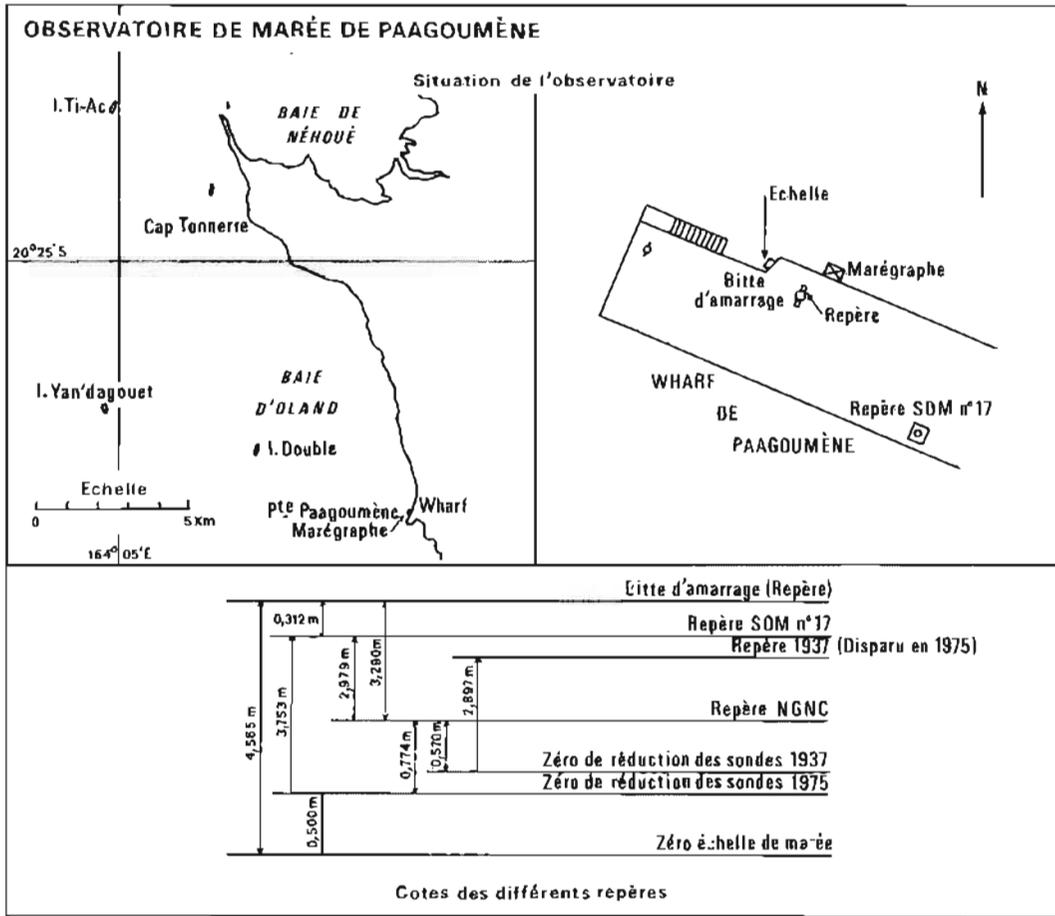
Deux zones de marée ont été choisies en 1975-1976 pour la réduction des sondes entre Poum et Koumac (v. PL. 17) :

— Dans la zone A, au Nord et à l'Ouest d'une ligne perpendiculaire au grand récif et joignant les îlots de Tiambouène, Tic Ac et l'île Tanlé, les sondes ont été réduites de la marée de Poum :

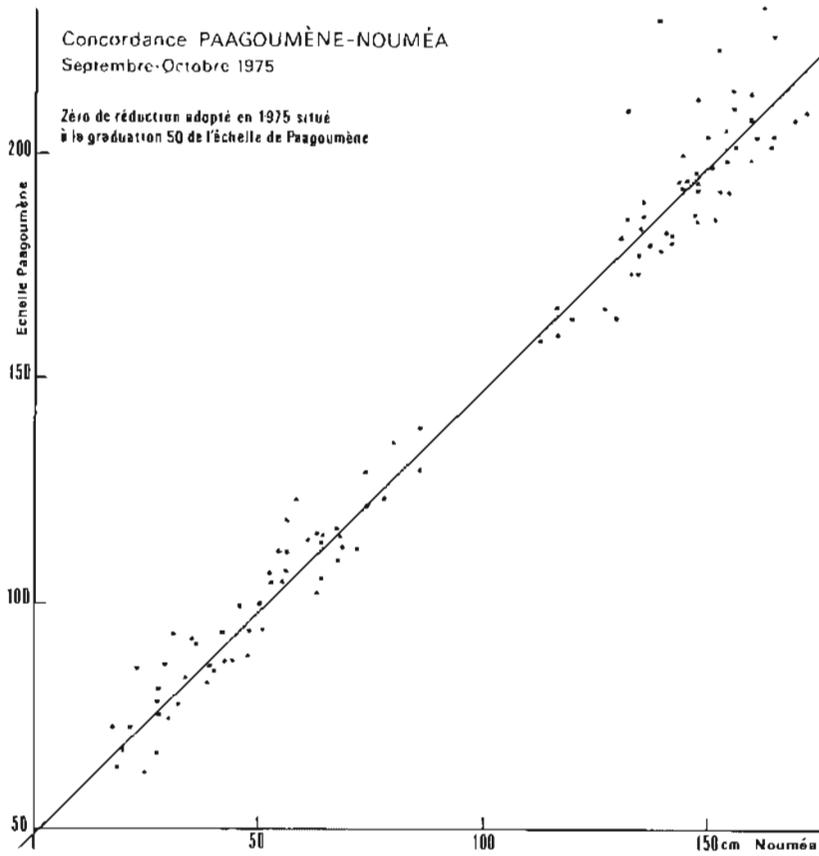
— Dans la zone B, au Sud et à l'Est de cette ligne, les sondes ont été réduites de la marée de Paagoumène.

Compte tenu des caractéristiques de la marée à Poum et Paagoumène et de la situation des niveaux de réduction adoptés, on peut ramener au niveau de réduction de Paagoumène les sondes réduites de la marée de Poum en leur ajoutant 10 cm (Résultat valable à quelques centimètres près).

(\*) *Annales Hydrographiques*, (1974), n° 741, p. 23.



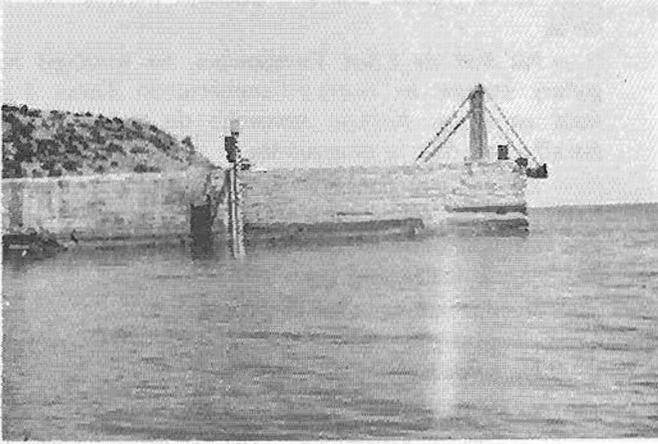
PL. 19.



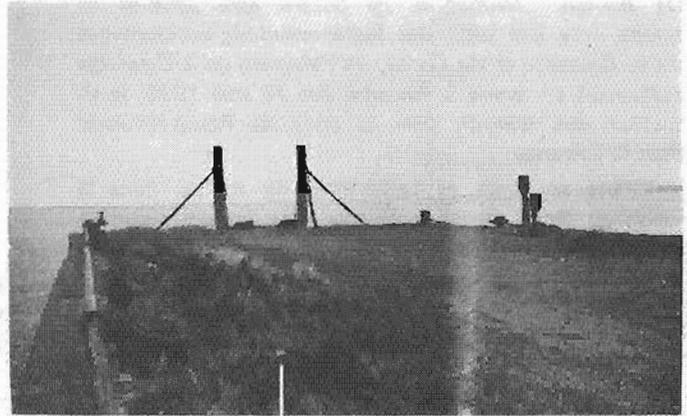
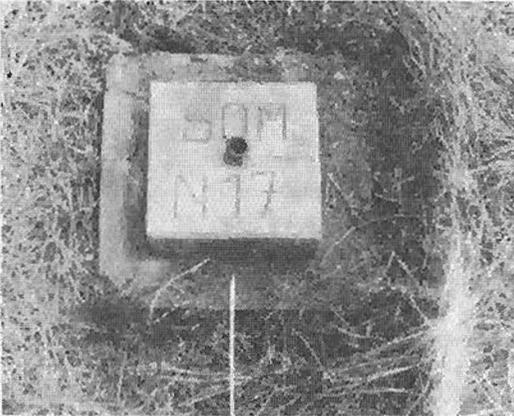
PL. 20.

## OBSERVATOIRE DE MARÉE DE PAAGOUMÈNE

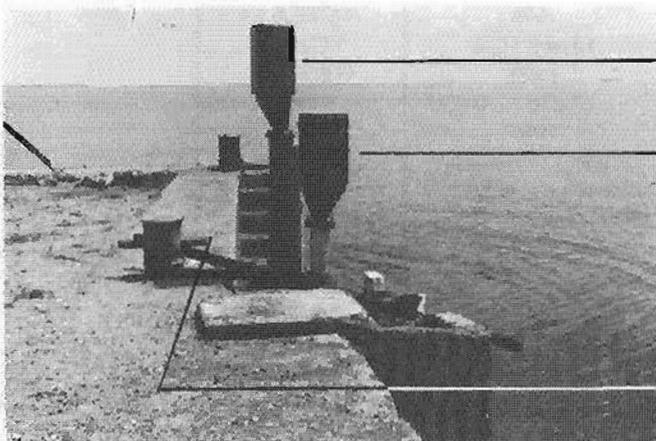
L = 20°29'1 S    G = 20°29'1 E

SITUATION

Quai de PAAGOUMÈNE (côté Nord)  
Marégraphe et Echelle de marée



Repère S.O.M. N°17



Marégraphe désaffecté de la Société COFREMI

Marégraphe M.O.P. (1975)

Repère bitte d'amarrage

## 6. Mesures de courants (v. Pl. 17)

Cinq mesures de courants ont été effectuées à 5 m d'immersion en vive-eau et morte-eau aux points suivants :

Passé de Poum : dossiers 744 et 745 EPSHOM

Passé de la Gazelle : dossiers 769 et 770 EPSHOM

A 2 M dans l'Ouest de l'île Tanlé : dossiers 751 et 752 EPSHOM

A 2,75 M dans le 225° du Cap Tonnerre : dossiers 771 et 772 EPSHOM

A 2,75 M dans le 180° de la Pointe Paagoumène : dossiers 754 et 755 EPSHOM.

## 7. Magnétisme (v. Pl. 16 et Pl. 21)

Six mesures de déclinaison ont été faites à l'aide des théodolites TØ N° 2 et 10 SH dans la zone du levé. Les résultats de ces mesures sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

## 8. Etat des travaux de sondages et topographie au 10 mai 1976 (v. Pl. 17)

La planche 17 indique en particulier les zones où les travaux commencés ne purent être achevés en temps utile par suite des indisponibilités accidentelles de la *Boussole* et du *Corail*, en l'absence de *L'Estafette* également en avarie à Papeete. Au 10 mai 1976, la situation des travaux dans la zone de Poum-Koumac était la suivante :

— Les sondages et recherches de roches dans le lagon au Nord de l'îlot Tiambouène étaient terminés ainsi que les sondages du large.

— Le sondage régulier de la baie de Néhoué était effectué ainsi que les sondages complémentaires des levés de 1966 et 1968 autour des îlots Ti Ac et Ouane.

Les recherches de roches dans ces zones n'étaient pas effectuées. En baie de Néhoué, seule avait été recherchée mais non retrouvée l'épave portée sur les cartes en service à 2 200 m dans le 055° de l'île Ti (ou Tienghène) ; cette épave n'existe pas à la position indiquée sur la carte.

— Au Sud de l'îlot Tiambouène, les sondages réguliers étaient en cours ; l'implantation Toran Sud était en place. Aucune recherche de roches n'avait été effectuée dans la zone sondée.

— En ce qui concerne la topographie, restaient à effectuer la topographie de l'îlot Yandagouet ainsi que la topographie du trait de côte et des îlots au Sud de la Pointe de Paagoumène.

— Aucune nature de fonds n'était effectuée.

## 9. Documents établis

### Minutes de bathymétrie et recherches de roches

Au 1:5 000 { 76.9.1 : Passé de Poum  
76.9.2 : Passé de la Gazelle  
76.9.3 : Baie de Banaré (Rade Poum).  
Recherches de roches

Au 1:10 000 76.9.1  
à 76.9.8 : De Poum à Koumac

Au 1:100 000 76.9.16 : De Poum au large de Koumac  
Minutes de topographie au 1:30 000

— 77.13.18 : De la passe de Poum à la passe de la Gazelle

— 77.13.19 : De Poum à Bouerat

— 77.13.20 : Passé de la Gazelle

— 77.13.21 : de Bouerat à Koumac

Certaines de ces minutes ont été complétées et contresignées par l'ICA Bonnot, les travaux concernés n'étant pas terminés à l'époque de la passation de suite (voir § 8 ci-dessus).

Position	Coordonnées MTU		Date Heure TU + 10	Valeur de D. brute (réduite)	Observations
	X	Y			
I. Néba	387 742,86	7 769 365,86	Du 10 août 1975 au 13 août 1975	11° 29' E	Valeur moyenne
I. Tiambouène	399 457,82	7 742 847,21	13 avril 1976 1500	11° 29',5 E (11° 28',5 E)	
I. Ti Ac	403 878,28	7 747 042,08	13 avril 1976 1600	11° 32' E (11° 32' E)	
I. Boh	404 942,37	7 754 377,88	13 avril 1976 1010	11° 33',5 E (11° 34' E)	
Pointe Babouillat	407 498,18	7 746 819,43	Du 13 au 14 avril 1976	11° 23',5 E	V. Nota (1)
I. Tangadiou	418 912,28	7 727 087,04	15 avril 1976 1030	11° 32',5 E (11° 33',5 E)	

Nota : (1) Station de 24 heures (voir courbe Pl. 21) effectuée avec le théodolite N° 10 SH.

(2) Les corrections d'étalonnage adoptées sont les suivantes :

TØ N° 10 SH      C = - 1° 12'  
TØ N° 2 SH      C = + 0° 05'

Remarque. — La déclinaison mesurée en 1915 à Paagoumène (L = 20° 29', 2 S - G = 164° 11' E) était de 9° 11',6 E. La comparaison avec les mesures récentes indique une variation annuelle de 2' E.

## ANNEXE VIII.1

**LISTE DES COORDONNEES DES POINTS UTILISES AU COURS DES TRAVAUX  
DANS LA ZONE DE POUM A KOUMAC**

Coordonnées UTM – Ellipsoïde international – Fuseau 58  
Points rattachés au réseau IGN 1972

Désignation	Repères	X	Y	Ordre	Classi- fication amer	Observations
Ile Néba	Pyramide et borne en ciment	387 779,71	7 769 377,00	4	0	MOP 1974
	Antenne Toran	387 789,42	7 769 377,99	"	0	"
	Signal	387 590,81	7 769 374,47	"	0	"
Ile Pionne	Pyramide et borne en ciment	393 579,38	7 765 560,12	4	0	"
	Antenne Toran	393 582,28	7 765 555,44	"	0	"
Ilot Tiambouène Tiambouène Nord	Pyramide et borne en ciment	398 812,41	7 743 100,98	4	0	"
	Antenne Toran	398 803,34	7 743 091,69	"	0	"
" Tiambouène Sud	Signal	399 466,68	7 742 840,12	5	0	"
	Antenne Toran	399 464,88	7 742 847,22	"	0	"
	Borne en bois	399 457,82	7 742 847,21	"	0	"
	Borne en ciment et piquet en fer scellé	399 453,73	7 742 861,99	"	0	MOP 1976
Ilot Carrey	Axe balise	390 534,87	7 745 441,06	5	2	MOP 1974 – Balise métallique à voyant conique – Amer bien visible
Ilot Ouanne	Pyramide et borne en ciment	397 852,90	7 749 586,65	5	0	MOP 1974
	Borne en ciment	398 070,79	7 749 475,42	"	0	MOP 1975
Ilot Pouh	Pyramide et borne en ciment	407 846,63	7 731 584,40	4	0	MOP 1974
Ilot Yandagouet	Pyramide et borne en ciment	403 591,88	7 737 503,05	4	0	MOP 1974
Ilot Ti-Ac	Pyramide et borne en ciment	403 878,28	7 747 042,08	4	0	MOP 1974
	Antenne Toran	403 903,17	7 747 046,85	"	0	"
Ilot Tangadiou	Pyramide et borne en ciment	418 901,81	7 727 089,18	4	0	"
	Antenne Toran	418 883,17	7 727 082,81	"	0	"
Ile de la Table	Antenne Toran	414 739,37	7 726 179,94	3	0	MOP 1974 – Rattaché IGN 6-1
Ilot Goenghi Station	Borne en ciment – Piquet en fer	407 380,15	7 744 687,80	5	0	MOP 1976
	Signal Croisillon	407 380,76	7 744 688,02	"	0	"
Pointe Babouillat Signal (Espoir)	Piquet en fer – Croisillon	407 504,85	7 746 813,25	5	0	MOP 1976
	Station Borne en ciment	407 504,15	7 746 814,03	"	0	"
I. Maabounghi	Signal	402 018,64	7 753 263,7	6	0	MOP 1976

## ANNEXE VIII.1

**LISTE DES COORDONNEES DES POINTS UTILISES AU COURS DES TRAVAUX  
DANS LA ZONE DE POUM A KOUMAC**

Coordonnées UTM – Ellipsoïde international – Fuseau 58  
Points rattachés au réseau IGN 1972

Désignation	Repères	X	Y	Ordre	Classi- fication amer	Observations
<i>Points de l'Institut Géographique National et du Service Topographique (ST) utilisés</i>						
Presqu'île Tebane Station	Borne en ciment – Tube en fonte	400 189,68	7 766 736,63	3	0	IGN 2-24
Signal	Mire Figaret	400 189,65	7 766 736,63	"		"
Ile Néba	Borne en ciment – Tube en fonte	389 352,45	7 769 213,80	3	0	IGN 2-6
Ile Pionne	Borne en ciment – Tube en fonte	393 744,74	7 766 113,00	3	0	IGN 2-13
Poum 402	Borne en ciment – Tube en fonte	397 964,62	7 760 760,13	4	0	Borne ST
Poum 401	" "	395 980,44	7 761 671,84	4	0	"
Ile Yeuae	" "	399 897,89	7 763 842,81	3	0	IGN 2-23
Ile Mouac	" "	396 583,00	7 763 601,70	3	0	IGN 2-17
Côte 246	" "	399 712,65	7 755 680,82	3	0	IGN 3-2
Sommet Yago	" "	409 379,60	7 743 664,67	3	0	IGN 3-14
Ile Tante Station	" "	403 093,99	7 752 640,09	3	0	IGN 3-6
Signal	Mire Figaret	403 092,63	7 752 640,76	"	0	"
Ile Ti Station	Borne en ciment – Tube en fonte	406 149,88	7 748 037,04	3	0	IGN 3-10
Signal	Mire Figaret	406 149,78	7 748 036,96	"	0	"
Ile Double	Borne en ciment – Tube en fonte	408 912,0	7 736 330,0		0	Borne IGN recalculée MOP 76
Pointe Paagoumène	Borne en ciment	413 630,68	7 734 020,88	3	0	IGN 3-19
Sommet Noir	Borne en ciment – Tube en fonte	416 033,07	7 733 140,53	3	0	IGN 3-26
Koumac	" "	420 201,68	7 728 245,11	3	0	IGN 6-3
Koumac 401	" "	420 840,08	7 727 374,83	4	0	Borne ST
Ile de la Table	Borne en ciment – Tube en fonte	414 764,62	7 726 159,71	3	0	IGN 6-1
Presqu'île de Golone Station 411	" "	403 446,26	7 754 734,09	4	0	Borne ST
Station 415	" "	405 413,87	7 757 367,14	4	0	"
Station 416	" "	405 505,59	7 754 605,67	4	0	"
Ile Boh Station 414	" "	404 864,53	7 753 879,28	4	0	Borne ST
Station Sud	" "	405 222,13	7 752 113,80	3	0	IGN 3-8
Station Nord	" "	404 942,37	7 754 377,88		0	Borne SOFRATOP – Recalculée MOP 1976
Ile Naane	" "	412 190,50	7 750 955,15	3	0	IGN 3-16

## CHAPITRE IX

POLYNESIE FRANCAISE  
TRAVAUX DIVERS

## 1. Mururoa – Fangataufa

Du personnel officier-marinier de la MHNC a été détaché de juin à septembre 1974 auprès de la MHPF pour participer aux levés exécutés à Mururoa et Fangataufa. Ces levés dont la rédaction a été terminée à Nouméa fin 1974 sont mentionnés dans le rapport de l'I.A. Desnoës (\*).

(\* ) *Annales Hydrographiques*, (1976), n° 744, p. 63.

## 2. Tahiti

Du personnel de la MOP a effectué, à Tahiti, en octobre-novembre 1975 les travaux de géodésie préliminaires aux sondages prévus dans les limites des cartes B et 6525 du plan de cartographie de Tahiti (v. Annexe E).

Les sondages n'ayant pu être exécutés qu'après mai 1976, par suite d'une avarie de *L'Estafette*, l'ensemble des travaux seront décrits dans le rapport de mon successeur.

## ANNEXE A

## Sonar latéral Edgerton — Mark 1 B

La Mission reçut un appareil de ce type au cours de l'année 1975 ; le manque d'embarcations disponibles ne permit pas d'en effectuer l'évaluation complète, mais quelques essais furent réalisés dont il est rendu compte ci-dessous, après un bref rappel des caractéristiques de l'appareil.

Celui-ci comprend trois parties : le poisson, le câble et l'enregistreur.

— Le poisson, long de 1,20 m, pèse 21 kilogs dans l'air et peut être facilement manœuvré par une personne. Il renferme les transducteurs, l'émetteur et le préamplificateur de chaque voie.

Les caractéristiques électro-acoustiques de l'appareil sont les suivantes :

- Fréquence d'émission : 110 KHz.
- Ouverture en site du lobe principal :  $20^\circ$  ou  $50^\circ$ .
- Inclinaison du faisceau sur l'horizontale  $10^\circ$  ou  $20^\circ$ .
- Ouverture du lobe principal dans le plan horizontal :  $1,2^\circ$ .
- Le câble, utilisé sans dépresseur, fut celui de 50 mètres reliant directement le poisson à l'enregistreur.
- L'enregistreur est logé dans un coffret de dimensions réduites, pesant 30 kilogs. Les échelles peuvent être choisies parmi les suivantes : 0-50 m, 0-100 m, 0-125 m, 0-200 m, 0-250 m ; 0-500 m ; les marques de calibration sont espacées de 25 m quelle que soit l'échelle.
- L'alimentation électrique (24 V continu — 6 à 8 ampères) est fournie par deux batteries.
- Le poisson, remorqué par la pinasse à une vitesse de 3 à 4 nœuds sur une longueur de ligne filée d'une vingtaine de mètres au maximum, naviguait dans des conditions sensiblement conformes aux recommandations du constructeur pour ce qui concerne l'immersion : la hauteur de l'appareil au-dessus du fond devant être égale au dixième de l'échelle adoptée, celle-ci étant habituellement choisie entre 0 et 250 mètres et les fonds étant compris entre 10 et 15 mètres dans les zones explorées au cours des essais.

## Essais effectués

La première série d'essais de fonctionnement, essentiellement destinée à familiariser le personnel avec le matériel et à déterminer les possibilités d'installation de celui-ci à bord de la pinasse, eut lieu en rade de Nouméa par fonds de 10 m. De très bons échos furent obtenus sur les ancras et chaînes dont l'existence était connue.

Egalement en rade de Nouméa, par fonds moyens de 13 m, une deuxième série d'essais eut lieu en vue d'explorer une remontée de fond détectée initialement par le bureau hydrographique de la Société Le Nickel au cours de sondages réguliers, en position  $L = 22^\circ 15',00S$  —  $G = 166^\circ 24',15E$ .

Cette remontée de fond se révèle être une épave qui fut détectée à chaque passage sans aucune ambiguïté jusqu'à 100 m de distance (V. pl. A1 et A2). Une exploration par plongeurs devait d'ailleurs confirmer ce renseignement et déterminer la côte de l'épave (8,9) et ses dimensions (20 m x 9 m) (V. pl. A3 — copie de l'enregistrement du sondeur).

La troisième série d'essais fut conduite en rade de Port-Laguerre par fonds de 10 à 12 m dans le but de déceler la présence d'une roche faiblement immergée portée en position douteuse sur la carte 6656, à l'entrée de Port-Laguerre en  $L = 22^\circ 10',6S$  —  $G = 166^\circ 17',7E$ .

Cette roche n'avait pas été aperçue au cours des travaux de topographie effectués dans la région.

Les recherches effectuées sur profils radioguidés espacés de 100 mètres, ne donnèrent aucun résultat : aucune roche ne fut trouvée à la position indiquée. Des avaries survenues à la pinasse ne permirent pas d'explorer la totalité de la rade de Port-Laguerre mais il est probable que la roche n'existe pas à la position indiquée par la carte.

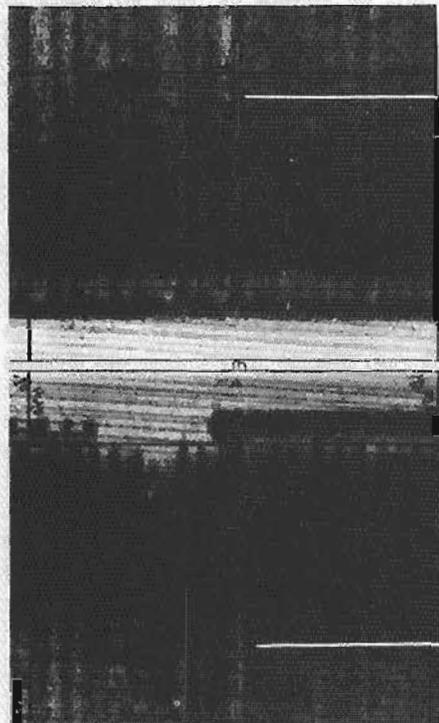
## Résultats et enseignements

Les évaluations décrites ci-dessus qui furent toujours effectuées par d'excellentes conditions météorologiques ne permettent pas d'exprimer un avis définitif sur l'utilisation du sonar latéral Edgerton.

Néanmoins, certains éléments d'information peuvent être tirés de ces essais :

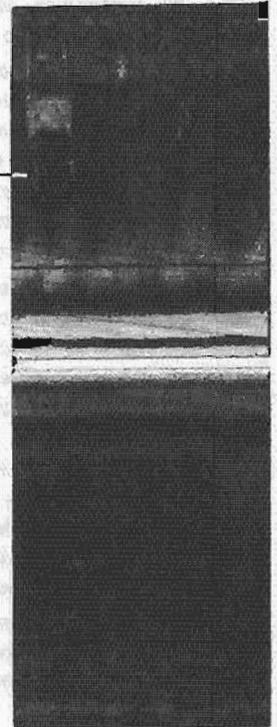
- Le fonctionnement de l'appareil paraît sûr, le matériel est robuste et de bonne qualité. Cependant l'encrassement des hélices doit être évité par un nettoyage fréquent et l'humidité du papier d'enregistrement doit être soigneusement préservée.
- La maniabilité de l'appareil à bord d'une embarcation du type pinasse est satisfaisante bien que, faute d'un dispositif adapté, la variation de ligne filée ne puisse être réalisée commodément.
- Un opérateur qualifié doit surveiller l'appareil et en reprendre les nombreux réglages lorsque l'un des paramètres d'utilisation (portée, profondeur, vitesse de remorquage) varie. Certains réglages sont dé-

# SONAR LATÉRAL EDGERTON



Echelle 0.125 m

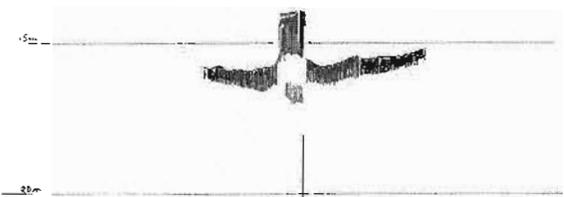
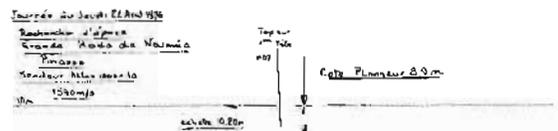
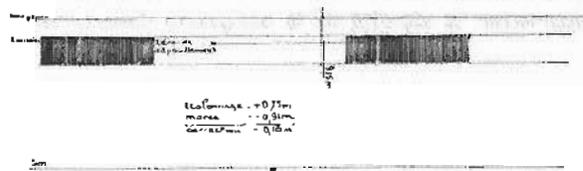
PL.A2



Rade de NOUMÉA  
22 Avril 1976  
Fonds 13,00 m

Echelle 0.100 m

PL.A1



Sondeur ATLAS DESO-10  
PL.A3

licats, en particulier ceux destinés à éliminer la diaphonie et l'attention de l'opérateur doit être constante.

— Dans les zones coralliennes, la mise en œuvre du sonar latéral présente quelques difficultés particulières. Pour des raisons évidentes de sécurité, la ligne filée doit être réduite au maximum ; tout accrochage au fond, au cours d'une manœuvre imprévue ou au cours des retournements, équivaldrait à la perte de l'appareil, malgré l'existence du dispositif de sécurité.

De ce point de vue, il serait intéressant d'utiliser l'appareil en fixant le poisson à l'extrémité d'un tangon placé à l'avant de l'embarcation ; cette disposition est d'ailleurs prévue par le constructeur. D'autre part le tracé des courbes de niveau étant très irrégulier dans les zones coralliennes, il est pratiquement impossible de suivre des profils parallèles à ces courbes, de façon à maintenir le poisson à une hauteur constante au-dessus du fond. Le rôle de l'opérateur chargé des réglages est donc particulièrement important et ses réactions doivent être rapides et efficaces.

— Compte tenu de ces éléments et des performances du sonar latéral Edgerton, il paraît possible de dégager quelques principes d'emploi de cet appareil en zone corallienne :

L'utilisation de l'appareil, toujours délicate, n'est pas justifiée dans les zones où les sondages réguliers ont révélé l'existence de nombreuses obstructions coralliennes ; ces zones présentent d'ailleurs un intérêt limité pour la navigation des bâtiments importants. Le sonar latéral, saturé dans ces zones, n'apporterait pas de renseignements complémentaires justifiant les risques de sa mise en œuvre. Par contre, dans les zones les plus saines du lagon, une recherche au sonar latéral doit permettre de détecter avec une grande sûreté les obstructions isolées qui auraient échappé aux sondages réguliers. Ces obstructions seront immédiatement cotées au sondeur vertical et éventuellement marquées pour être explorées par plongeurs. L'utilisation du sonar latéral doit ainsi permettre d'augmenter la sécurité de la navigation dans certaines

zones sélectionnées, sans resserrement exagéré des profils de sonde et de restreindre ainsi l'étendue des zones où, pour des raisons spécifiques, le dragage hydrographique demeure l'ultime recours. Cet élément est particulièrement intéressant en zone corallienne où le resserrement des profils de sonde, qui est actuellement le seul moyen d'accroître la sécurité des sondages, conduit à des pertes de temps considérables pour des résultats souvent peu concluants. En outre, l'expérience prouve que les obstructions les plus dangereuses sont les obstructions isolées existant dans les zones les plus saines où l'aspect général du relief sous-marin et la valeur moyenne des fonds ne justifient pas a priori un resserrement des profils.

Pour des raisons de facilité de mise en œuvre et de sécurité, il n'est pas souhaitable d'utiliser le sonar latéral sur l'embarcation qui effectue la sonde régulière, bien que l'utilisation simultanée du sonar latéral et du sondeur soit techniquement possible. Les paramètres d'utilisation seront fixés de façon à assurer un recouvrement total des zones explorées. Par petits fonds, les meilleurs résultats ont été obtenus sur les échelles 0-100 m et 0-250 m.

En conclusion, le sonar latéral apparaît comme un instrument fiable qui, mis en œuvre avec des grandes précautions dans certaines zones sélectionnées, fournit des renseignements précieux destinés à augmenter la sécurité des sondages réguliers. Il n'est cependant pas susceptible de remplacer la drague hydrographique. D'autre part, son utilisation intensive exige un personnel opérateur et technicien parfaitement qualifié et absorbe l'activité complète d'une embarcation de sonde. Celle-ci n'a besoin de recevoir aucune installation particulière pour mettre en œuvre le sonar latéral, mais elle doit offrir une place disponible suffisante pour que les deux opérateurs chargés de l'appareil puissent travailler dans des conditions confortables.

## ANNEXE B

## UTILISATION D'UNE CHAÎNE DE RADIOLOCALISATION TORAN P 10 DANS LE NORD DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE (MARS 1975 – MAI 1976)

Le matériel Toran P 10 utilisé en Nouvelle-Calédonie à partir de mars 1975 a été transporté à Nouméa à bord de *L'Estafette* en octobre 1974, après une période d'utilisation restreinte en Polynésie au cours de laquelle les résultats obtenus ne furent pas satisfaisants, aucun sondage n'ayant été effectué en utilisant ce moyen de localisation.

Le matériel disponible comprenait sept émetteurs, deux récepteurs à deux lieux (mode X ou V) et deux récepteurs à un lieu (mode Z).

L'inscription au programme de la MOP de travaux importants dans le Nord de la Nouvelle-Calédonie rendait nécessaire l'utilisation d'une chaîne de radiolocalisation. L'absence dans cette zone de toute station d'émission susceptible de perturber le fonctionnement du Toran constituait une circonstance favorable à la mise en œuvre d'un tel matériel en évitant l'une des causes des difficultés rencontrées à Tahiti.

### 1. Choix des sites d'implantation des stations et établissements des réseaux

Les sites d'implantation des émetteurs furent choisis en essayant d'optimiser les facteurs suivants :

1) Réduction des trajets terrestres des ondes radio-électriques et facilité de franchissement des lignes d'ombre pour contrôle de la stabilité des réseaux.

2) Disposition géométrique des réseaux : recherche de bases longues se coupant sous un angle suffisant, éloignement des émetteurs foyers de leur référence pour diminuer les risques d'accrochage.

3) Dégagement des antennes dans les zones de végétation.

4) Facilité d'accès aux stations, même par temps moyen, du personnel chargé d'assurer la charge des batteries et de l'entretien du matériel. Compte tenu des difficultés d'accès aux côtes de la Grande Terre, très abruptes ou encombrées de palétuviers, la prise en considération des différents facteurs énumérés ci-dessus conduisit à placer les émetteurs sur les îlots du lagon. Deux réseaux en X furent ainsi établis, avec des lignes de base longues de 25 km se coupant sous un angle de 25° environ. Deux implantations successives furent nécessaires pour couvrir l'ensemble de la zone. La possibilité d'un réseau Z traversier aux autres réseaux, un moment envisagée, fut abandonnée, le foyer Ouest de ce réseau ne pouvant être implanté que sur l'îlot Carrey, difficilement accessible. Les antennes d'émission furent installées en bordure de mer, l'ensemble émetteur-groupe électrogène et batteries étant placé le plus possible à l'intérieur compte tenu de la longueur réduite des câbles et coaxiaux. Des abris à clairevoie genre abris météo construits par la Mission protégeaient les émetteurs du soleil et des intempéries. Les antennes et récepteurs de compensation furent placés également en bordure de mer à 200 mètres environ des émetteurs de référence, la distance étant fixée par la longueur du câble et la configuration géographique du site choisi.

Les deux tableaux ci-après constituent la fiche technique des réseaux Toran qui sont représentés sur la planche B.1.

## CARACTERISTIQUES DES RESEAUX TORAN

Implantation Nord	COUPLE A		COUPLE B	
	I. Ti-Ac	I. Néba	I. Tiambouène/Nord	I. Pionne
Coordonnées des antennes (MTU)				
X	403 903,17	387 789,42	398 803,34	393 582,28
Y	7 747 046,85	7 769 377,99	7 743 091,69	7 765 555,44
Géographiques (Ellipsoïde international)				
L	20° 22' 32446 S	20° 10' 16622 S	20° 24' 45264 E	20° 12' 25
G	164° 04' 75340 E	163° 55' 57400 E	164° 01' 80837 E	163° 58' 88612 E
Constante de phase	5 000		5 000	
Longueur de base	27 545,14 m		23 068,68 m	
Longueur d'onde	150,7429 577 m		174,789 7346 m	
Lignes d'ombre				
Nord	5 182,73		5 131,98	
Sud	4 817,27		4 868,02	
Implantation Sud	COUPLE A		COUPLE B	
	I. Ti-Ac	I. de la Table	I. Tiambouène/Sud	I. Tangadiou
Coordonnées des antennes (MTU)				
X	Voir ci-dessus	414 739,37	399 454,88	418 883,17
Y	"	7 726 179,94	7 742 847,22	7 727 082,81
Géographiques (Ellipsoïde international)				
L	"	20° 33' 66760 S	20° 24' 58724 S	20° 33' 18913 S
G	"	164° 10' 92280 E	164° 02' 18217 E	164° 13' 31034 E
Constante de phase	5 000		5 000	
Longueur de base	23 519,79 m		25 026,94 m	
Longueur d'onde	150,7429 577 m		174,7897 346 m	
Lignes d'ombre				
Nord	4 843,97		4 856,82	
Sud	5 156,03		5 143,18	

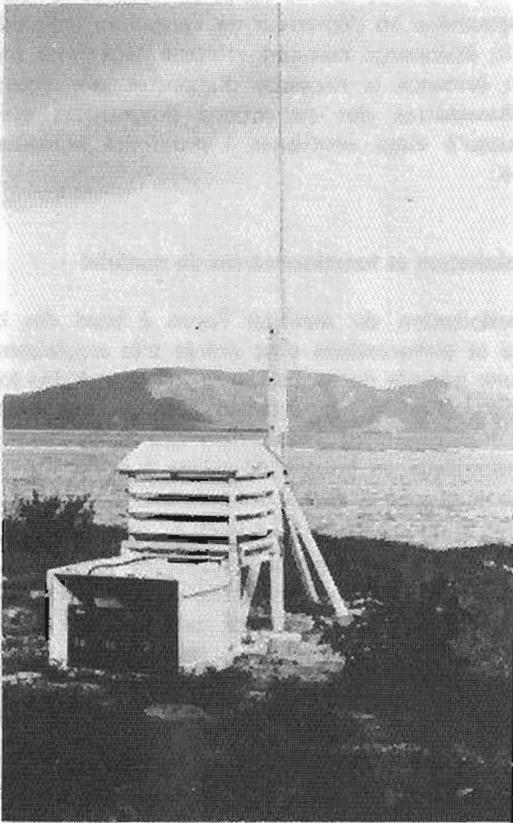
Célérité admise pour tous les réseaux 299 677 km/sec

## FONCTIONS DES STATIONS TORAN

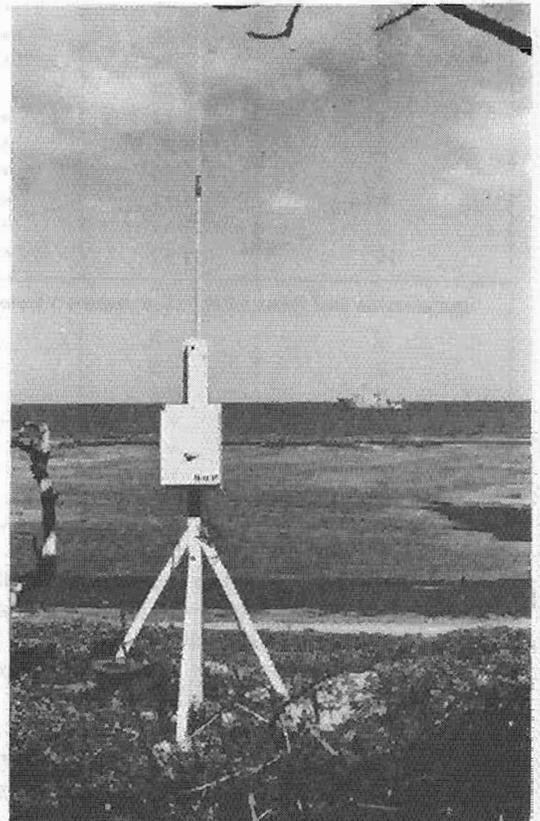
Sous-ensemble	Stations	Repère	Fréquence
<b>Implantation Nord</b>			
Couple A	I. Ti-Ac I. Néba	EFO-A ERE-A BRC-BF-B (200 Hz)	1 988 KHz 1 988 KHz + 80 Hz 1 714,5 KHz + 455 KHz
Couple B	I. Pionne I. Tiambouène (Nord)	EFO-B ERE-B BRC-BF-A (80 Hz)	1 714,5 KHz + 200 Hz 1 714,5 KHz 1 988 KHz + 455 KHz
<b>Implantation Sud</b>			
Couple A	I. Ti-Ac I. de la Table	EFO-A ERE-A BRC-BF-B (200 Hz)	1 988 KHz 1 988 KHz + 80 Hz 1 714,5 KHz + 455 KHz
Couple B	I. Tiambouène (Sud) I. Tangadiou	ERE-B BRC-BF-A (80 Hz) EFO-B	1 714,5 KHz 1 988 KHz + 455 KHz 1 714,5 KHz + 200 Hz

ERE : Emetteur de référence  
 BRC : Récepteur de compensation  
 EFO : Emetteur foyer

## MATÉRIEL TORAN P10



Station d'émission



Récepteur de compensation

## 2. Installation à bord des bâtiments

Les vedettes de *L'Estafette* possédaient à leur départ de métropole les installations nécessaires à la mise en œuvre du Toran P 10 : plaques de masse et antennes. Des installations similaires furent réalisées par la Mission avec le concours de la Marine à Nouméa sur les vedettes de la *Boussole*, une antenne de réception étant installée en tête de mât de ce bâtiment et sur le *Corail*.

## 3. Tracé des mappes et étalonnage

### Choix de la vitesse de propagation des ondes radio-électriques et établissement des mappes

Les mappes furent tracées par le Centre de Calcul de l'EPSHOM, la vitesse de propagation étant choisie égale à 299 677 km/sec.

### Étalonnage

Les mesures d'étalonnage furent effectuées à bord de la *Boussole*. Les résultats obtenus aux points figurant sur la planche B1, sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Désignation du point v. planche B1	Différence entre phase lue et phase théorique calculée ( $\varphi_1 - \varphi_T$ ) exprimée en centièmes	
	Réseau A	Réseau B
Implantation Nord (Avril 1975) — Dix points d'étalonnage		
1	+ 17	+ 4
2	+ 15	+ 4
3	+ 14	+ 2
4	+ 13	0
5	+ 12	+ 4
6	+ 11	+ 5
7	+ 10	+ 5
8	+ 12	+ 6
9	+ 11	+ 3
10	+ 13	+ 3
Implantation Sud (Mars 1976 — Sept points d'étalonnage		
1	+ 8	- 6
2	+ 6	- 5
3	+ 3	- 11
4	+ 1	- 12
5	+ 3	- 11
6	+ 6	- 13
7	+ 11	- 10

Ces mesures d'étalonnage furent très rapidement exploitées grâce à l'utilisation d'une calculatrice HP 65 programmable permettant de calculer sans délais la position du bâtiment et la valeur des phases théoriques.

La valeur des corrections et leur faible variation dans l'ensemble de la zone de travail justifiaient le choix de la valeur adoptée pour la vitesse de propagation et montraient la faible influence des parcours

terrestres extrêmement réduits. Les recalages nécessaires furent effectués de façon à ne conserver que de faibles corrections résiduelles introduites au moment de la construction.

Ces résultats favorables furent toutefois mis en défaut dans la zone côtière située au Nord de la Pointe de Paagoumène où l'émetteur de Tangadiou était masqué. Un étalonnage restreint effectué dans cette zone mit en évidence la nécessité d'apporter aux lectures des phasemètres des corrections progressives croissant jusqu'à vingt centièmes à proximité immédiate de terre.

## 4. Exploitation et fonctionnement du matériel

L'exploitation du matériel Toran à bord des bâtiments et embarcations s'est avérée très satisfaisante, après une période de formation du personnel. Un soin tout particulier fut apporté au contrôle des phases par le franchissement biquotidien des lignes d'ombre et le mouillage de bouées de calage à proximité immédiate de la zone de travail des vedettes.

A bord de celles-ci, le fonctionnement simultané du Toran et des émetteurs-récepteurs TRPP 13 ne créa pas d'interférences gênantes, à condition d'utiliser les fréquences de haut de gamme des TRPP 13 (70 MHz). Aux fréquences plus basses et en cas de fonctionnement imparfait du Toran, l'exploitation simultanée des deux appareils s'est avérée difficile.

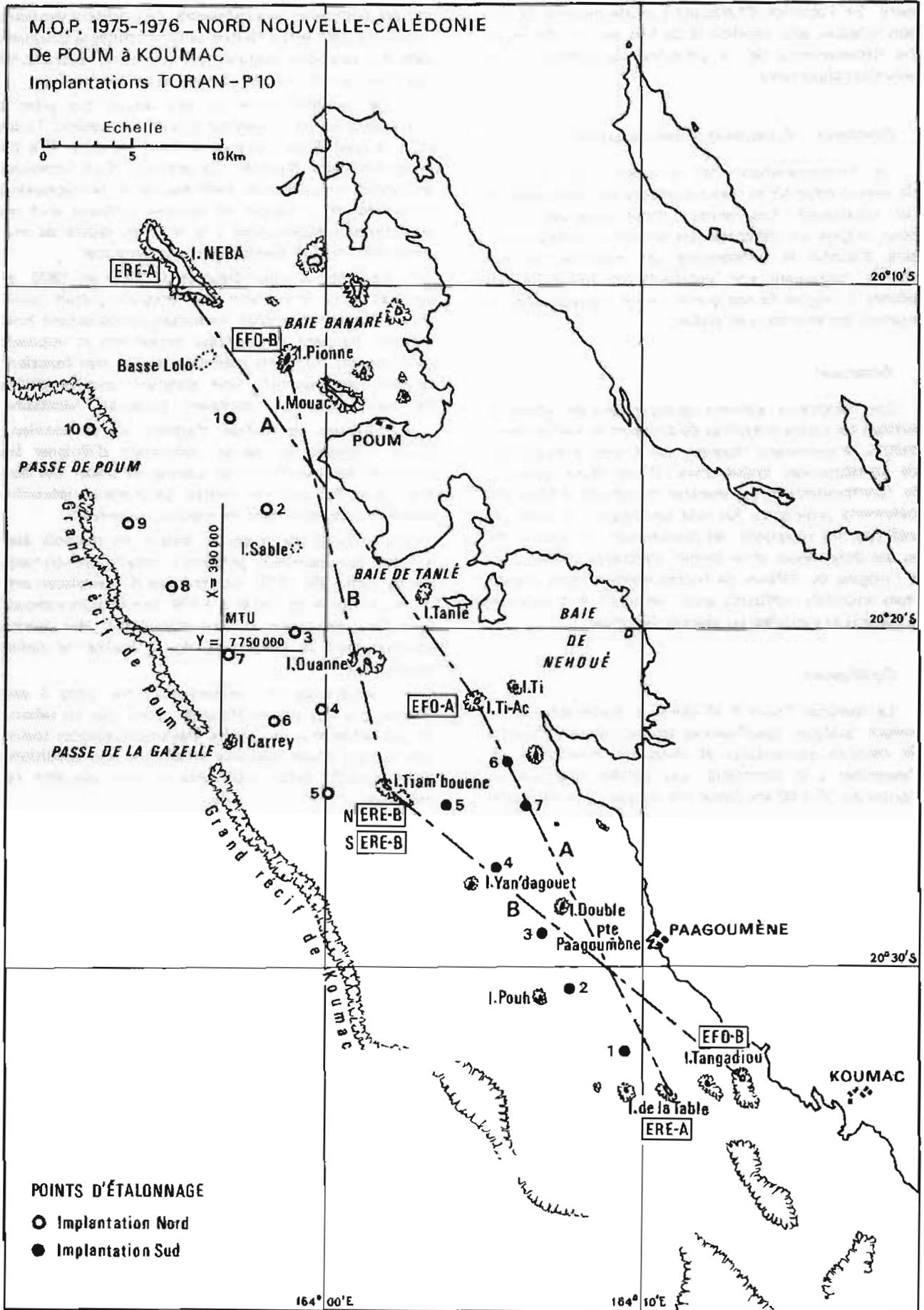
### Fonctionnement du matériel et appréciations générales

#### Alimentation électrique des stations d'émission

A la mise en service de la chaîne Toran, deux stations sur quatre purent être alimentées par des piles Cipel de 1,2 V à eau de mer, approvisionnées en 1974, mais ces piles furent mises hors d'usage au bout de trois cents heures de fonctionnement, sans que l'on puisse définir la cause de cette usure rapide. Toutes les stations furent alors alimentées par quatre batteries de grande capacité (6 V - 195 AH) rechargées périodiquement par groupes électrogènes (consommation du Toran P 10 : 2 A environ sous 24 V).

La Mission disposait de groupes électrogènes Brihan GC 6 A - 500 Watts et Bernard Tupes W 39 et W 19 A de 750 W. Ce matériel très robuste, maniable, était bien adapté aux besoins mais certains moteurs, déjà usagés, ne furent maintenus en service que grâce aux interventions fréquentes du personnel mécanicien. Des groupes Bernard 18 A de 500 Watts trop fragiles ne furent pratiquement pas utilisés.

Le régime de charge adopté pour les batteries des stations imposait au groupe électrogène, tous les trois jours, un fonctionnement continu et sans surveillance de 8 heures, le matériel restant en permanence sur le terrain. Les opérations d'approvisionnement en essence, de démarrage des groupes et de contrôle des batteries étaient assurées par une équipe réduite de deux personnes fournies par le bâtiment ou par une équipe à



PL. B1.

terre. En l'absence d'hélicoptère et de moyens de liaison adaptés aux conditions parfois sévères du lagon, les déplacements de ce personnel constituèrent une servitude importante.

#### *Emetteurs — Récepteurs de compensation*

Le fonctionnement des émetteurs, des horloges de programmation et des récepteurs de compensation fut satisfaisant. Les seules pannes sérieuses eurent pour origine un dérèglement des potentiomètres permettant d'ajuster la température des enceintes thermostatées, entraînant une instabilité en fréquence des pilotes. L'origine de ces avaries ne fut trouvée qu'après examen des émetteurs en atelier.

#### *Récepteurs*

Les récepteurs subirent quelques avaries, affectant surtout les cartes mémoires de phase et les cartes phase-mètres. Rapidement réparées, ces avaries n'eurent pas de conséquences importantes. D'une façon générale, le fonctionnement du matériel embarqué à bord des bâtiments principaux fut très satisfaisant. A bord des vedettes, les vibrations, les mouvements de plate-forme et les défaillances d'un circuit électrique usagé furent à l'origine de défauts de fonctionnement sans gravité, mais toutefois suffisants pour nécessiter des recalages fréquents et perturber les séances de sonde.

#### *Conclusions*

Le matériel Toran P 10 utilisé a donné satisfaction malgré quelques insuffisances technologiques (fragilité de certains composants et résistance insuffisante de l'ensemble à la corrosion). Les portées obtenues, de l'ordre de 70 à 80 km (pour une puissance de 10 watts)

ont été conformes aux prévisions. La précision des lieux obtenus a permis d'effectuer sans difficultés la construction des positions jusqu'au 1:5 000 ce qui correspond également aux prévisions admises en ce domaine.

— Ces résultats n'ont pu être acquis que grâce à la compétence de l'ingénieur chargé du matériel Toran et à la qualité du matériel de contrôle dont il a pu progressivement disposer. La présence d'un personnel électronicien qualifié et bien équipé et la disposition de pièces de rechanges en nombre suffisant sont les conditions indispensables à la mise en œuvre de matériel électronique, particulièrement outre-mer.

— Le matériel dont disposait la MOP en 1976, et en particulier le nombre des récepteurs, était insuffisant. Ce nombre réduit interdisait pratiquement tout échange standard d'ensembles importants et imposait de fréquents transferts préjudiciables au bon fonctionnement du matériel. Une dotation supplémentaire de deux récepteurs complets paraissait nécessaire.

L'utilisation de boîtes d'accord et de coaxiaux d'une vingtaine de mètres permettant d'éloigner les antennes des émetteurs eut permis de placer ces derniers dans des endroits abrités. Le matériel nécessaire doit être disponible dans les missions outre-mer.

Les groupes électrogènes étaient en mauvais état et leur remplacement progressif devait être envisagé dès le début de 1976. Les groupes de remplacement, d'une puissance de 750 W à 1 KW, devraient être choisis pour leur robustesse et leur maniabilité, leur service conditionnant le rendement de la chaîne de radio-localisation.

— L'expérience de l'alimentation par piles à eau de mer n'a pas été satisfaisante. Bien que les raisons de cet échec n'aient pas été clairement établies (peut-être s'agit-il d'une mauvaise adaptation aux conditions climatiques ?), cette expérience ne doit pas être renouvelée.



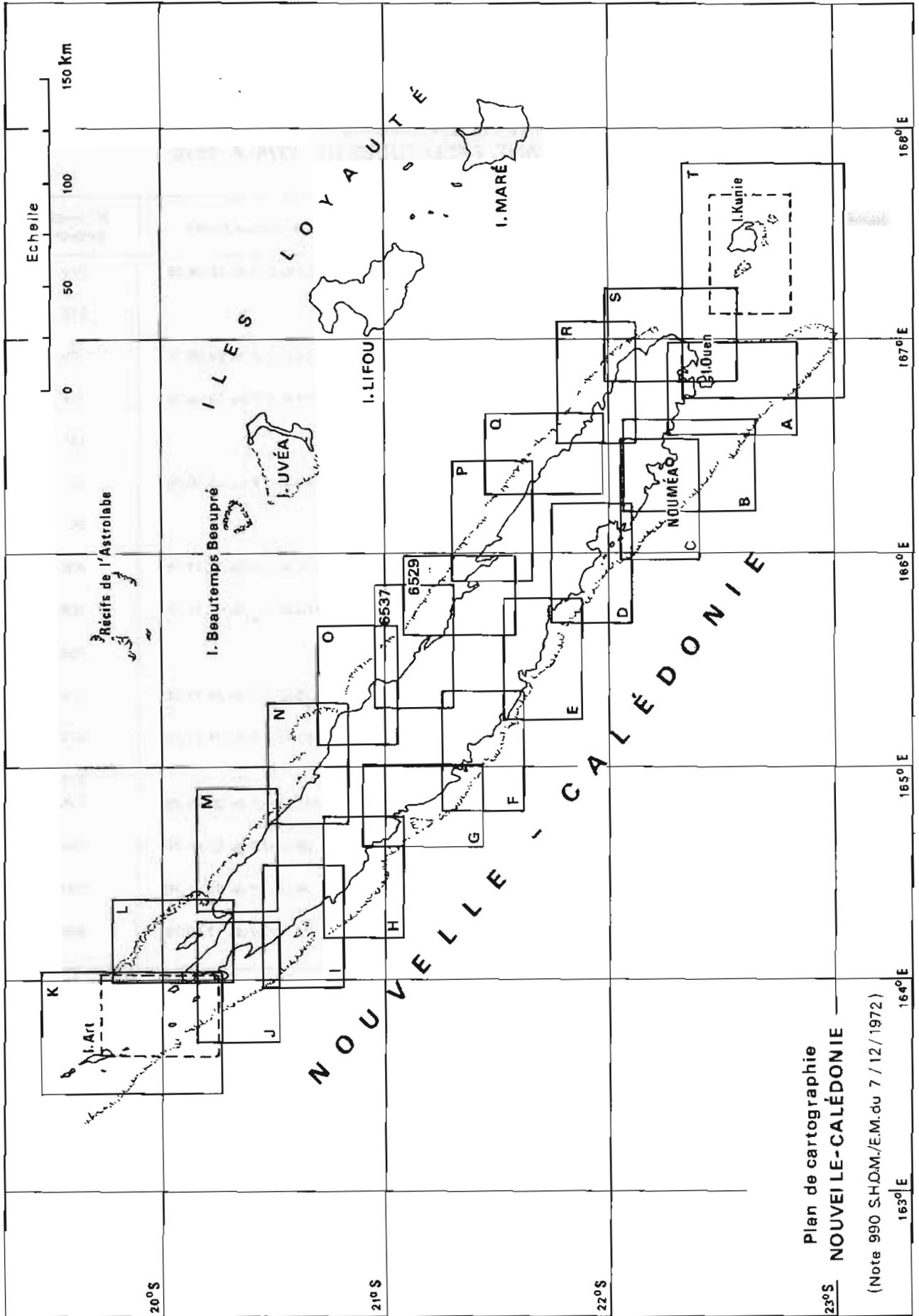
REPARTITION DES  
LIEUX DE RECHERCHES  
ET DE LOCALISATION

## ANNEXE C

**NOUVELLE-CALEDONIE**  
**MESURES DE COURANT EFFECTUEES DE 1974 A 1976**

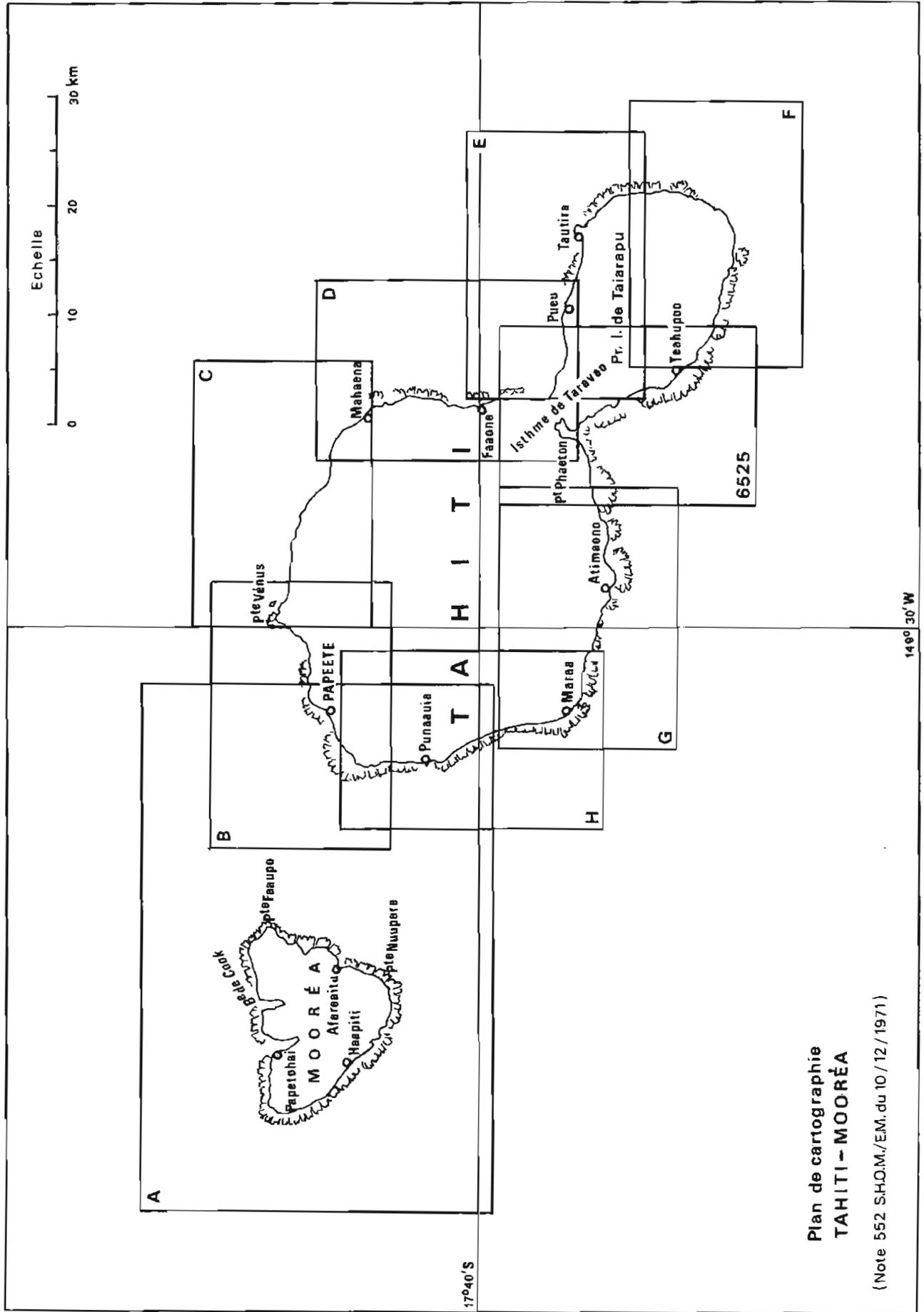
Numéro de la station	Position	Date du... au...	Bordereau d'envoi	N° dossier EPSHOM
1-74	Canal Havannah (à 1,7 M dans le 125° du phare de Goro)	16.10.74 19.10.74	57 M.O.P du 16.04.75	712
1-75	"	06.01.75 09.01.75	"	713
2-75	A 6,4 M dans le 120° de P. Epic	28.04.75 29.04.75	94 M.O.P du 24.06.75	729
3-75	Passe de Poum	23.06.75 26.06.75	124 M.O.P du 13.08.75	744
4-75	"	02.07.75 05.07.75	"	745
5-75	A 2 M dans l'Ouest de l'île Tanlé	08.08.75 11.08.75	149 M.O.P du 03.10.75	751
6-75	"	15.08.75 20.08.75	"	752
7-75	Passe de la Gazelle	05.09.75 09.09.75	175 M.O.P du 26.11.75	769
8-75	A 2,75 M dans le 180° de la Pointe Paagoumène	12.09.75 17.09.75	163 M.O.P du 04.11.75	755
9-75	"	18.09.75 23.09.75	"	754
10-75	Passe de la Gazelle	13.10.75 18.10.75	175 M.O.P du 26.11.75	770
11-75	A 2,75 M dans le 225° du Cap Tonnerre	21.10.75 26.10.75	181 M.O.P du 04.12.75	772
12-75	"	26.10.75	"	771
13-75	Passe Dumbéa	30.09.75 07.10.75	183 M.O.P du 09.12.75	775
14-75	Passe de Boulari	04.11.75 07.11.75	08 M.O.P du 29.01.76	794
15-75	Passe de Boulari	11.12.75 19.12.75	08 M.O.P du 29.01.76	793
1-76	Baie des Dames (Nouméa)	19.01.76 22.01.76	15 M.O.P du 17.02.76	808

ANNEXE D



Plan de cartographie  
NOUVELLE-CALÉDONIE

(Note 990 S.H.D.M./E.M. du 7 / 12 / 1972 )



Plan de cartographie  
TAHITI - MOORÉA

(Note 552 SHOM./EM. du 10 / 12 / 1971)

# MISSION HYDROGRAPHIQUE DE L'ATLANTIQUE (15 avril 1976 - 1<sup>er</sup> février 1977)

par

M. Marc RIBET  
Ingénieur en chef de l'Armement (hydrographe)

## SOMMAIRE

### Chapitre I. — Généralités

- I.1. Organisation générale
- I.2. Personnel — Officiers
- I.3. Base — Véhicules
- I.4. Moyens flottants — vedettes
- I.5. Activité générale

### Chapitre II. — Matériel et méthodes spécifiques

- II.1. Toran
- II.2. Trident
- II.3. Sondeurs verticaux et latéraux
- II.4. Autres matériels électroniques
- II.5. Marégraphes et courantomètres
- II.6. Méthodes de rédaction

### Chapitre III. — Achèvement de levés antérieurs

- III.1. Manche sud-orientale
- III.2. Chaussée au sud des Pierres-Noires
- III.3. De Calais à Gris-Nez
- III.4. Chenal de Dunkerque
- III.5. Levé du plateau au sud de la Basse Charles Martel
- III.6. Levé sur la Basse Hermine

### Chapitre IV. — Levé du Cap Gris-Nez au Touquet

- IV.1. Généralités
- IV.2. Bathymétrie au nord d'Alprech
- IV.3. Bathymétrie au sud d'Alprech
- IV.4. Marée
- IV.5. Courants

### Chapitre V. — Levé en Baie de Seine

- V.1. Généralités
- V.2. Localisation
- V.3. Sondages
- V.4. Marée
- V.5. Courants

### Chapitre VI. — Travaux divers

- VI.1. Géodésie aux abords de Brest
- VI.2. Courantométrie devant l'île Longue
- VI.3. Entraînement des personnels

### Annexe. — Coordonnées des points géodésiques utilisés par la M.H.A.

- A.1. Pas-de-Calais
- A.2. Baie de Seine
- A.3. Abords de Brest

## CHAPITRE I

## GENERALITES

## I.1. Organisation générale

L'organisation générale de la Mission Hydrographique de l'Atlantique (M.H.A.) n'a pas sensiblement évolué au cours de la période considérée, du 15 avril 1976 au 1<sup>er</sup> février 1977. La nécessité d'une base à terre subsiste du fait de l'insuffisance des logements et des locaux de rédaction disponibles à bord des deux bâtiments hydrographiques affectés à la Mission. En outre cette infrastructure permet de conserver dans des conditions acceptables l'important matériel dont dispose la Mission.

Les inconvénients de cette implantation à Toulbroc'h résident, d'une part dans le coût élevé de cette solution, tant au point de vue des personnels affectés au fonctionnement de la base que des frais d'entretien des locaux et installations, d'autre part dans l'éloignement de tous les autres pôles d'intérêt de la Mission, à savoir les bâtiments, les chantiers hydrographiques et l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (EPSHOM). La correspondance, les questions administratives et le suivi de la rédaction imposent au Directeur des passages périodiques à la Base, malgré le souci permanent d'être à bord des bâtiments pendant les travaux à la mer.

Pendant la période considérée, la Mission a disposé à plein temps de deux bâtiments hydrographiques, le BH1 *L'Espérance* et le BH2 *Astrolabe*.

## I.2. Personnel

L'Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe) Ribet succédait à l'Ingénieur en Chef Dars dans les fonctions de Directeur de la Mission.

Il a été assisté par des Ingénieurs de l'Armement :

– M. Ancelin jusqu'au 1<sup>er</sup> octobre 1976.

– M. Giordano à partir du 20 septembre 1976.

par :

– M. Auffret, Ingénieur des Etudes et Techniques d'Armement, jusqu'au 1<sup>er</sup> juillet 1976.

ainsi que par des officiers de réserve de la branche Recherche Scientifique, effectuant leur Service National,

– MM. Geeraerd et Pons.

puis :

– MM. Devauchelle et Dicquemare.

Ces officiers se sont consacrés essentiellement au contrôle des appareils électroniques spécifiques, à l'établissement des dossiers de courantométrie et à quelques missions à terre ou embarquées.

L'Ingénieur Sous Contrat de Kerpoisson était chargé du matériel électronique.

Le plan d'armement de la M.H.A. comportait 13 officiers-mariniens. Les effectifs réels ont été légèrement supérieurs. Les élèves hydrographes ont apporté un concours efficace pendant la durée de leur premier stage embarqué. Cet effectif est cependant juste suffisant pour assurer la rédaction des travaux à la mer.

Le BH1 *L'Espérance* était commandé par le Lieutenant de Vaisseau Fery, promu Capitaine de Corvette le 1.1.77, le BH2 *Astrolabe* par l'Officier des Equipages Benoit.

## I.3. Base – véhicules

Les locaux de la Base de Toulbroc'h sont, sinon modernes et fonctionnels, du moins habitables et décentes, au prix d'un effort d'entretien permanent qui amène à remettre périodiquement en cause l'adaptation de cette base aux besoins de la Mission.

La Mission disposait des véhicules suivants :

– 2 camions (SAVIEM 4 x 4).

– 2 camionnettes (2 Citroën HY – 1 Peugeot 404 C).

– 3 voitures de liaison (Breack Peugeot 404).

Les véhicules étant dans l'ensemble en bon état, cette dotation était suffisante. Toutefois les camions tout terrain, dont l'emploi en métropole est rarement justifié, sont exceptionnellement utilisés. Une voiture de liaison supplémentaire aurait été plus utile et économique que l'un au moins de ces deux poids lourds.

## I.4. Moyens flottants – vedettes

*L'Espérance* :

Ce bâtiment très stable, d'une grande autonomie, disposant d'une grue et de vastes cales à matériel est bien adapté aux travaux en cours en particulier à la moyenne sonde sur profils de longue durée.

*L'Astrolabe* :

Le principal défaut de ce bâtiment est le manque de place, tant en logements (quatre officiers-mariniens hydrographes seulement peuvent y loger) qu'en locaux pour la rédaction (rendue en outre difficile par la tenue à la mer du bâtiment) et la conservation du matériel. La centrale hydraulique, le treuil et le portique destinés initialement au sonar remorqué ne sont pas utilisés ac-

tuellement. Ils constituent une gêne importante sur la plage arrière déjà exiguë et nuisent à la stabilité du bâtiment. C'est malgré tout un bâtiment assez bien adapté aux travaux près de la côte, mais à bord duquel il n'est guère possible de rédiger.

#### **Vedettes**

La vétusté de ces vedettes met en cause la sécurité du personnel. En outre elle a entraîné de nombreuses pertes de temps à la suite d'avaries, survenues en particulier sur l'alimentation électrique.

Le remplacement des embarcations de *L'Espérance* par les nouvelles vedettes de 9 mètres, s'il ne résout pas totalement le problème, devrait du moins faciliter beaucoup le travail de la Mission.

#### **I.5. Activité générale**

*L'Espérance*, dotée d'un récepteur DECCA Hi-Fix prêté par l'Hydrographic Department Britannique s'est consacrée presque exclusivement au nouveau levé intermédiaire en baie de Seine, de mai à juillet, puis de septembre à la mi-novembre 1976.

*L'Astrolabe* a été affecté à l'achèvement des levés côtiers du Pas-de-Calais, intercalaires, recherches de roches et d'épaves ou reconnaissances d'amers.

Les travaux aux abords de Brest : Pierre-Noires, Charles Martel et Basse Hermine ont été également achevés.

## CHAPITRE II

### MATERIEL ET METHODES SPECIFIQUES

#### II.1. Toran

Ce matériel a été peu utilisé au cours de la campagne 1976. Le réseau P10 a été remis à la Mission Océanographique de l'Atlantique avant son départ pour les Antilles. Les récepteurs type E et type P ont été utilisés avec la chaîne du Port Autonome de Dunkerque et également à titre de lieu de vérification avec la chaîne de la baie de Seine des Phares et Balises.

Les récepteurs type P, peu encombrants et d'utilisation commode présentent deux inconvénients : ils ne donnent pas d'indication sur la qualité de la réception et sont très sensibles au parasitage. Il est très vivement recommandé de leur adjoindre, un dispositif d'enregistrement, analogique (Linax) ou numérique (imprimante Sacot). Cela ne suffit d'ailleurs pas toujours à retrouver le nombre exact d'hyperboles sautées, d'où la nécessité de procéder à des recalages fréquents sur des points connus. Par ailleurs, le dispositif permettant d'introduire une constante de phase dans le récepteur (valeur test) doit être manipulé avec précaution. Il y a un risque d'introduire des erreurs systématiques ne pouvant être corrigées par l'étalonnage global, par exemple si le recalage se fait sur un point peu précis et que l'on affiche la phase théorique en ce point. Les étalonnages utilisés sont ceux adoptés par la M.H.A. en 1973 et 1974.

#### II.2. Trident

La Mission disposait d'un interrogateur et de cinq balises Trident II qui ont été utilisés principalement au voisinage de Boulogne, puis au Sud-Est de la baie de Seine.

En outre, deux interrogateurs et trois nouvelles balises ont subi les essais de recette en septembre et octobre. Les contrôles de cohérence des lieux Trident, ainsi que les comparaisons à de nombreuses visées optiques ont fait apparaître une anomalie de fonctionnement au niveau du comptage des impulsions chronométriques.

Après modification du circuit incriminé, des mesures sur base fixe effectuées en décembre ont donné toute satisfaction. La Mission devrait donc disposer maintenant d'un système de positionnement particulièrement adapté aux levés de précision, d'implantation et de manipulation très faciles, il donne sans ambiguïté ni calage initial une position très précise et facile à calculer ou à construire.

#### II.3. Sondeurs verticaux et latéraux

Les sondeurs Atlas Deso 10, très robustes, sont d'une fiabilité excellente et donnent toute satisfaction, à condition d'interdire au secrétaire des interventions sur le calage de vitesse et d'enregistrement de l'émission, que la stabilité des réglages ne nécessite pas. Le sondeur latéral Edgerton est susceptible d'apporter des renseignements complémentaires très appréciables pour retrouver une obstruction isolée sur un fond régulier. N'ayant pas eu à faire de levé systématique à l'aide de cet appareil, nous l'avons essentiellement utilisé pour préciser la forme et la position d'épaves détectées par d'autres moyens, afin de délimiter la zone à couvrir avec le sondeur vertical pour trouver la côte extrême.

Les problèmes posés par l'utilisation du câble de 150 mètres résident d'une part dans sa manipulation — relevage rapide en cas de remontée du fond — sans l'aide d'un treuil adapté, d'autre part dans l'étanchéité des connecteurs. En outre il est difficile d'assurer la plongée de l'appareil avec le divergent fourni par le constructeur.

#### II.4. Autres matériels électroniques

##### *Liaisons radio*

La liaison entre les équipes à terre, les bâtiments et les vedettes était assurée par des postes émetteurs-récepteurs du type TRPP 13. Si ces appareils donnent toute satisfaction il n'en est pas de même des amplificateurs et des casques destinés aux vedettes.

##### *Magnétomètre*

Cet appareil a été utilisé pour une partie du levé intermédiaire en baie de Seine. Il apporte un utile complément d'information pour la détection des épaves métalliques.

Le capteur a été perdu au cours de ce travail (rupture du câble par l'hélice passée accidentellement en pas arrière).

##### *Système Sylosat*

Le fonctionnement de ce matériel laisse beaucoup à désirer. Il semble que l'alimentation électrique soit en partie responsable. La télétype, les entrées synchro cap et vitesse sont les principaux points faibles.

## II.5. Marégraphes et courantomètres

### Marégraphes

La Mission a remplacé le marégraphe et son tube à la station du nouveau port d'Antifer, qui a servi de référence pour la partie Est du levé en baie de Seine.

Les repères de calage n'ont pas été modifiés.

Il aurait été très souhaitable de pouvoir disposer en outre d'un marégraphe immergé à proximité immédiate des zones sondées pour vérifier localement la validité du modèle de réduction de la marée.

### Courantomètres

Les courantographes Mecabolier type 1280 E à enregistrement photographique sont d'un fonctionnement peu sûr. Les compteurs se bloquent souvent, parfois ce sont les impulsions d'horloge qui manquent et il est difficile de retrouver l'heure réelle des mesures. En outre, par fort courant, l'axe de l'hélice ne résiste pas et les piles viennent frotter contre leur support, ce qui fausse considérablement la mesure.

## II.6. Méthodes de rédaction

Les mappes de radiolocalisation Decca Hi-Fix, Toran et Trident ont été tracées automatiquement à l'EPSHOM. Elles ont été utilisées pour la préparation et pour la construction des lignes de sonde, sauf en baie de Seine où ont été employés les programmes

de construction automatique permettant également la détermination des courants de dérive.

Si cette méthode réduit sensiblement le travail de construction, elle entraîne en contrepartie des délais très longs, du fait de la perforation des cartes, comme des multiples passages en ordinateur et des corrections nécessaires.

### Marée

Pour tous les travaux en Manche, la marée sur zone est déterminée en appliquant aux observations en un port de référence, les déphasages et les facteurs d'amplitude déduits de la carte générale des lignes cotidales et d'isomarnage de la Manche établie par l'EPSHOM en 1974.

La marée est calculée en chaque station par une formule de la forme  $h(t) = k(x, y) \times H[t + \theta(x, y)]$ .

$k(x, y)$  est le rapport des amplitudes au point  $x, y$  et au port de référence.

$\theta(x, y)$  est le retard de propagation entre ces deux points.

Dans le cas d'une construction automatique, ces deux valeurs sont déterminées à l'aide de polynômes d'interpolation du troisième ordre, à partir des valeurs rondes tirées de la carte générale.

Dans le cas d'une construction manuelle (abords de Boulogne),  $k$  et  $\theta$  sont considérés comme constants à l'intérieur de mailles suffisamment petites et la marée est calculée sur machine de bureau.

## CHAPITRE III

## ACHEVEMENT DE LEVES ANTERIEURS

Ce chapitre est relatif aux travaux entrepris par mes prédécesseurs MM. Pasquay et Dars et vient en complément des rapports de Mission établis par ceux-ci (\*).

## III.1. Manche sud-orientale

La Mission a exécuté au mois de mai 1976 trois recherches de roches complémentaires dans la zone sondée au 1/20 000 en 1975 sous la direction de l'ICA Dars au large de Fécamp. Ces recherches ont été consignées sur une minute R10/F10. F11.

Les mesures de courant effectuées au courantographe Mecabolier à savoir :

point A, du 17 au 25 juin 1975, immersion 8 m,

$L = 50^{\circ}00'04''$  N,

$M = 0^{\circ}30'08''$  E et

point B, du 17 au 26 juin 1975, immersion 8 m,

$L = 50^{\circ}12'00''$  N,

$M = 0^{\circ}00'48''$  E

ont fait l'objet de deux dossiers n° SH 854 et 863.

## III.2. Chaussée au sud des Pierres-Noires

## Généralités

Les travaux prescrits à la Mission avaient pour objet l'étude d'une zone maritime susceptible de recevoir des dépôts de matériaux vasards, située au large de Brest, au Sud de la chaussée des Pierres-Noires. Ils comportaient, d'une part des sondages selon des lignes écartées de 50 mètres, dans les limites figurées sur la planche n° 1, d'autre part des mesures de courant d'une durée d'un mois à diverses immersions et en trois emplacements.

Les sondages ont été exécutés par le BH2 *Astrolabe* au mois de février 1976, puis complétés par des recherches de têtes en juin 1976. Leur rédaction à l'échelle de 1/5 000 s'est achevée en novembre 1976.

La campagne de courantométrie s'est déroulée du 22 décembre 1975 au 8 mai 1976. Le dépouillement a été achevé en décembre 1976.

(\*) *Annales Hydrographiques* (1978), n° 748, p. 61 ; *Annales Hydrographiques* (1979), n° 753, p. 83.

## Localisation

La position du bâtiment était déterminée à l'aide des réseaux 5 et 6 de la chaîne Toran Iroise, entretenue par la DCAN Brest et de l'ancien réseau 3 (Kerlouan - Tronoen) mis en service par la Compagnie Générale de Géophysique. Le BH2 *Astrolabe* était équipé de deux récepteurs type P dont le calage était aisément effectué par rapport aux amers voisins de la zone.

## Sondages

Les conditions météorologiques du mois de février ayant été très mauvaises, il fallut attendre la fin du mois pour trouver le beau temps nécessaire à l'achèvement des sondages et des principales recherches de hauts-fonds.

Une table traçante installée depuis peu en passerelle de navigation a permis de répartir les sondages selon des lignes orientées Est-Ouest, à peu près parallèles au grand axe de la zone à lever et normales aux isobathes.

L'espacement moyen de 50 mètres entre profils a été respecté. Des profils intercalaires ont été en outre effectués dans cinq zones particulièrement accidentées.

Aucun relèvement de fond n'a été fait.

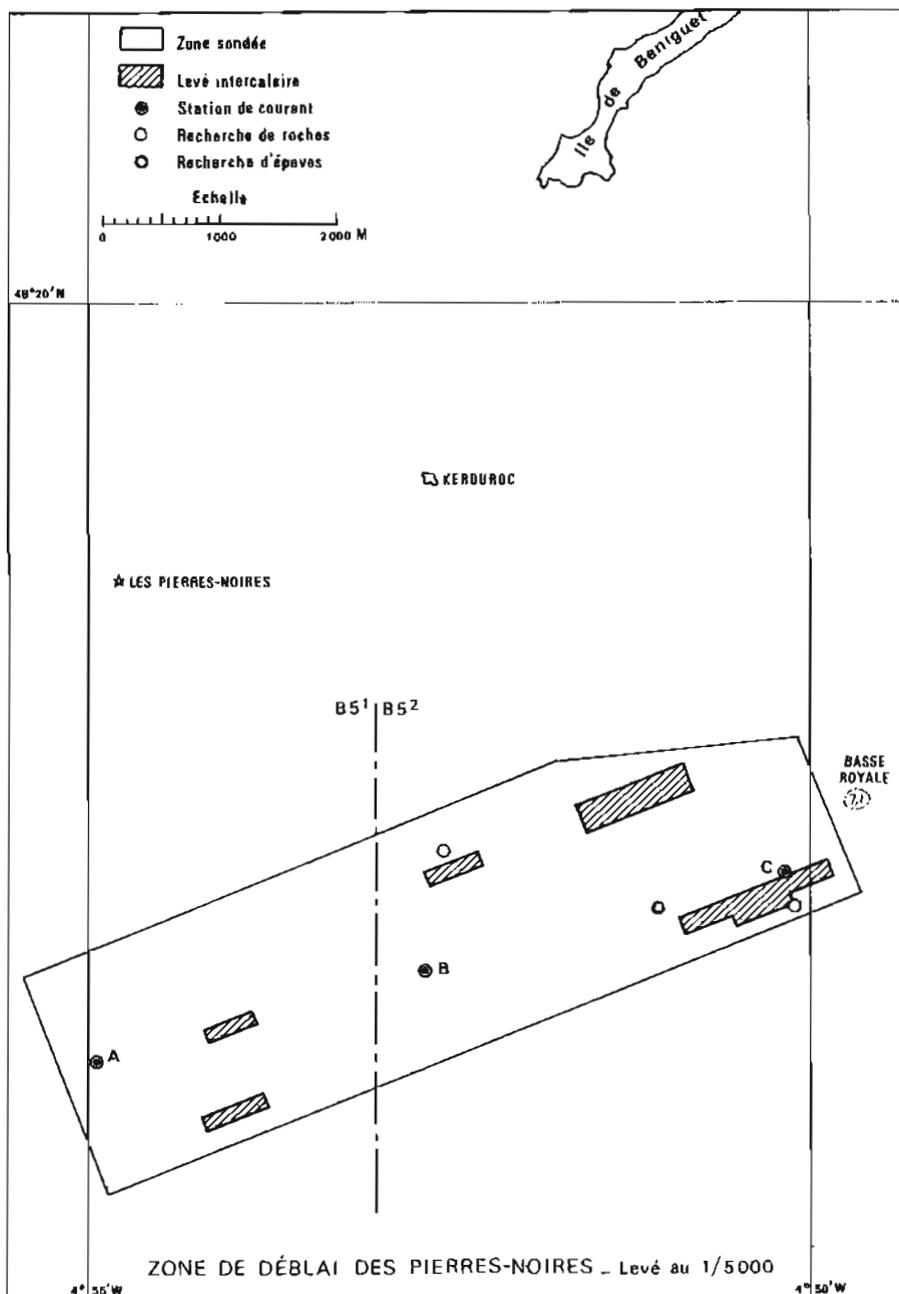
Une épave présumée, trouvée lors des sondages complémentaires a fait l'objet d'une recherche soignée, consignée dans une fiche.

## Mesures de courant

Les mesures prescrites devaient permettre de recueillir un mois d'enregistrements exploitables avec trois emplacements (repérés A, B et C sur la planche n° 1), à cinq mètres sous la surface, à mi-profondeur et à cinq mètres au-dessus du fond.

Station	Fonds moyens	Relèvement et distance par rapport au feu des Pierres-Noires
A	59 m	182° et 4 100 m
B	50 m	141° et 4 250 m
C	31 m	113° et 6 300 m

Ces profondeurs importantes, ainsi que l'exposition à la houle des emplacements, ont représenté les prin-



PL. 1.

ciples difficultés. Le dispositif de mouillage retenu (voir planche n° 2) ne comportait pas de largeur acoustique, d'où la nécessité de faire appel à une gabare pour effectuer tous les dix jours les relevages pour contrôle des courantographes Mécabulier à enregistrement photographique type 1280 E.

La tempête survenue le 2 janvier 1976 a entraîné la perte de plusieurs appareils.

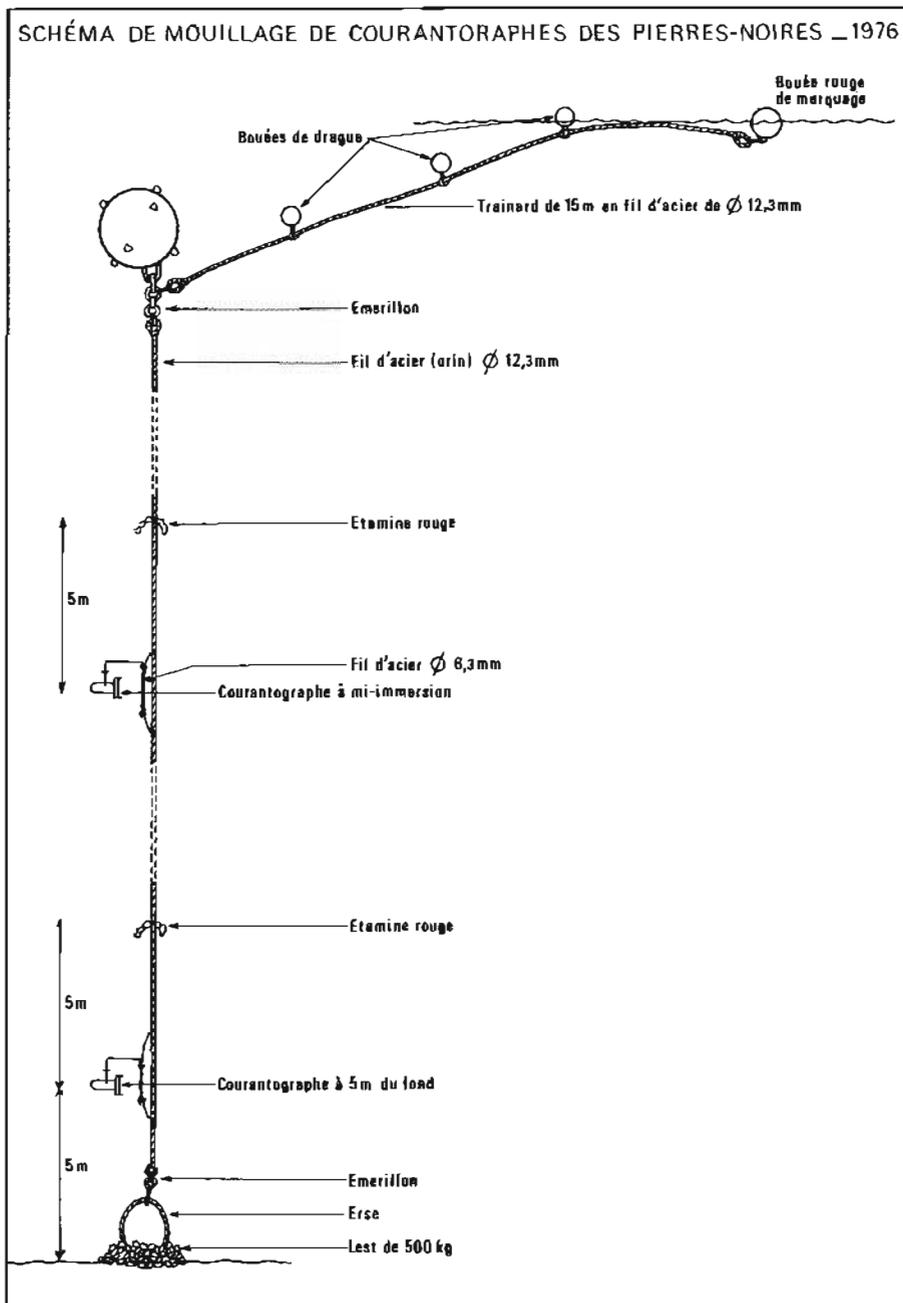
#### Rédaction

Les levés ont été rédigés sur deux minutes d'écriture au 1/5000 - B5.1 et B5.2 se recouvrant de 200 m en-

viron au voisinage du méridien 04°53' W. Les sondages complémentaires concernent essentiellement la minute Est (B5.2). Les profils intercalaires ont été portés sur les minutes, ainsi que les têtes trouvées lors des recherches, détaillées dans une minute R5.

Le levé confirme l'existence de fonds très réguliers allant de 40 à 60 mètres, sauf sur les franges Nord-Est et Est de la zone levée.

La marée adoptée pour la rédaction des sondes était celle du Conquet, où le zéro hydrographique est à 4,10 mètres au-dessous du zéro N.G.F. Lallemand.



### III.3. De Calais à Gris-Nez

III.3.1. Les recherches de hauts-fonds et d'épaves, ainsi que de nombreux profils intercalaires complétant le levé côtier régulier au 1/10 000 exécuté sous la direction de l'ICA Dars ; ont été achevés par l'*Astrolabe* entre le 10 mai et le 5 juin et rédigés sur quatre minutes R10<sup>11</sup>, R10<sup>12</sup>, R10<sup>13</sup>, R10<sup>14</sup>.

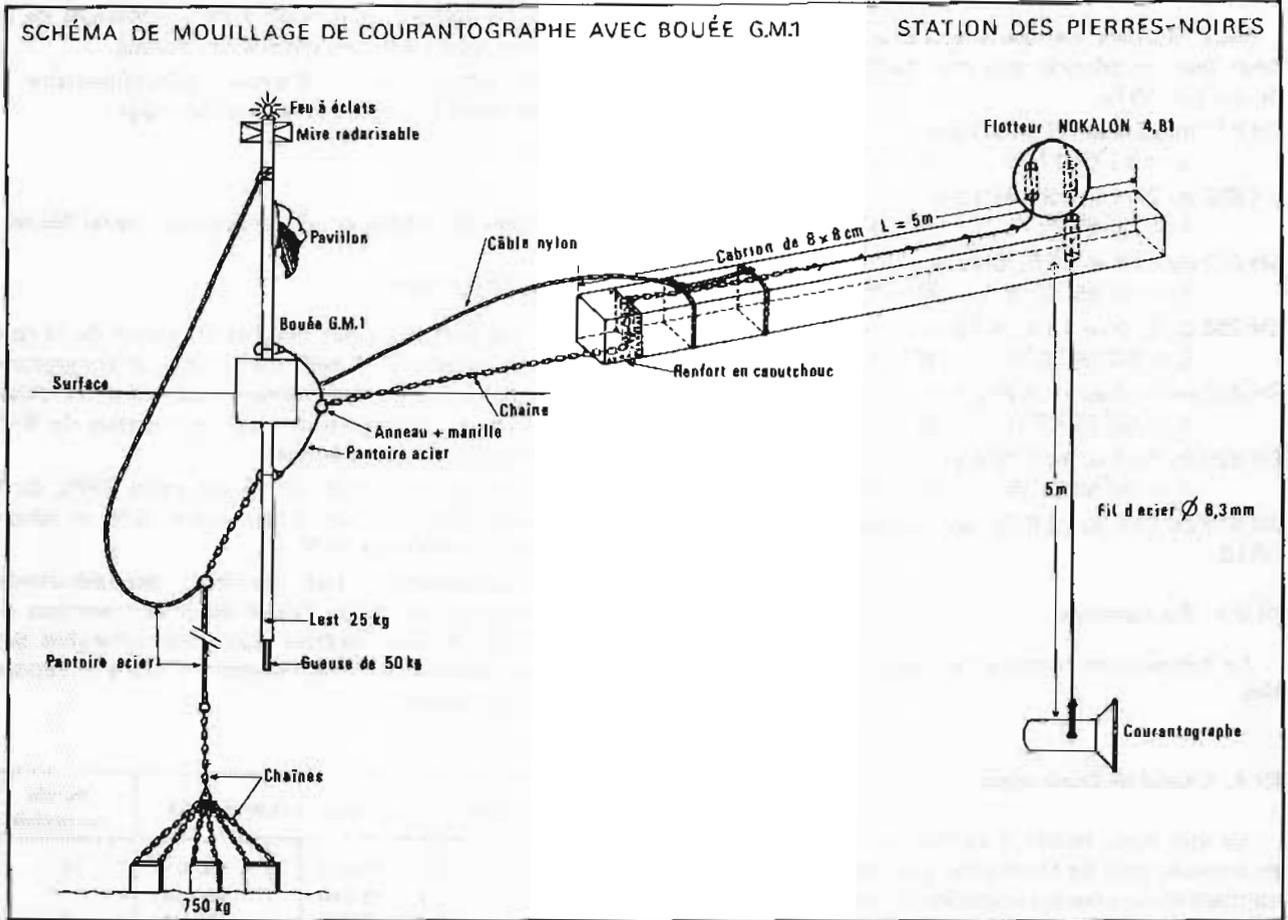
La localisation était assurée par la chaîne Trident dont les balises étaient implantées au phare du Cap Gris-Nez, au Mont d'Hubert et au phare de Calais.

Les coordonnées de ces points, ainsi que la mé-

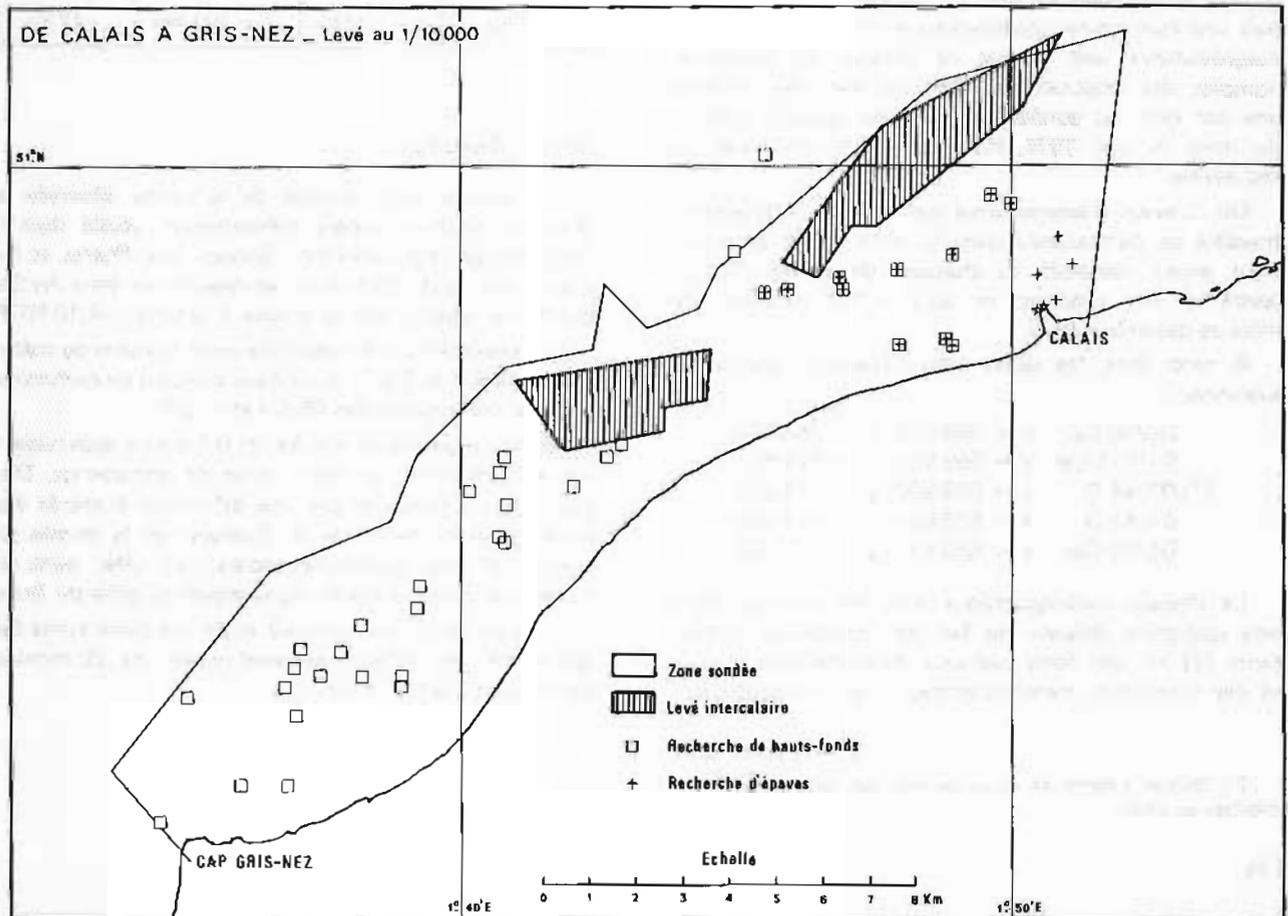
thode de réduction de la marée sont décrites dans le rapport de mon prédécesseur.

III.3.2. *Fiches d'épaves établies* (épaves cotées au sondeur).

Mappe	Au fichier	Nouvelle	Epaves du fichier non retrouvées
11	—	—	—
12	1	—	—
13	1	—	—
B 14	4	1	10
B 15	2	—	1



PL. 3.



PL. 4.

### III.3.3. Courants

Sept dossiers de courantométrie ont été établis, deux pour la période avril-mai 1975, cinq pour celle de mai-juin 1975.

SH 818 du 25.4 au 13.5.75 à 5 m  
L = 50°58'17"N M = 1°46'43"E

SH 856 du 29.4 au 30.4.75 à 6 m  
L = 50°59'25"N M = 1°48'59"E

SH 857 du 13.6 au 15.6.75 à 6 m  
L = 50°56'32"N M = 1°39'24"E

SH 858 du 17.6 au 18.6.75 à 5 m  
L = 50°54'28"N M = 1°36'31"E

SH 859 du 02.7 au 10.7.75 à 5 m  
L = 50°55'57"N M = 1°37'36"E

SH 820 du 10.7 au 18.7.75 à 5 m  
L = 50°59'21"N M = 1°45'57"E

SH 819 du 12.6 au 24.6.75 au voisinage de la bouée CA10.

### III.3.4. Topographie

La topographie restait à faire entre Sangatte et Gris-Nez.

### III.4. Canal de Dunkerque

Ce levé était destiné à vérifier la sécurité de l'accès au nouveau port de Dunkerque pour les pétroliers ayant un tirant-d'eau pouvant atteindre 21 mètres.

Une première série de sondages au 1/10 000 à couvert en 1974 la zone d'attente et le chenal.

Une exploration soignée par les chasseurs de mines, puis une couverture systématique au sonal E & G et au magnétomètre ont permis de dresser un inventaire complet des obstructions. Celles-ci ont été étudiées une par une, au sondeur et au sonal dans le courant du mois de mai 1976. Huit sur treize n'ont pas été retrouvées.

Un releveur d'épaves armé par le Port Autonome a travaillé en permanence dans la zone. C'est pourquoi nous avons demandé au chasseur de mines *Clio* de confirmer nos résultats, ce qu'il a fait au début du mois de décembre 1976.

A cette date, les seules épaves restantes étaient les suivantes :

D8/30 Cal	x = 559 550	y = 368 720
D10/15 Cal	x = 559 600	y = 374 555
(*) D2/44 D	x = 569 450	y = 371 240
D1/43 D	x = 570 600	y = 371 540
D9/19 Cal	x = 559 830	y = 373 420

Le dragage hydrographique avec les vedettes étant une opération délicate du fait de l'immersion importante (25 m), des forts courants, du trafic dans la zone et des conditions météorologiques — et très coûteuse —

(\*) (British Liberty en cours de relevage, longueur 50 m — orientée au 140).

deux bâtiments immobilisés hors des courtes périodes d'étalement de courant — il nous a paru préférable de ne l'exécuter qu'à l'issue des travaux de relevage.

Une reconnaissance d'amers complémentaire a été faite entre Gravelines et la frontière belge.

### III.5. Levé du plateau au sud de la Basse Charles Martel

#### III.5.1. Bathymétrie

Ce levé bathymétrique régulier à l'entrée de la rade de Brest, prescrit à l'échelle du 1/5 000, et comportant de nombreux profils intercalaires et recherches de roches a été exécuté principalement par les vedettes du BH2 *Astrolabe* en plusieurs périodes :

du 19 au 26 mars 1975, le 15 décembre 1975, du 8 au 15 juin 1976 du 7 au 16 septembre 1976, et achevé du 15 au 22 novembre 1976.

Le positionnement était assuré par des relèvements au théodolite, sur guide Creach-Meur et traversiers de Toulbroc'h et Saint-Mathieu. Les trois recherches spécialement prescrites et une recherche d'épave ont donné les résultats suivants :

Sonde trouvée	Position x. y (Lambert II)		Sonde recherchée
9,8	x = 77 930	y = 392 010	10
9,5	x = 78 040	y = 391 980	"
18,7	x = 77 350	y = 388 830	19
18,7	x = 77 535	y = 388 720	18
18,9	x = 77 290	y = 388 570	"
16,2 Ep	x = 79 830	y = 391 480	12 Ep

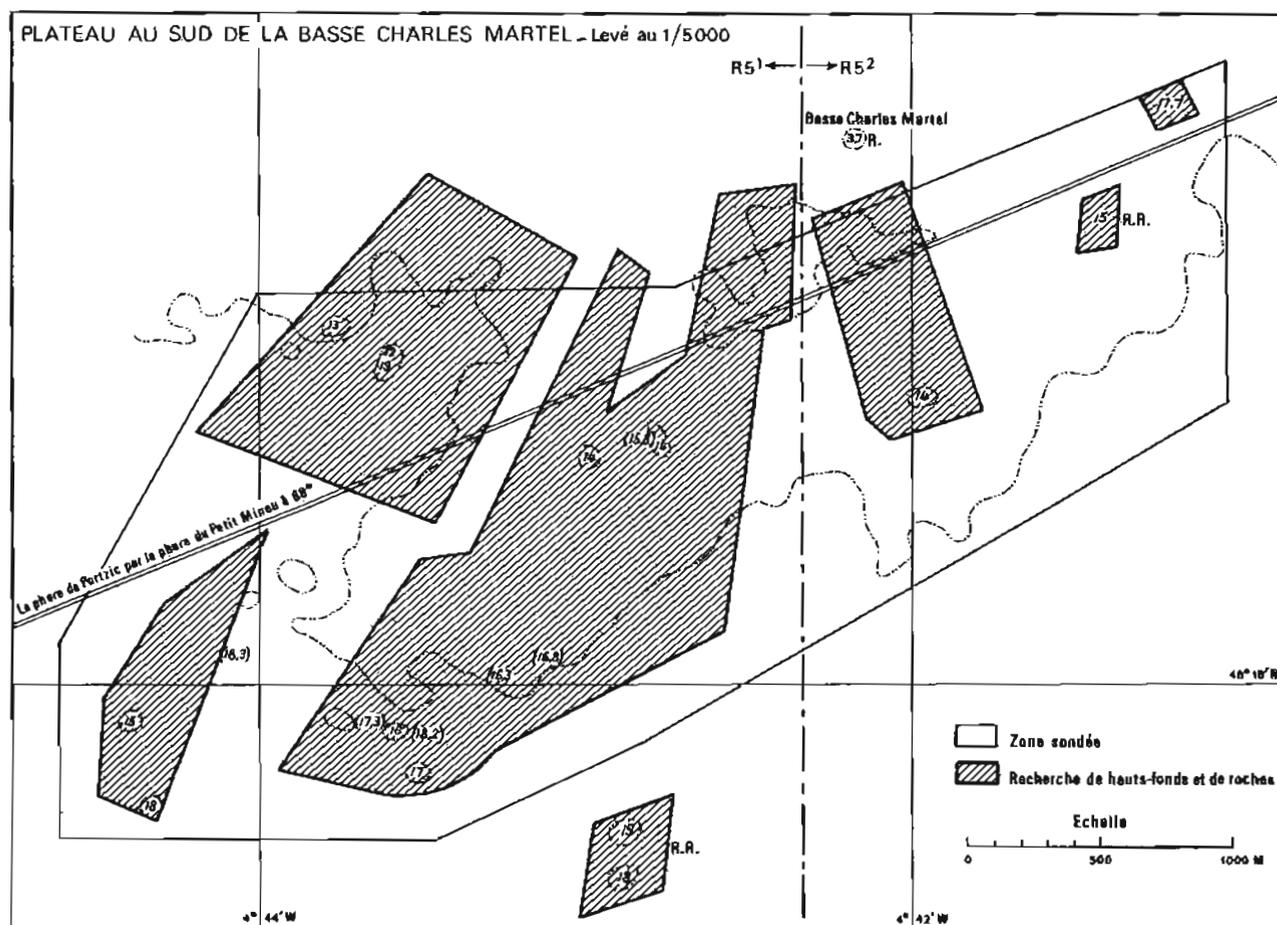
#### III.5.2. Rédaction

Les sondes sont réduites de la marée observée au Conquet, dont le repère fondamental, scellé dans le soubassement du bâtiment "Service des Phares et Balises", est coté 20,575 m au-dessus du zéro hydrographique adopté, qui se trouve à la côte — 4,10 NGF.

La rédaction a fait l'objet de deux minutes de bathymétrie (B 5-1 et B 5-2) et de deux minutes de recherches et de profils intercalaires (R 5-1 et R 5-2).

Des divergences de l'ordre de 0,5 mètre apparaissent par endroit entre les deux séries de documents. Elles pourraient s'expliquer par une différence à marée descendante entre la marée au Conquet et la marée sur zone. Une telle différence apparaît en effet dans ces conditions entre la marée du Conquet et celle de Brest.

L'étude de la concordance entre ces deux ports fait apparaître des retards pouvant varier de 20 minutes par rapport à la moyenne.



PL. 5.

### III.6. Levé sur la Basse Hermine

#### III.6.1. Généralités

Ce levé, destiné à délimiter les contours de la Basse Hermine par un levé au 1/2 000 puis à en coter les principales têtes a été très étalé dans le temps. Considéré comme peu prioritaire il a été effectué à l'occasion de périodes de disponibilité des bâtiments à Brest trop courtes pour justifier un déplacement sur les chantiers principaux.

De ce fait, y ont participé les vedettes de la *Découverte*, de l'*Espérance* et de l'*Astrolabe*, les 22 et 23 mars 1974, les 17, 18 et 19 mars 1975, le 15 décembre 1975 puis les 22 et 24 novembre 1976.

#### III.6.2. Sondages effectués

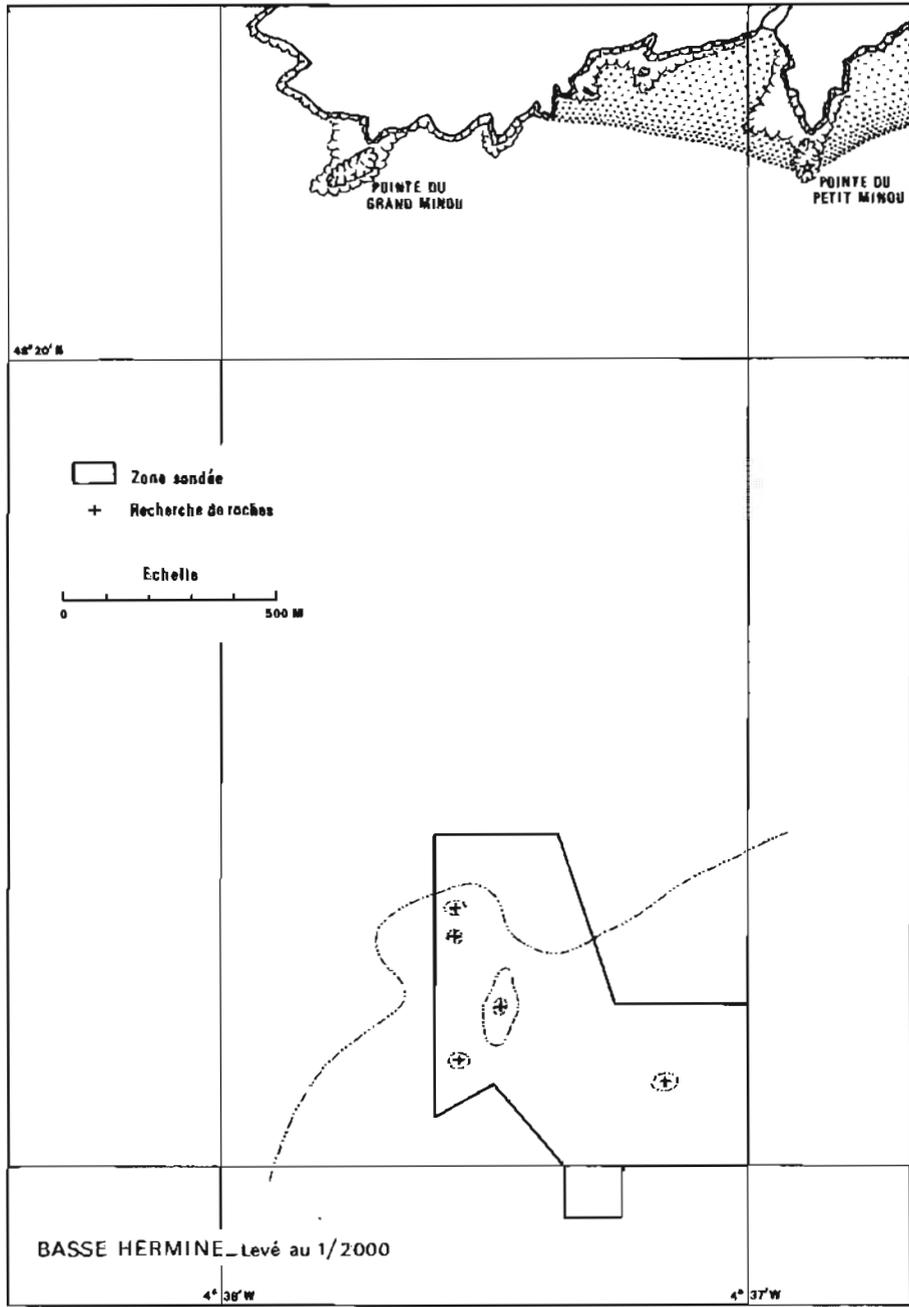
La zone (représentée sur la planche n° 6) a été couverte par deux réseaux croisés écartés de 10 à 20 mètres, exécutés en guidage optique respectivement sur Kerdalaaes et Toulbroc'h.

La position était déterminée par relèvement de ces deux points et par une station traversière située à la pointe de Creach-Meur.

Outre ces sondages serrés, cinq recherches de roches ont été effectuées :

Sonde trouvée	Position (Lambert II)		Sonde carte
17,5	x = 84 544	y = 391 686	17
14,7	x = 84 283	y = 391 950	
14,7	x = 84 277	y = 391 996	14
19,4	x = 84 206	y = 392 098	18
19,7	x = 84 187	y = 391 992	Sonde du levé régulier
17,6	x = 84 220	y = 391 836	

La marée utilisée pour la réduction des sondes a été observée à Brest-Penfeld, le zéro hydrographique étant pris à 10,041 m au-dessous de la console NGF scellée dans le chemin de desserte du château de Brest, soit à 4,45 m au-dessous du zéro du NGF. Une minute de rédaction à l'échelle 1/2 000 a été établie.



PL. 6.

## CHAPITRE IV

## LEVE DU CAP GRIS-NEZ AU TOUQUET

## IV.1. Généralités

Ce levé côtier au 1/10 000 était prescrit dans les limites suivantes :

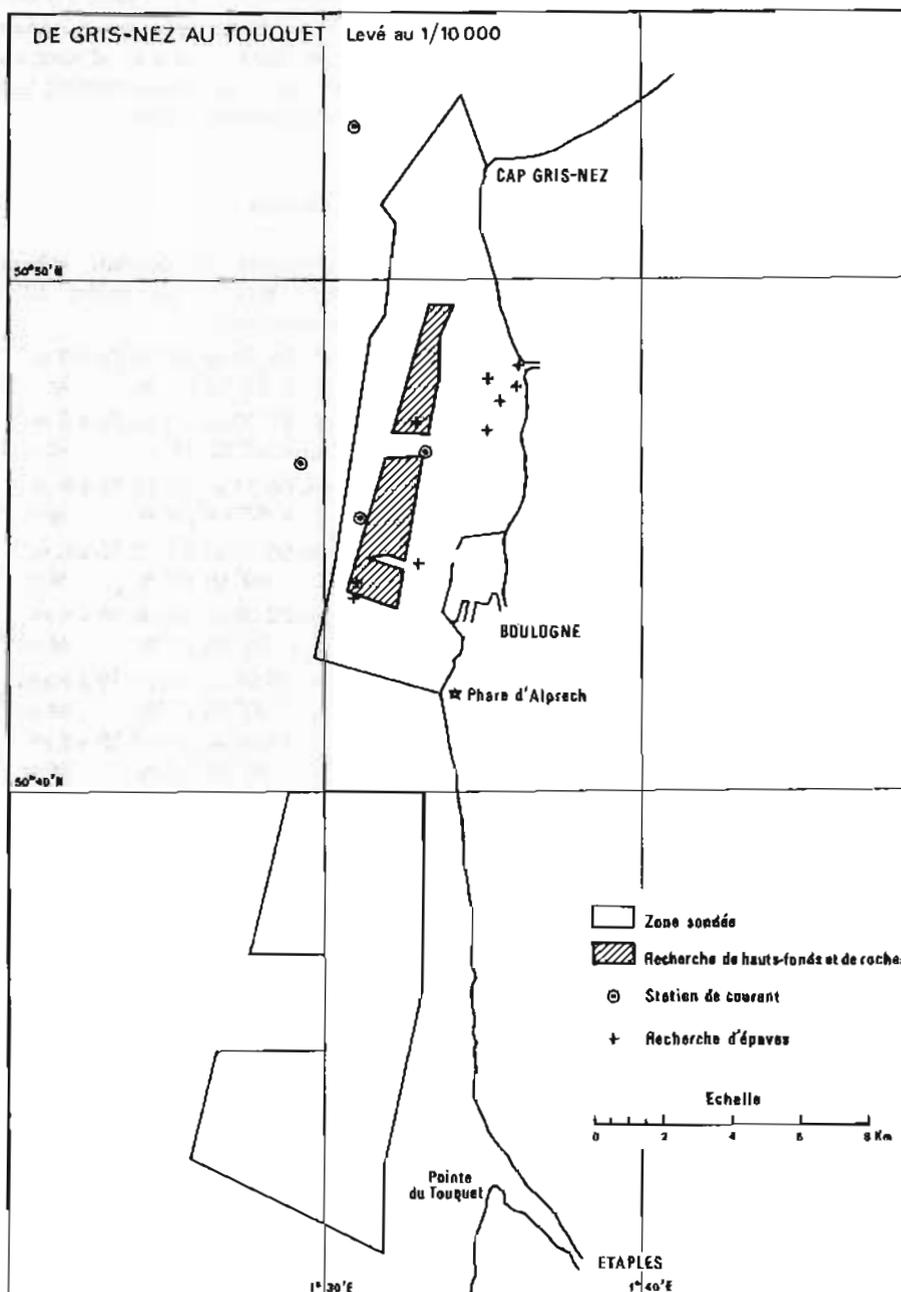
— au Nord, une droite joignant le Cap Gris-Nez au Point I de la ligne de séparation franco-britannique, en raccordement avec le levé décrit au § III.3.

— à l'Est, la côte du Boulonnais.

— au Sud, la droite au 290° du feu du Touquet.

— à l'Ouest la limite du levé intermédiaire au 1/20 000 effectué en 1973.

Du point de vue de l'exécution des sondages, cette zone est à partager en deux sous-zones, séparées par



PL. 7.

une droite au 280 du phare d'Alprech. Nous avons préféré achever les sondages réguliers, intercalaires et recherches de la partie Nord, en radiolocalisation Trident, avant les sondages réguliers de la partie Sud.

Pour la partie Nord, les sondages, effectués par le BH2 *Astrolabe*, ont commencé en juillet 1975 et ont été terminés en octobre 1976.

Dans la partie Sud, les sondages de l'*Espérance*, incomplets, ont été exécutés en mars et avril 1976.

#### IV.2. Bathymétrie au nord d'Alprech

La plus grande partie des sondages a été effectuée au Trident sur trois au moins des quatre balises implantées au phare de Gris-Nez, au réservoir d'Onglevert, au réservoir de Wimereux et au phare d'Alprech.

Au voisinage de Boulogne, des anomalies de réception ont nécessité la mise en place de stations de guidage optique complémentaires.

La rédaction de cette zone comporte quatre minutes d'écriture B10-31, B10-32, B10-33 et B10-34. A chacune d'elles correspond une minute de recherches, dont les sondes les plus intéressantes ont été portées sur la minute principale.

Les recherches d'épave ont fait l'objet des fiches suivantes :

Minute	Epaves cotées au sondeur		Epaves du fichier non retrouvées
	en fichier	nouvelle	
B 31	—	—	—
B 32	4	—	1
B 33	8	—	1
B 34	1	—	1

#### IV.3. Bathymétrie au sud d'Alprech

La localisation était assurée par le Toran P 10 mode V (2 lieux) dont les antennes étaient implantées à Alprech, près du feu du Camiers, et à Berck.

Ce matériel a été remis à la MOA au mois de juillet

1976. Les sondages restent à vérifier et à achever par un autre procédé. Aucune recherche n'a été faite. Les sondages sont rédigés sur les minutes au 1/10 000 numérotées B 10-35, B 10-36, B 10-37 et B 10-38.

#### IV.4. Marée

La marée était observée au marégraphe de Boulogne où le zéro des sondes est à 10,910 m au-dessous du repère NGF scellé dans le mur du transformateur de la chambre de commerce à proximité du pont Marguet, soit à la cote - 5,02 m Lallemand ou - 4,388 m IGN 1969.

La valeur adoptée pour la réduction des sondes était déduite de celle de Boulogne en appliquant un décalage horaire  $\theta_j$  et un rapport d'amplitude  $K_j$ .

$\theta_j$  et  $K_j$  étant des valeurs déduites du modèle de marée en Manche (carte d'isomarnage et de lignes cotidales) et considérées comme constantes dans une maille suffisamment petite.

#### IV.5. Courants

Des mesures de courant effectuées en octobre-novembre 1975 et juin-juillet 1976 ont fait l'objet des dossiers suivants :

SH 855 du 24.10 au 26.10.75 à 8 m	L = 50°28'01"N	M = 1°27'31"E
SH 862 du 27.10 au 31.10.75 à 8 m	L = 50°52'16"N	M = 1°31'53"E
SH 861 du 04.11 au 05.11.75 à 8 m	L = 50°46'24"N	M = 1°29'26"E
SH 860 du 05.11 au 07.11.75 à 8 m	L = 50°46'43"N	M = 1°33'11"E
SH 875 du 23.06 au 26.06.76 à 5 m	L = 50°45'22"N	M = 1°31'08"E
SH 874 du 23.06 au 15.07.76 à 10 m	L = 50°45'22"N	M = 1°31'08"E
SH 873 du 28.06 au 01.07.76 à 6 m	L = 50°48'35"N	M = 1°33'05"E

## CHAPITRE V

## LEVE EN BAIE DE SEINE

## V.1. Généralités

Le levé intermédiaire prescrit couvrait une zone ayant les limites suivantes :

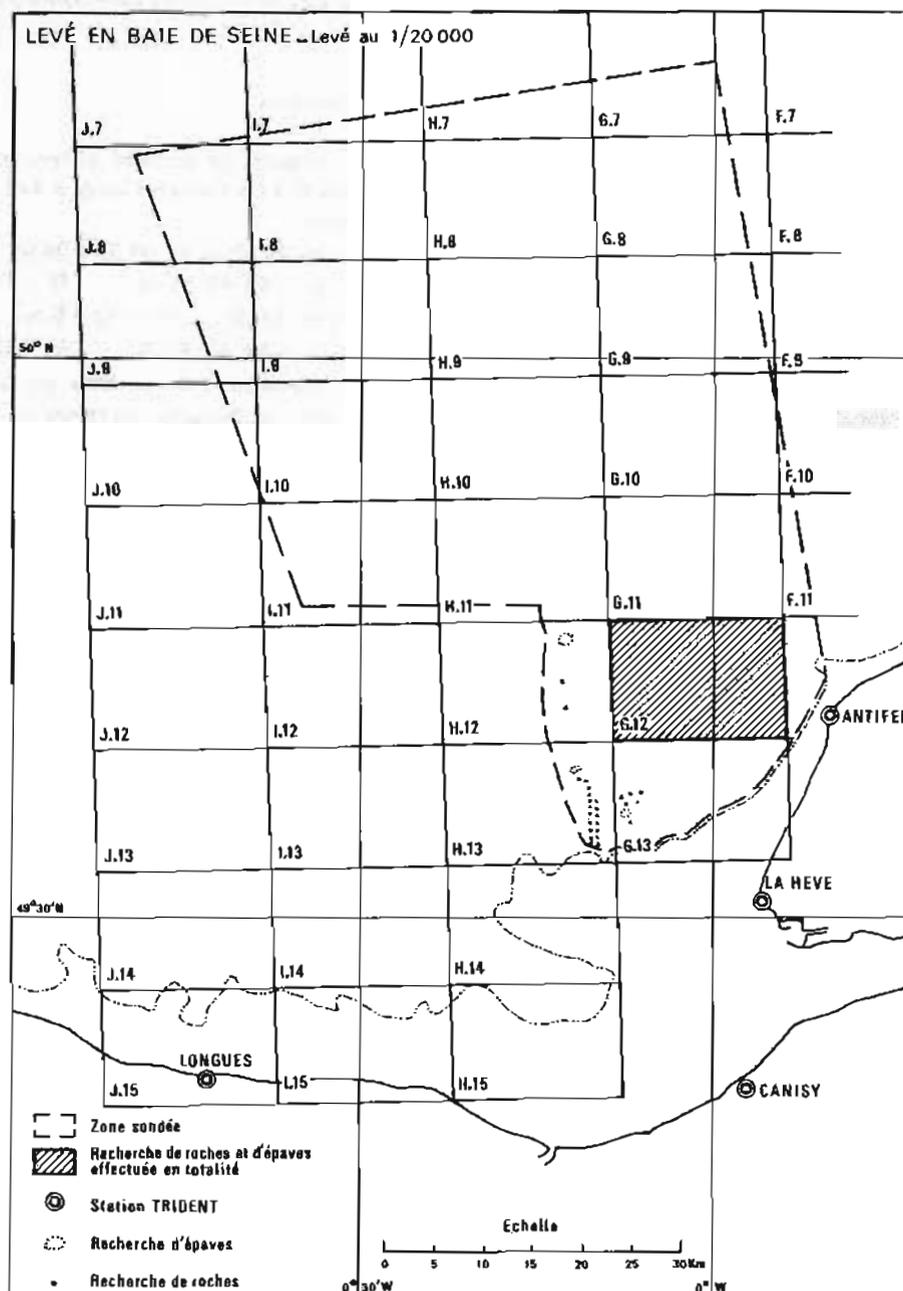
– au Nord la ligne de séparation des levés français et britanniques (droite joignant les points F ( $50^{\circ}08'N - 01^{\circ}16'W$ ) et G ( $50^{\circ}20'N - 00^{\circ}36'E$ ).

– à l'Est la droite au  $350^{\circ}$  issue du feu d'Antifer, en raccordement avec les levés intermédiaires effectués en 1974 et 1975.

– au Sud l'isobathe de 20 mètres lissée.

– à l'Ouest le méridien du phare de Gatteville.

Les sondages réguliers au 1/20 000 exécutés par



PL. 8.

*l'Espérance* du 20 mai au 22 octobre 1976 couvrent à peu près 50 % de la zone à lever. Les principales recherches de l'une des minutes couvertes par le levé ont été faites fin octobre et début décembre 1976.

## V.2. Localisation

Pour le levé régulier les positions ont été déterminées à l'aide de la chaîne Hi-Fix "Eastern Channel" mise en œuvre par l'Hydrographic Department Britannique, qui nous avait prêté deux récepteurs.

Les émetteurs se trouvaient à la Pointe de Saire, à Conteville et à Gris-Nez. La stabilité du réseau a été excellente dans l'ensemble.

Un contrôle était donné par le réseau Toran mode X, baie de Seine.

Une implantation Trident a été réalisée d'une part pour permettre le contrôle de nouveaux interrogateurs, d'autre part pour exécuter les recherches.

## V.3. Sondages

Les profils, espacés en moyenne de 200 mètres ont été exécutés en suivant des hyperboles du réseau Hi-Fix Pointe de Saire-Conteville, orientées sensiblement Nord-Sud dans cette zone.

La construction a été faite par le procédé automatique. Elle couvre 25 minutes, dont une (G 12), comporte les principales recherches. Les sondes ont

été dépouillées, mais la plus grande partie de l'écriture a été laissée à mon successeur.

## V.4. Marée

La marée utilisée pour la réduction des sondes était celle observée au marégraphe d'Antifer (repère fondamental en laiton scellé à l'enracinement des poutres de la passerelle d'accès, à la côte NGF 6,237 m).

Le zéro des sondes adopté est à 10,957 m au-dessous de ce repère, soit à la côte -4,72 NGF. La marée d'Antifer a été comparée au port de référence du Havre (repère fondamental du Port Autonome du Havre, scellé dans la face Est du mur bahut situé à l'extrémité Ouest du quai d'Escale et à proximité du môle Nord, coté 10,562 au-dessus du zéro hydrographique).

## V.5. Courants

Les mesures de courant effectuées au voisinage de la bouée A 3 du chenal d'accès à Antifer ont fait l'objet des dossiers :

SH 871 du 23.09 au 29.09.76 à 24 m

$L = 49^{\circ}49'36''N$        $M = 0^{\circ}25'36''W$

SH 872 du 23.09 au 29.09.76 à 5 m.

$L = 49^{\circ}49'36''N$        $M = 0^{\circ}25'36''W$

Les courantographes, remis en place, ont été emportés par la tempête survenue la semaine suivante.

## CHAPITRE VI

## TRAVAUX DIVERS

## VI.1. Géodésie aux abords de Brest

Du 20 au 30 août 1976 la M.H.A. a participé à la détermination du cavenas géodésique du polygone acoustique et magnétique de Lanveoc.

Cinq stations ont été déterminées par relèvements inverses :

- 1) Jetée du GESMA à Lanveoc ;
- 2) Station au voisinage de l'antenne Toran A' ;
- 3) Station au voisinage de l'antenne B ;
- 4) Ile longue ;
- 5) Cale du Fret.

Les coordonnées des antennes et amers ont été déterminées par relèvements directs issus de ces stations, ou à défaut par station excentrée ou cheminement. Les coordonnées des éléments de la base immergée ont été obtenues en visant de trois des cinq stations ci-dessus, un pavillon hissé par le bâtiment *Pelican* à l'aplomb de la base, repérée par intervention d'un plongeur. La précision des points est meilleure que le mètre.

Par ailleurs, la MHA a déterminé, sur demande de la DCAN Brest, les coordonnées d'une balise, située à la Pointe de Cornouailles et de deux bittes d'amarrage de l'appontement du *Henri Poincaré*.

## VI.2. Courantométrie devant l'Ile Longue

Les mesures prescrites comportaient l'observation

du courant à 5 m au-dessus du fond et à 5 mètres sous la surface pendant une semaine en vive-eau et une semaine en morte-eau en deux points situés :

(A) dans le  $110^\circ$  et à 400 m du feu de la digue Nord du port principal de l'Ile Longue.

(B) dans le  $170^\circ$  et à 100 m de ce même feu.

Les deux lignes de mouillage portant chacune deux courantomètres ont été mouillées le 16 décembre avec le concours des plongeurs de l'Ile Longue. Les mouvements à l'entrée du port ont obligé à relever les appareils le 22 décembre (coefficient de marée 101).

Deux des mesures sur quatre sont exploitables.

Elles ont fait l'objet des dossiers :

- (B) SH 864 du 16.12 au 22.12.76 immersion 5 m.
- (A) SH 865 du 16.12 au 22.12.76 immersion 12m.

## VI.3. Entraînement des personnels

La Mission a organisé les stages et exercices de formation suivants :

— Entraînement au dragage hydrographique pour le personnel de la mission (décembre 1976).

— Formation d'Officiers-Mariniers hydrographes au matériel Toran.

— Concours aux stages embarqués de formation à l'hydrologie (mesures, prélèvements et analyses chimiques).

— Premier stage embarqué des élèves hydrographes (de juin à décembre 1976).

## ANNEXE

## COORDONNEES DES POINTS GEODESIQUES UTILISES PAR LA M.H.A.

## A.1. Pas-de-Calais – de Gris-Nez à Alprech – Lambert I

	X	Y
Phare Gris-Nez (Trident)	546 922,22	352 460,75
Onglevert réservoir (Trident)	550 479,30	349 039,0
Wimereux réservoir (Trident)	549 490,25	342 461,6
Phare d'Alprech (Trident)	545 283,15	333 542,35
Phare d'Alprech (Toran)	545 292,8	333 496,2
Camiers (Toran)	548 109,6	316 751,9
Berck (Toran)	544 532,8	300 497,1
Phare du Touquet (Trident)	547 211,1	314 119,4
St Frioux (Trident)	548 370,5	323 702,3

## A.2. Baie de Seine – Lambert I

Antennes Trident	X	Y
Antifer	443 357,23	222 669,93
La Hève	435 975,89	203 490,18
Canisy	433 011,67	184 674,90
Longues	378 604,41	187 399,71
Château d'Eau Louvières	363 049,34	190 467,00
Château d'Eau Ozeville	333 785,70	207 372,00
Vierville	364 585,70	191 817,60
Gatteville	340 229,89	228 062,41
Stations de visées		
Antifer	443 360,10	222 668,60
La Hève	435 976,60	203 488,60
Canisy	433 009,01	184 674,56
Arromanches	385 650,40	186 395,90
PH Ver/Mer	392 564,02	186 164,34
Château d'Eau Bernières	399 016,03	184 473,64
Heuqueville	440 913,80	215 186,22
Longues	378 604,80	187 398,20

## A.3. Abords de Brest – Lambert I

Pointe de Cornouailles Voyant triangulaire sur balise	88 591,51	93 352,09
Bitte n° 5 de l'appontement du <i>Henri Poincaré</i>	93 335,00	97 516,21
Bitte n° 3 de l'appontement du <i>Henri Poincaré</i>	93 280,70	97 586,99

# MISSION HYDROGRAPHIQUE DES GLORIEUSES (24 septembre 1977 - 24 décembre 1977)

par

M. Jean-Pierre THOUIN  
Ingénieur Principal de l'Armement (hydrographe)

## SOMMAIRE

### I. Déroulement de la mission.

### II. Conditions météorologiques.

#### III.1. Personnel.

#### III.2. Moyens flottants.

#### III.3. Matériel spécifique.

#### III.4. Matériel radio.

### IV. Remarques concernant la mise en œuvre de certains matériels.

#### IV.1. Sonar latéral.

#### IV.2. Telluromètre CA 1 000.

### V. Travaux effectués.

#### V.1. Géodésie - astronomie.

#### V.2. Bathymétrie - topographie.

#### V.3. Magnétisme.

#### V.4. Courants - marées.

#### V.5. Nature des fonds.

### VI. Documents rédigés.

### VII. Information nautique.

## I. DEROULEMENT DE LA MISSION

L'équipe d'Hydrographes comprenant 2 ingénieurs et 3 officiers-mariniers est arrivée le 24 Septembre 1977 par avion à Djibouti pour rejoindre le *Champlain*, qui avait embarqué à Toulon le matériel nécessaire à la Mission Hydrographique des Glorieuses (MHG).

Par suite d'avaries de moteur du *Champlain*, la MHG a été transférée sur l'avisos *Victor Schoelcher*, qui a appareillé le 29 Septembre de Djibouti pour arriver le 6 Octobre aux Glorieuses, après une escale de 2 jours à Mayotte. Le *Victor Schoelcher* est resté aux Glorieuses du 6 au 13 Octobre, période qui a été consacrée à la reconnaissance des lieux, à la pose de signaux, aux travaux de géodésie, et à la mise en place d'un marégraphe.

Le *Victor Schoelcher* a été relevé le 14 Octobre par le *Commandant Bory* qui est resté sur zone jusqu'au 3 Novembre au soir, date à laquelle le *Champlain* a récupéré la MHG pour faire route sur la Réunion où il est arrivé le 7 Novembre au soir. Cette période a été consacrée au sondage de la zone de mouillage et du

chenal conduisant au beaching situés tous deux au Nord-Ouest de l'île Glorieuse, du chenal menant au beaching Nord-Est de l'île Glorieuse et au début des sondages sur le plateau sous-marin à l'Ouest de l'île du Lys.

Au cours de cette période, le *Commandant Bory* a fait escale à Mayotte les 26 et 27 Octobre.

Le *Champlain* a quitté la Réunion le 18 Novembre et a rejoint les Glorieuses le 25 Novembre après avoir fait escale à Port-Victoria (Seychelles) et aux "Farqhar". Son séjour aux Glorieuses s'est divisé en 2 périodes : du 25 Novembre au 5 Décembre et du 12 au 19 Décembre, coupées par une mission à Mayotte et à Juan de Nova du 6 au 11 Décembre. Ces périodes ont été consacrées au sondage du plateau sous-marin au moyen du *Champlain*, aux recherches de roches et à l'aménagement d'un chenal vers le beaching Nord-Ouest de l'île Glorieuse par pétardement de pâtés de corail, avec le concours du *Commando Hubert*. Le *Champlain* a quitté les Glorieuses le 19 Décembre au soir pour arriver à la Réunion le 22 à 17 heures. L'équipe des hydrographes a quitté la Réunion par avion le 23 au soir.

Tous ces changements de bâtiments ont entraîné 3 transferts du matériel dont 2 au mouillage des Glorieuses, occasionnant chaque fois la perte d'au moins une journée de travail et ont obligé à reprendre à chaque fois la formation du personnel fourni aux hydrographes par le bord.

## II. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

La 1<sup>ère</sup> période (6 Octobre-3 Novembre) a été caractérisée par la permanence d'un fort alizé d'Est soufflant en moyenne à 20 nœuds, avec un fléchissement très souvent observé l'après-midi, ce qui rendait très difficile les sondages en embarcation dans les zones non abritées.

Pendant la 2<sup>e</sup> période (25 Novembre-19 Décembre), le vent, toujours fort, a été plus variable en direction, généralement d'Est à Nord-Est, quelquefois d'Ouest et l'on a noté le passage de quelques lignes de grains.

Or, sauf si le vent est au Sud-Est, la zone à l'Ouest du Lys n'est pas à l'abri de la houle et il aurait été la plupart du temps impossible d'effectuer les sondages avec une embarcation.

### III.1. Personnel

La composition de la Mission en personnel hydrographe était la suivante :

Ingénieur Principal de l'Armement Thouin, Directeur.  
Ingénieur de l'Armement Goutorbe, Adjoint.

Trois officiers-mariniers Hydrographes (un Maître Principal et deux Maîtres).

Le personnel des bâtiments *Victor Schoelcher*, *Commandant Bory* et *Champlain* a participé aux travaux hydrographiques.

### III.2. Moyens flottants

Les instructions du Département prévoyaient la mise à la disposition de la Mission de Circonstance, par l'Amiral commandant la zone de l'océan Indien, du bâtiment de transport léger (Batral). *Champlain* pendant 2 périodes de 4 semaines, séparées par une escale de 2 semaines à la Réunion.

Des avaries de moteur du *Champlain* ont amené l'Amiral à remplacer ce bâtiment successivement par les avisos *Victor Schoelcher* et *Commandant Bory* pendant une première période de 4 semaines.

Finalement, la Mission a disposé pendant 44 jours, d'un bâtiment sur la zone de travaux, répartis comme suit :

*Victor Schoelcher* du 6 au 13 Octobre 1977.

*Commandant Bory* du 14 au 25 Octobre et du 28 Octobre au 3 Novembre.

*Champlain* du 25 Novembre au 5 Décembre et du 12 Décembre au 19 Décembre.

Pendant leur séjour aux Glorieuses, les bâtiments, outre leur mission hydrographique, ont assuré le ravitaillement en eau de l'île et participé à des relèves de la garnison. L'emploi du temps du *Champlain* a été aménagé pour lui permettre de participer à des missions indispensables autres que l'hydrographie.

Les avisos ont mis à la disposition de la Mission une de leurs embarcations type "LCPS", aménagée sommairement en vedette de sonde, en l'équipant d'un sondeur "Atlas-Deso" à base hors-bord, et d'un sondeur latéral "Edgerton", (photo 1).

Cet aménagement consistait en :

— une planche épaisse mise en travers horizontalement, derrière le barreur, attachée à la carlingue de la vedette, et à une extrémité de laquelle était fixé le support de la base du sondeur hors-bord, (photos 2 et 3).

— une planche sur l'avant de la chambre arrière sur laquelle était fixé l'enregistreur du sondeur, (photo 4).

Le banc situé sur l'avant de la chambre permettait de disposer côte à côte l'alimentation et l'enregistreur du sondeur, ainsi que l'enregistreur du sonar latéral, (photo 4).

Le touret du sonar latéral était mis à l'arrière de la chambre, son axe support reposant sur les deux bancs latéraux, (photo 5).

Ainsi aménagées les "LCPS" se sont avérées d'assez bonnes embarcations de sonde. Leur vitesse peut varier de 5 à 9 nœuds mais est limitée à 7 nœuds avec le support de la base du sondeur.

• Le matériel et le personnel sont à l'abri dans la chambre arrière ; 3 prises de 24 Volts permettent de brancher les différents appareils.

Le *Champlain*, a été utilisé directement pour les sondages sur le plateau à l'Ouest du Lys. On a eu recours à un chaland de débarquement type "LCVP" pour les chenaux, les recherches de roche et la topographie de récif, (photo 6).

Les "LCVP" présentent deux inconvénients comme vedettes de sonde :

- 1) Leur vitesse est vite limitée avec de la mer de face.
- 2) Le personnel et le matériel ne sont pas à l'abri du soleil et des embruns.

(Les appareils ont pu être sommairement abrités par des caisses d'emballages, (photos 7 et 8).

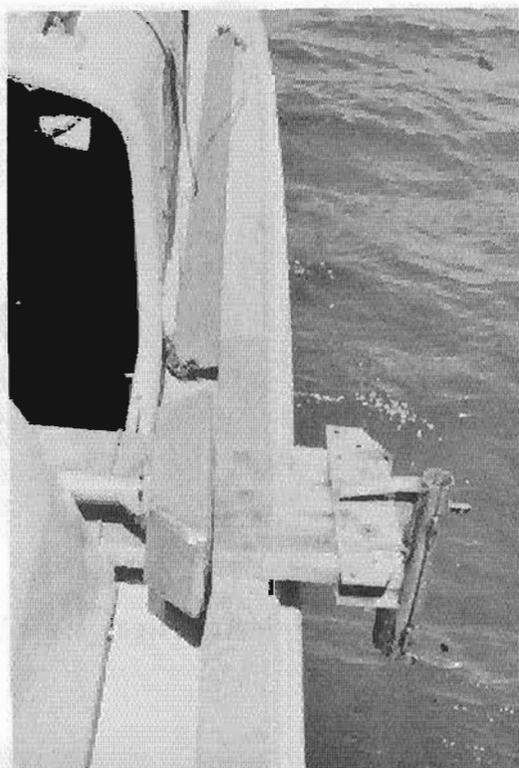
Par contre, le système de fixation du support de la base du sondeur, préparé à Toulon, était suffisamment solide pour ne pas imposer de limitation de vitesse à l'embarcation, (photos 9 et 10).

Il convient de noter en outre que la mise à l'eau des "LCVP", avec un mât de charge axial, devient problématique sinon dangereux, dès que le bâtiment a tant soit peu de roulis, (voir photos 11 et 12).

Les "Batral", utilisés en sondage, présentent l'avantage d'un tirant d'eau assez faible (2 m à l'avant, 3 m à l'arrière). Par contre, leur coque à fond plat, et la position du sondeur situé très sur l'avant, donnent à ce dernier un très mauvais rendement dès qu'il y a un

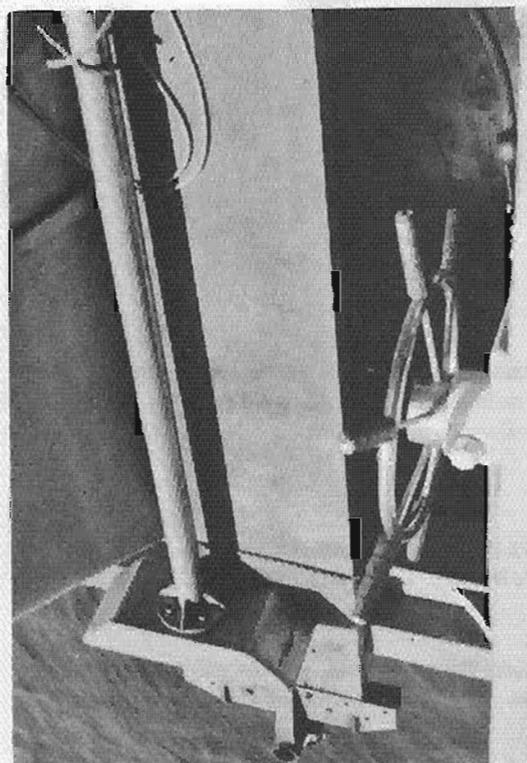


1



2

### Installations sur le "LCPS"



3

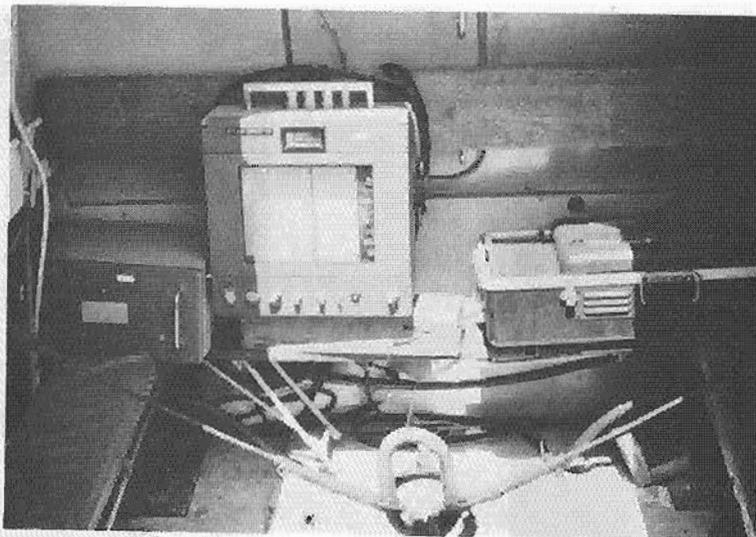
peu de mer. Cet inconvénient peut être atténué, en lestant l'avant du bâtiment.

Le sondeur du *Champlain* est un Safar ANR8 qui équipe les "Batral" et les "Patra"; réglé pour une vitesse du son de 1500 m/s, il comporte les échelles suivantes : 0 - 60 m, 0 - 120 m, 0 - 350 m, 0 - 700 m, 0 - 1400 m. Le fond a été enregistré effectivement jusqu'à 1400 m par pente de 30 %. A la plus grande échelle (0 - 60 m); 1 m fait 2,7 mm sur l'enregistreur, ce qui donne un pouvoir discriminatoire de 0,2 mètre.

Les "Batral" offrent de bonnes possibilités de logement du personnel, et permettent d'avoir le matériel à l'abri et accessible, dans les locaux passagers situés de part et d'autre de la cuve centrale.

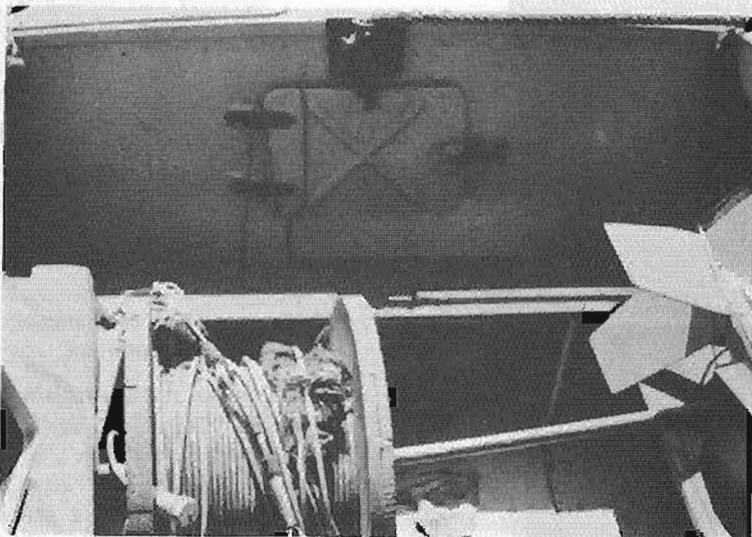
### III.3. Matériel spécifique

La mission de circonstance disposait d'un lot de matériel, envoyé par l'Établissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique. Ce lot était dans l'ensemble suffisant et bien adapté. On pourrait y ajouter le matériel nécessaire à des observations astronomiques : Théodolite T3, lunette coudée, chronographe enregistreur.



4

#### Installations sur le "LCPS"



5

#### III.4. Matériel radio

La Mission de Circonstance était dotée de postes radio portatifs ANPRC 10 et TRPP 8, prêtés par le service T.E.R. de la 2<sup>e</sup> Région Maritime, postes qui sont actuellement en cours de remplacement dans les autres unités de la Marine.

Les ANPRC 10 ont un réglage délicat en fréquence, et, la fréquence étant calée, une variation de température peut les dérégler, ce qui entraîne des pertes de temps importantes pour remettre plusieurs stations sur la même longueur d'onde ; quant aux TRPP 8, leur portée est trop faible, surtout en émission.

Il paraît hautement souhaitable qu'une Mission de Circonstance, appelée à travailler systématiquement

en radioguidage, soit dotée de postes modernes à fréquences pré réglées, TRPP 13 et TRPP 11, comme les autres missions hydrographiques.

#### IV. REMARQUES CONCERNANT LA MISE EN ŒUVRE DE CERTAINES MATÉRIELS

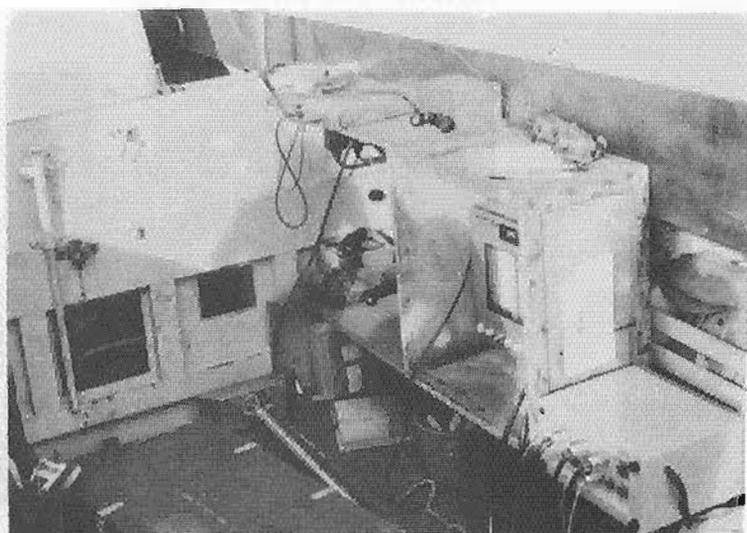
**IV.1. Sonar latéral :** mise en œuvre sur un plateau sous-marin de faible profondeur parsemé de pâtés de corail.

*A partir d'un bâtiment :* Les remous de l'hélice obligent à traîner le poisson assez loin derrière et cela d'autant

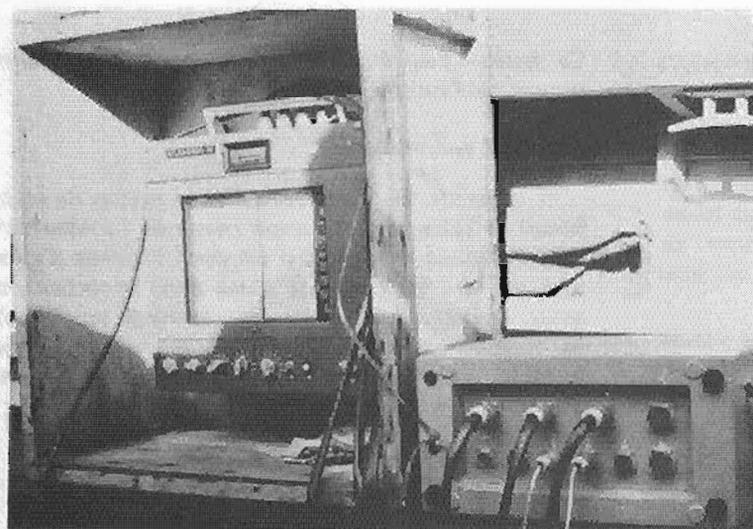


6

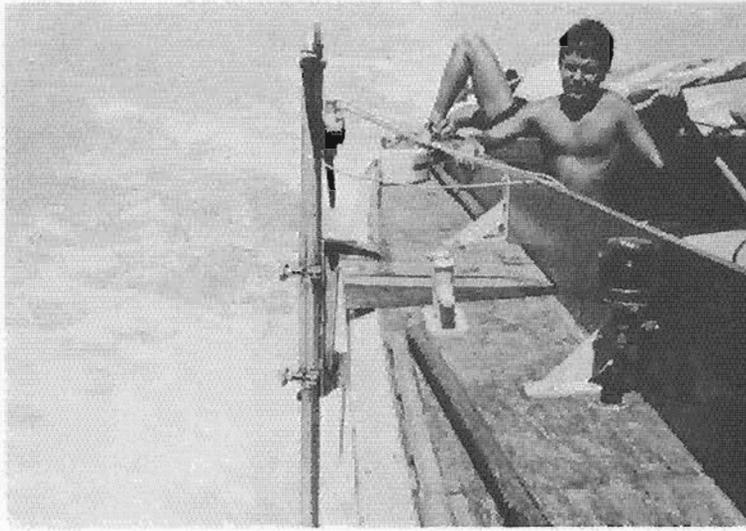
Installations sur le "LCVP"



7

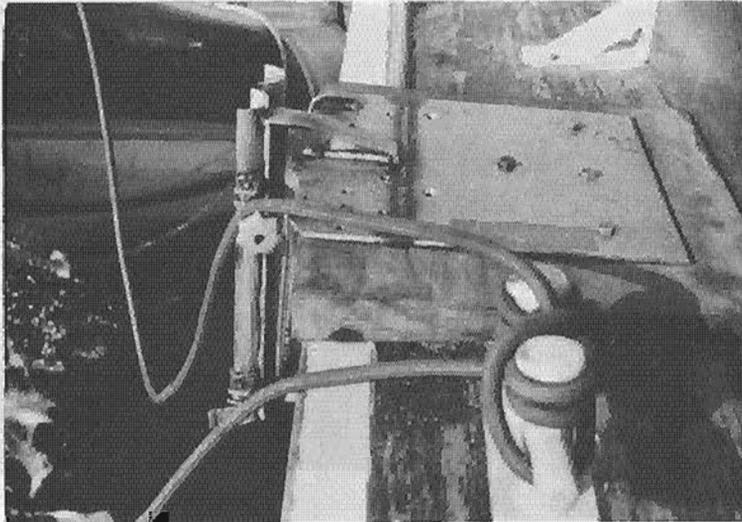


8



9

### Installations sur le "LCVP"



10

plus que le bâtiment est important. Le poisson navigue alors top près du fond, avec la perte de couverture et les risques d'accrochage que cela comporte.

Pour que le câble ne s'abîme pas, on peut le passer par un chaumard axial et prendre plusieurs tours sur la poupe du guindeau arrière. On peut aussi laisser un opérateur relié au PC Hydre par téléphone sur casque, paré à filer du câble ou reprendre du mou au guindeau.

Mais, si les fonds sont peu importants (de l'ordre de 10 mètres) il faut que le bâtiment soit d'importance modeste (*Boussole* par exemple) et muni d'un treuil dont la commande se trouve à côté de l'enregistreur.

Un essai a été fait en maintenant le poisson à 2 mètres sous la surface au moyen d'une bouée ; mais dans ce cas le poisson subit les perturbations de la surface et l'enregistrement est inexploitable.

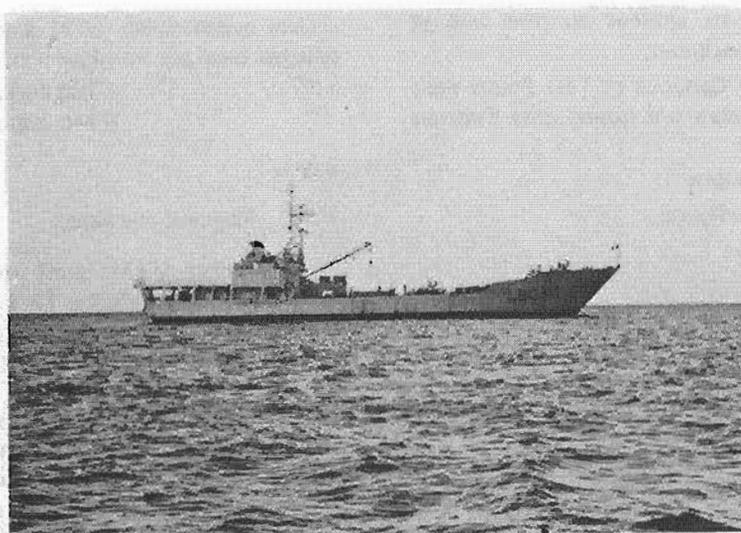
Ce système peut être cependant utilisé à faible vitesse sur une rade abritée.

#### *A partir d'une embarcation*

Il suffit de filer une quinzaine de mètres de câble. Bosser ce câble avec du toron risque de l'abîmer si la vitesse dépasse 4 nœuds. Il est donc irréaliste d'effectuer un levé systématique d'une zone importante au sonar latéral, sans trouver une solution satisfaisante de fixation du câble (bosse spéciale n'abîmant pas le câble, ou tours pris autour d'une poupe de grand diamètre fixée à l'arrière de la vedette).

#### IV.2. Telluromètre CA 1000

Il a été possible de faire une mesure correcte sur une distance de 10 000 mètres en mettant les appa-



11



12

### Vues du Batral "Champlain"

reils à quelques mètres au-dessus du sol. Par contre il était impossible d'effectuer des mesures dans des cheminements à courtes portées (quelques centaines de mètres) le long d'une plage. Il faudrait pour cela avoir la possibilité de surélever l'antenne de 1 ou 2 mètres au-dessus de l'appareil sans avoir à construire une tour.

## V. TRAVAUX EFFECTUES

**V.1. Géodésie.** Les travaux de géodésie ont comporté les phases suivantes.

### V.1.1. Mesure de la latitude

Une mesure de latitude a été effectuée sur l'île Glorieuse, sur une dalle commémorative à proximité

des bâtiments de la Météorologie, par observation au théodolite T2 de la culmination d'Achernar dans la nuit du 17 au 18 Octobre 1977. La latitude obtenue a été de  $11^{\circ}34'40''$  Sud, avec une précision estimée à  $5''$ .

Les coordonnées du point d'observation, obtenues à 10 m près par photogrammétrie dans le système géodésique local sont :  $x = 8870$   
 $y = 8610$

### V.1.2. Mesure de l'azimut

Le point d'origine des coordonnées du système local M2 ( $x = 10000$ ,  $y = 10000$ ), a été choisi sur la côte Nord-Est de l'île Glorieuse. Une mesure astronomique d'azimut a été faite à partir de ce point vers un autre point M1 situé sur la plage dans le 135 à 1100 m environ, azimut observé sur des étoiles de

première grandeur les plus voisines du pôle Sud et proches de la digression maximum.

Des mesures faites sur Canopus et Téta Poupe dans la nuit du 10 au 11 Octobre ont donné pour l'azimut M2 M1.

134°23'47" pour Canopus

134°23'37" pour Téta-Poupe.

La valeur adoptée a été :

134°23'42"

La précision estimée est de l'ordre de 5".

#### V.1.3. Choix du système de projection

Les coordonnées géographiques suivantes ont été adoptées pour le point M2, d'après la mesure astronomique pour la latitude et la carte existante au 1/150 000 pour la longitude :

L = 11°33'54", 6 sud

G = 47°18'03", 5 est.

La projection UTM (Ellipsoïde International) a été utilisée pour la rédaction des minutes. La convergence des méridiens est de 27'41" au point origine, ce qui donne 134°51'23" pour le gisement M2 M1.

Le facteur d'échelle K adopté a été de 1,00038 pour les distances mesurées sur l'île Glorieuse, et de 1,00040 pour la distance mesurée entre l'île Glorieuse et l'île du Lys.

Les coordonnées UTM fuseau 38 se déduisent du système local par translation en ajoutant :

740.960 en x

8 710.500 en y

#### V.1.4. Mesure d'une base

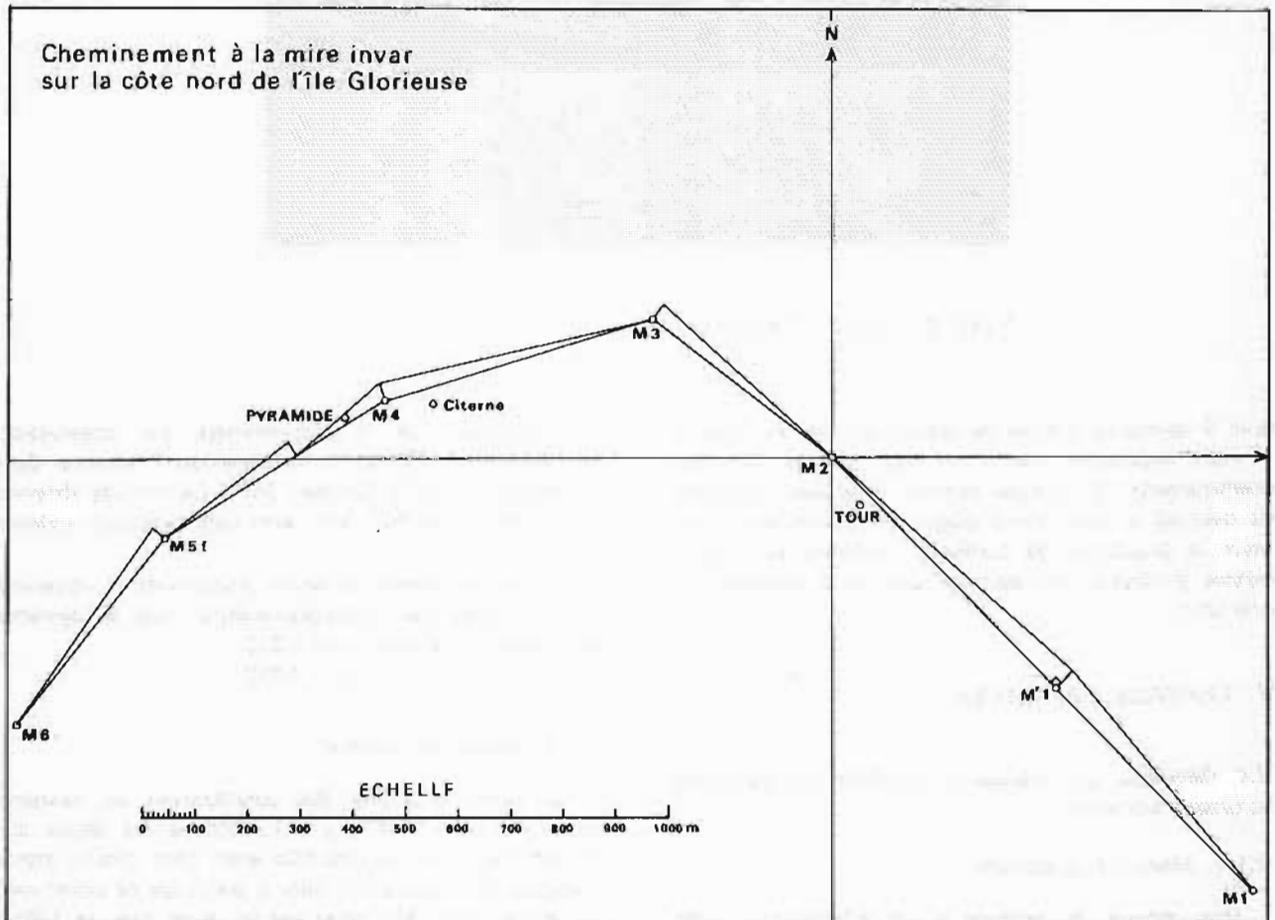
La distance M2 M1 a été mesurée à la mire "Invar", par visées au théodolite T2 à partir des points M1 et M2 sur une base intermédiaire de 38,77 m perpendiculaire à M1 M2, en un point M'1 situé entre M1 et M2 (Voir planche n° 1). La distance M2 M'1 a pu être aussi mesurée au Telluromètre CA 1000. La différence avec la mesure trigonométrique est de 9 cm sur une distance d'environ 600 m.

La distance mesurée M2 M1 est de 1137,36 m et, réduite à la projection, de 1137,79 m.

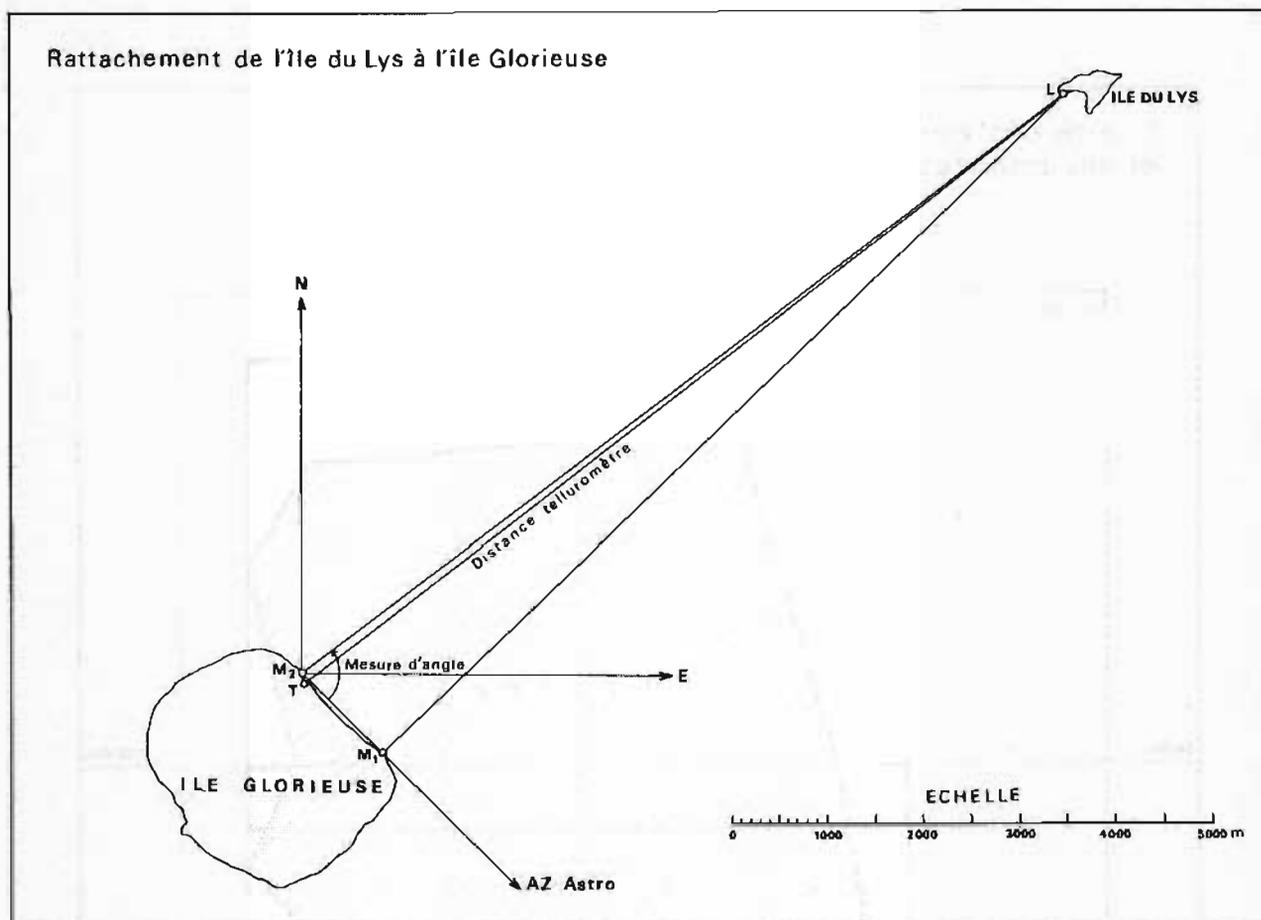
#### V.1.5. Rattachement de l'île du Lys à l'île Glorieuse. (Voir planche n° 2).

Une pyramide a été construite en un point L situé sur la pointe Ouest de l'île du Lys.

Cette pyramide a été rattachée au point M2 par la mesure de l'angle M1 M2 L au théodolite T2, et la mesure de la distance M2 L a été obtenue par 2 méthodes.



PL. 1.



PL. 2.

**1<sup>ère</sup> méthode :** Mesure au théodolite T2 à partir de L, de l'angle sous lequel on vise les extrémités de la base M1 M2, points sur lesquels ont été érigés provisoirement 2 pyramides, et résolution du triangle M1 M2 L, dont la base M1 M2 est connue.

**2<sup>e</sup> méthode :** Mesure au telluromètre CA 1000 de la distance LT, entre la pyramide du Lys et une Tour érigée à proximité du point M2, sur le sommet de la dune bordant la plage ; la distance M2 L est obtenue à partir de la distance mesurée TL en résolvant le triangle M2 LT.

La 1<sup>ère</sup> méthode donne pour la distance M2 L réduite à la projection : 9959,0 m et la deuxième 9954,8 m, c'est cette dernière distance qui a été adoptée, la mesure directe au telluromètre étant probablement la plus précise.

#### V.1.6. Cheminement sur la côte Nord de l'île Glorieuse et piquetage de la plage. (Voir planche n° 1)

A partir du point origine M2, un certain nombre de points M3, M4, M5, M6, ont été placés sur la côte Nord de l'île Glorieuse, par cheminement à la mire Invar. La mire Invar a été employée, car la forme de la côte faisait que la végétation empêchait des portées supérieures à quelques centaines de mètres, et l'emploi

du telluromètre aurait exigé la construction de petites tours pour placer les appareils à une altitude suffisante au-dessus du sable.

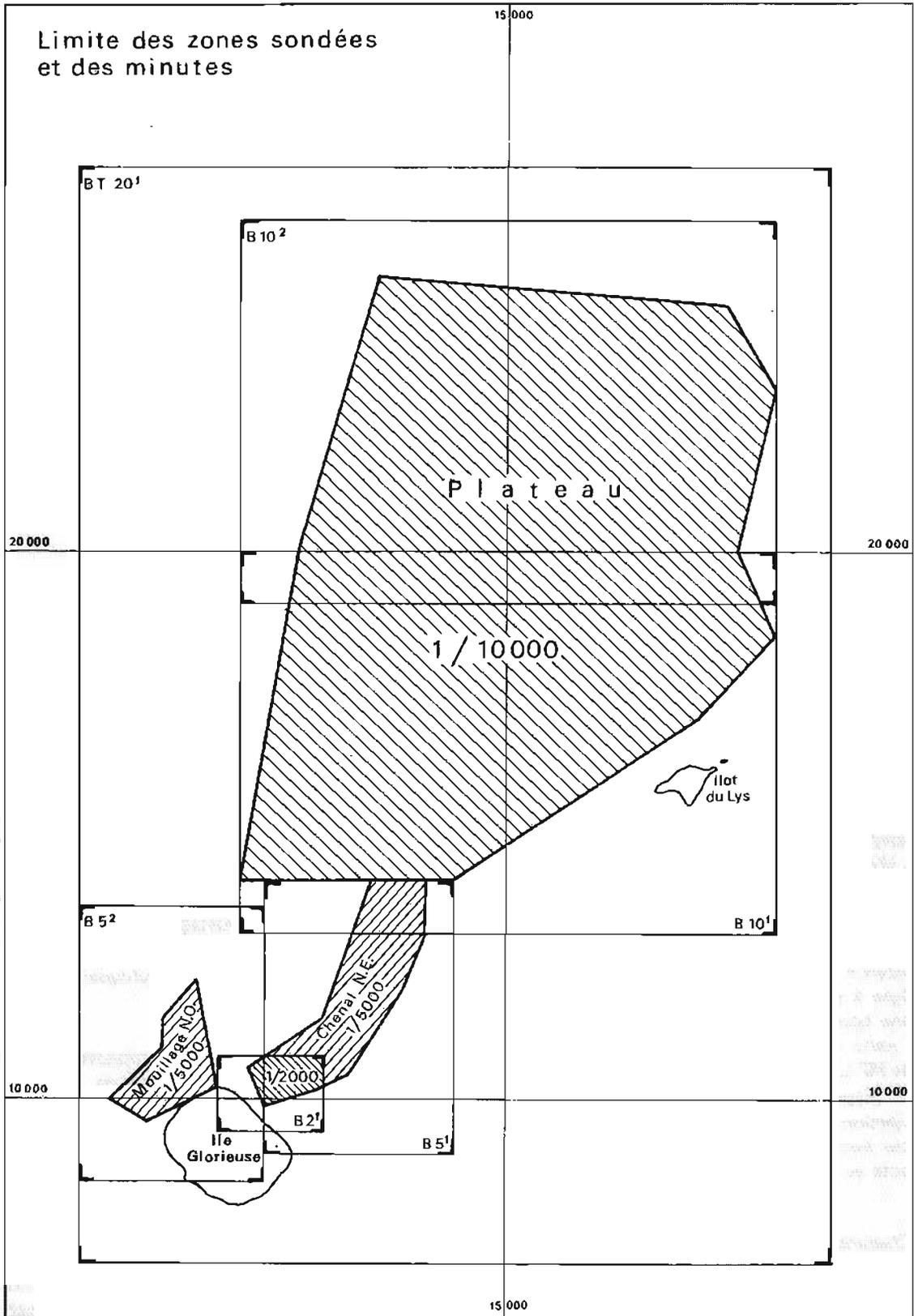
Le positionnement de ces points avait un double but :

- permettre un piquetage de la plage pour effectuer le levé de la zone de mouillage au Nord-Ouest de l'île.
- placer des détails topographiques pour la restitution photo de l'île.

#### V.1.7. Détermination des coordonnées d'un certain nombre d'amers naturels ou artificiels. (Voir la liste de coordonnées).

- Cocotier remarquable sur l'île du Lys.
- Rocher remarquable des Pierres Vertes.
- Citerne à eau près du beaching Nord-Ouest.
- Pyramide érigée près du beaching Nord-Ouest.

Seule une douille a été cimentée à la base de la pyramide de l'île du Lys. Aucune borne n'a été édiflée sur l'île Glorieuse, le terrain n'étant composé que de sable, sauf à proximité des locaux de la station météorologique qui n'a pu être rattachée par cheminement au point origine des coordonnées. La citerne à eau douce offre le seul repère durable sur la partie Nord de l'île et constitue un amer à courte distance.



PL. 3.

## V.2. Bathymétrie-topographie. (Voir planche n° 3)

### V.2.1. Plateau à l'Ouest du Lys

Ce plateau a été sondé au 1/10 000 en radioguidage avec un guide sur la pointe Ouest de l'île du Lys. Les profils ont été doublés dans une zone située environ dans le 300 et à 3 000 m du Lys, où de nombreuses têtes de moins de 10 m ont été trouvées. Les sondages n'ont pas été effectués par contre, avec une densité suffisante au Sud du 258° à partir du guide, par manque de temps.

Seule une petite zone au Sud du plateau a été balayée au sonar latéral. L'examen des bandes ne fait pas apparaître de hauts-fonds isolés, mais permet de délimiter des zones de nature du fond différentes. La couverture systématique du plateau au sonar latéral aurait demandé des moyens de mise en œuvre et du temps dont la Mission ne disposait pas. Toutes les recherches de roches ont été effectuées par plongeurs sur les têtes relevées au sondeur ; c'est ainsi qu'a été trouvé un 5,3 m dans le 294 à 3 650 m de la pointe Ouest du Lys ; malgré les affirmations du plongeur, cette sonde demanderait cependant confirmation.

Les hauts-fonds suivants n'ont pu être explorés :

9,7 m sur fond de 12 m dans le 341 à 6 200 m de la pointe Ouest du Lys.

9,0 m sur fond de 14 m dans le 318 à 5 900 m de la pointe Ouest du Lys.

7,5 m sur fond de 11 m dans le 254 à 5 500 m de la pointe Ouest du Lys.

Cette dernière tête se trouve dans la zone sondée à une échelle inférieure au 1/10 000.

### V.2.2. Chenal menant à la côte Nord-Est de l'île Glorieuse

Ce chenal a été sondé au 1/5 000 en radioguidage, guide au point M1. Un profil, le 32°30', n'a pas été fait, ce qui laisse apparaître un trou sur la minute de bathymétrie.

Les recherches de hauts-fonds ont été faites avec plongeur sur les têtes relevées en sondage régulier mais surtout repérées à vue par transparence dans quelques mètres d'eau.

De nombreuses têtes ont été explorées, mais il est probable que toutes n'ont pu l'être. Pour cela il aurait fallu disposer de photos aériennes prises à marée basse, à une échelle supérieure au 1/10 000.

Les sondages ont été resserrés jusqu'au 1/2 000 aux abords de la plage.

### V.2.3. Mouillage sur la côte Nord-Ouest de l'île Glorieuse

La côte Nord-Ouest de l'île Glorieuse est bordée, au-delà du platier découvrant, par une zone de 300 à 600 m de large, de pente moyenne 10 %, favorable au mouillage des bâtiments, jusqu'aux fonds de 40 m.

Cette zone a été sondée par profils perpendiculaires à la plage espacés de 20 à 50 m au départ ; certains

profils ont été interrompus par la présence du bâtiment mouillé sur ces profils ; ils sont plus resserrés sur la partie Ouest de la zone où le relief est plus irrégulier.

Les hauts-fonds dangereux pour un bâtiment ont été recherchés à vue, et leur cote déterminée par plongeur. Un pâtre de corail culminant à 2,3 m sous la surface dans le 295 et à 1 000 m de la pointe Nord de l'île, a été arasé à la côte — 4 m par pétardement.

### V.2.4. Chenal d'accès à la plage sur la côte Nord-Ouest de l'île Glorieuse

Les cotes du fond du chenal et des pâtés de corail ont été déterminées à la perche à marée basse ; un certain nombre de pâtés ont été pétardés avec le concours des nageurs de combat du *Commando Hubert*. Les cotes ont été reprises après pétardement ; il ne reste pas de roches découvantes sur le chenal proprement dit.

### V.2.5. Topographie sur le récif joignant l'île Glorieuse à l'île du Lys

Quelques points ont été repérés sur ce récif, pour la restitution à partir de photos aériennes au 1/17 000°. Les photos semblent avoir été prises à mi-marée ; la limite entre couvrant et découvrant est imprécise. Quelques profils en zigzag ont été effectués sur ce récif à marée haute pour déterminer quelques côtes.

### V.2.6. Sondages exploratoires autour des îles

Quelques profils exploratoires espacés d'environ 1 500 m ont été effectués au Nord et à l'Ouest du plateau jusqu'à la limite d'enregistrement du sondeur (1 400 m).

Il serait utile que ces profils soient complétés au Sud et à l'Est des îles par un bâtiment en escale aux Glorieuses, en se positionnant au cercle hydrographique sur les îles.

## V.3. Magnétisme

— 1 mesure de déclinaison de 24 h a été effectuée au théodolite T.O.

Malgré une certaine dispersion des mesures la nuit, due probablement à l'utilisation d'une lampe électrique, la valeur moyenne a pu être déterminée à 7° 11' W.

## V.4. Courants et marées

— 1 mesure de courant exploitable de 54 h a été effectuée avec un courantographe mécabolier près du point de mouillage au Nord-Ouest de l'île Glorieuse.

— La marée a été enregistrée sur marégraphe OTT du 13 Octobre au 3 Novembre et du 26 Novembre au 19 Décembre. Le zéro hydrographique a été choisi au zéro de l'échelle de marée, à la suite d'une concordance effectuée avec les données de l'annuaire pour Mayotte. Ce zéro se situe à 5,61 m en dessous du dessus

du bouchon horizontal de vidange de la citerne à eau située à l'orée de la plage près du beaching Nord-Ouest de l'île Glorieuse.

Aucun autre repère de niveau n'a pu être implanté au voisinage, la citerne étant la seule construction en dur sur le sable, sur ce côté de l'île. Le niveau moyen est d'environ 2 m au-dessus du zéro de réduction des sondes.

#### V.5. Nature des fonds

Aucun prélèvement de fond n'a été effectué. Le fond se voit par transparence jusqu'aux profondeurs de 15 m. Le sable est partout présent, parsemé de pâtés de corail aux faibles profondeurs. Sur le plateau, aux profondeurs de 15 m, il offre l'aspect d'un damier sombre et clair dû à la présence d'herbes sur le sable. Au centre du plateau une zone de hauts-fonds dont les têtes culminent à moins de 10 m de la surface, offre une forte densité de corail.

L'île Glorieuse est entourée d'un platier découvrant formé d'un substrat de corail plus ou moins recouvert de sable, sauf sur la côte Nord-Est où les fonds de sable parsemés de pâtés de corail, remontent en pente très douce vers la plage.

### VI. DOCUMENTS REDIGES (Voir planche n° 3).

– 1 minute au 1/20 000 : topographie générale et sondages exploratoires jusqu'à 1400 mètres de profondeur.

– 2 minutes de bathymétrie au 1/10 000 du plateau sous-marin à l'Ouest de l'île du Lys.

– 1 minute de bathymétrie au 1/5 000 de la zone de mouillage au Nord-Ouest de l'île Glorieuse, avec une cartouche de topographie au 1/2 000 du chenal d'accès à la plage.

– 1 minute de bathymétrie au 1/5 000 du chenal d'accès au beaching de la côte Nord-Est de l'île Glorieuse, et 1 minute de bathymétrie au 1/2 000, de la zone de beaching.

– 1 fiche de marée.

– 1 mesure de courant de 54 h.

– 1 mesure de déclinaison de 26 h.

### VII. INFORMATION NAUTIQUE

#### VII.1. Mouillage Nord-Ouest de l'île Glorieuse. (Voir photo 4).

Les bâtiments ont la possibilité de mouiller face à la côte Nord-Ouest de l'île, entre les fonds de 20 et 40 m. La pente moyenne est de l'ordre de 10 % ; au-delà de 40 m elle est abrupte ; le fond de sable

est de bonne tenue. L'endroit est assez abrité de la mer d'alizé, surtout à marée basse, par la langue de sable qui s'étire vers le Nord à partir de la pointe Nord de l'île.

Sous l'action des vents dominants et du courant, les bâtiments restent en général évités cap à l'Est. Aussi, il est recommandé de se présenter pour le mouillage cap à l'Est Sud-Est sur la pointe Nord de l'île.

Il peut arriver cependant que le bâtiment s'évite cap à l'Ouest, à marée haute par vive-eau et en l'absence d'alizé.

#### VII.2. Chenal d'accès à la plage sur la côte Nord-Ouest de l'île Glorieuse.

Le platier de sable et corail, de 400 m de large environ qui borde la côte de l'île, est entaillé par un chenal naturel à travers les pâtés de coraux, à 350 m à l'Ouest de la pointe Nord de l'île ; ce chenal permet d'atterrir sur la plage au débouché de la piste menant à la Météo et à l'aérodrome ; à l'entrée de cette piste se trouvent une cabane et une citerne à eau douce.

Ce chenal permet à des embarcations d'arriver à la plage à toute heure sauf autour des basses mers de vive-eau. On peut passer sans chenal pendant 3 h 30 de part et d'autre de la pleine mer ; autour de la basse mer, la transparence de l'eau permet de piloter à vue entre les pâtés de coraux.

Un certain nombre de pâtés ont été pétardés ; de façon à ce qu'il n'y ait pas de découvrant dans le chenal, ceci afin de permettre à un chaland de débarquement de moins de 2 m de tirant d'eau de parvenir entre les mi-marées montantes et descendantes.

La plage est assez abritée des vagues par vent d'alizé, surtout au voisinage de la marée basse.

#### VIII.3. Accès à la côte Nord-Est de l'île Glorieuse. (Voir photo 5)

Sur la côte Nord-Est de l'île, il n'y a pas de platier de corail mais les fonds de sable prolongeant la plage descendent en pente très douce vers le large et sont parsemés de petits pâtés de coraux presque affleurants jusqu'à 2 000 m de la côte. Des chenaux se dessinent à marée basse dans le sable, mais sont plus visibles à partir de la plage que du large.

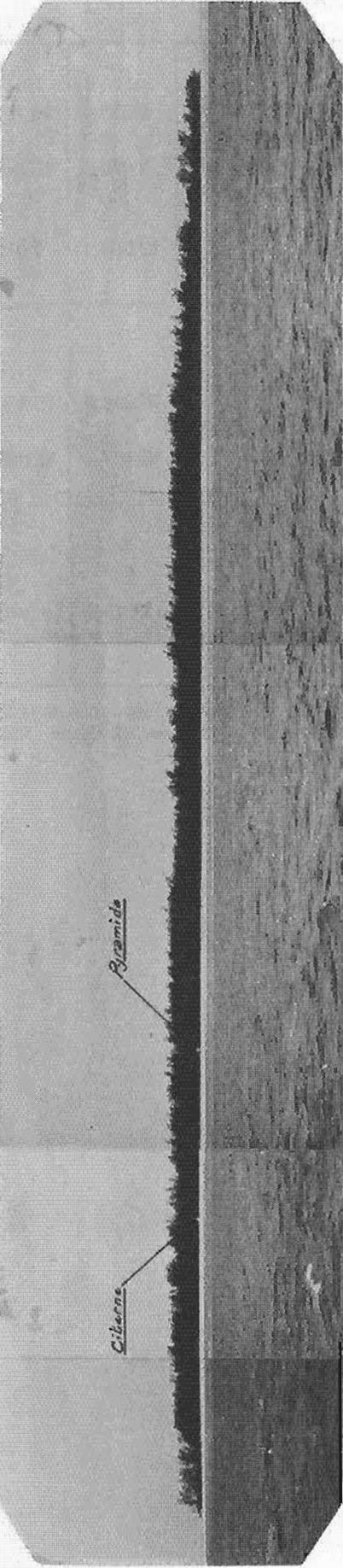
Pour une embarcation, il y a risque d'échouage à marée descendante, avant d'atteindre la plage.

La plage elle-même est plus souvent battue par les vagues que sur la côte Nord-Ouest.

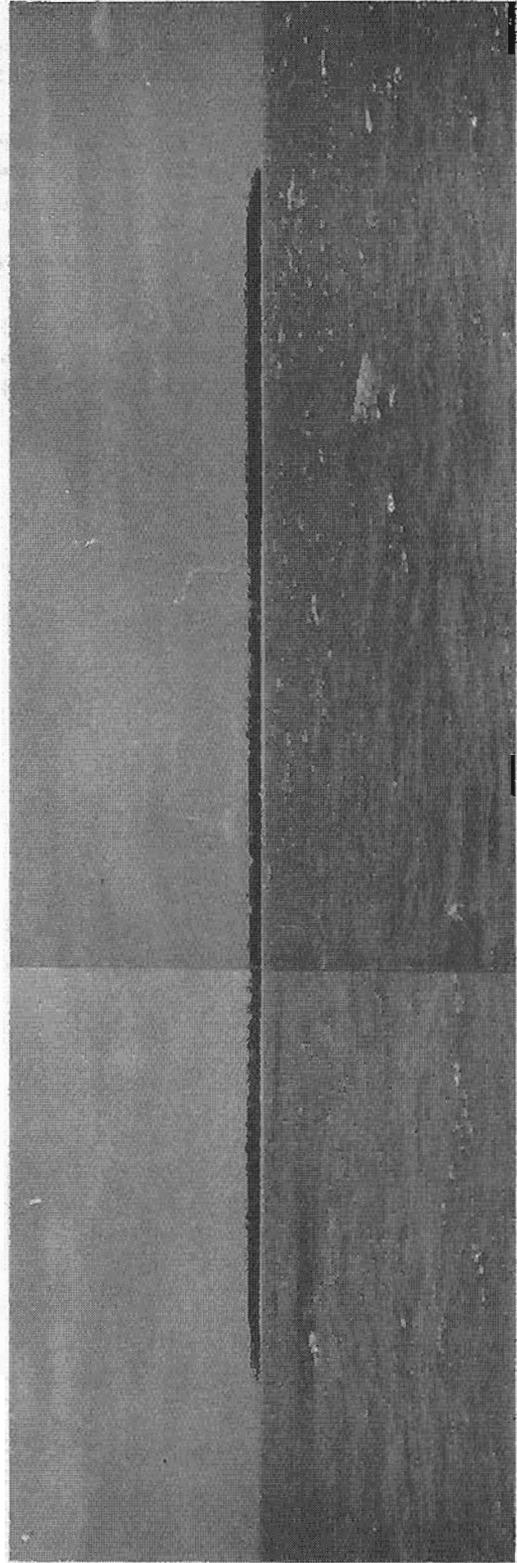
#### VII.4. Accès à l'île du Lys

A marée haute, les embarcations peuvent aborder l'île du Lys par la plage dans la crique qui se trouve au Sud de l'île.

A marée basse, il faut contourner la zone de hauts-fonds qui s'étend jusqu'à 400 m au Sud de l'île, et



L'Ile Glorieuse vue du point de mouillage au Nord-Ouest de l'île



L'Ile Glorieuse vue du chenal d'accès au beaching Nord-Est

aborder sur la langue de sable découvrante qui prolonge l'île au Sud-Est.

#### VII.5. Mouillage sur le plateau à l'Ouest du Lys

La houle d'Est dominante contourne les récifs découvrants au Nord du Lys, et s'infléchit, en provenant du Nord Nord-Est, à l'Ouest de cette île.

Le bâtiment mouillé s'orientant à l'Est par suite de l'action du vent dominant et du courant, se trouve un peu en travers de la houle et roule bord sur bord. La mer est atténuée, surtout à marée basse, en se rapprochant de l'abri offert par l'île du Lys et les récifs qui la prolongent.

Pour les bâtiments de moins de 5 m de tirant d'eau le mouillage le plus favorable, par temps d'alizé semble être dans le 260 à 1500 m de l'île du Lys par fond de sable de 8 à 10 m.

#### LISTE DES COORDONNEES(1)

	X	Y
<b>Île Glorieuse :</b>		
– Citerne à eau douce (axe) (Beaching Nord-Ouest)	9 237	10 100
– Pyramide en bois (centre) (près du Beaching Nord-Ouest)	9 073,5	10 074,4
– Tour en bois (axe) (côte Nord-Est)	10 054,1	9 910,5
<b>Île du Lys :</b>		
– Pyramide (centre) (pointe Sud-Ouest de l'île)	18 048,6	15 858,1
– Cocotier remarquable (centre de l'île)	18 357	15 809
<b>Roches vertes :</b>		
– Rocher remarquable (sur l'îlot le plus Nord du groupe des 3 îlots)	13 413,8	9 944,5

(1) Ces coordonnées sont données dans le système local. Pour passer aux coordonnées UTM fuseau 38, ajouter : 740 960 en x et 8 710 500 en y.

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN

*Publications scientifiques et littéraires*

TYPO OFFSET

05002 GAP · Téléphone 51 35 21 ·

Dépôt légal 515-1980

# 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

	Pages
PREMIERE PARTIE	
Analyse de 19 ans d'observations de marée à Brest, par M.B. SIMON, Ingénieur civil sous contrat, de l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine . . . . .	5
<i>L'Amoco Cadiz</i> : comportement de ses hydrocarbures dans le milieu marin, par le Pharmacien-Chimiste Principal des Armées J.L. CARSIN, de l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine . . . . .	19
Formation d'ondes internes stationnaires sur le Talus continental, application au Golfe de Gascogne, par M. R. MAZÉ, du Laboratoire d'Océanographie Physique de l'Université de Bretagne occidentale . . . . .	45
DEUXIEME PARTIE	
Mission Océanographique du Pacifique (mai 1974 – mai 1976), par M. M. BOU-LARD, Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe) . . . . .	61
Mission Hydrographique de l'Atlantique (avril 1976 – février 1977), par M. M. RIBET, Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe) . . . . .	127
Mission Hydrographique des Glorieuses (septembre 1977 – décembre 1977), par M. J.P. THOUIN, Ingénieur Principal de l'Armement (hydrographe) . . . . .	145