

ANNALES HYDROGRAPHIQUES

5^{ème} Série - Vol. 7, fasc. 3 - 1979

N° 753



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

TABLES DES MATIÈRES

	Pages
Première partie	
Pollution dans la rade abri du port militaire de Brest, par MM. J.L. CARSIN, Pharmacien-Chimiste des Armées, A. PAITRY, Ingénieur-Chimiste, M. JOANNY, Ingénieur-Chimiste et J. PONCIN, Aspirant, de l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine	5
Modèle de dispersion et de dérive, par M. J. ROUX, Enseigne de Vaisseau (R) de l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine	21
Deuxième partie	
Mission Hydrographique des Côtes de France (Septembre 1966 — Octobre 1968), par M. G. PELUCHON, Ingénieur en chef de l'Armement (hydrographe)	41
Mission Océanographique de l'Atlantique (octobre 1974 — Septembre 1975), par M. A. DEMERLIAC, Ingénieur en chef de l'Armement (hydrographe)	67
Mission Hydrographique de l'Atlantique (Septembre 1974 — Avril 1976), par M. M. DARS, Ingénieur en chef de l'Armement (hydrographe)	83



PREMIÈRE PARTIE



POLLUTION DANS LA RADE ABRI DU PORT MILITAIRE DE BREST

par

MM. J.L. CARVIN, Pharmacien-Chimiste des Armées, A. PAITRY, Ingénieur-Chimiste
M. JOANNY, Ingénieur-Chimiste et J. PONCIN, Aspirant,
Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

RESUME

Pendant une année (avril 1975 – mai 1976), le comportement d'un bassin de dilution (le port militaire de Brest, large bassin géométrique) a été suivi et chiffré vis-à-vis des rejets urbains et industriels. Ainsi, il a été possible de dresser un bilan de l'état physico-chimique de ce port.

Les températures, le pH, les teneurs en oxygène dissous et en sels nutritifs suivent l'évolution saisonnière du milieu trophique. La pollution phytoplanctonique réagit normalement, ce qui tend à prouver que ce milieu marin ne reçoit pas de rejets véritablement toxiques.

ABSTRACT

The pollution in the sheltered roadstead of the military harbour in Brest

We observed and calculated over a year (April 1975 – May 1976) the effects of the town and industry effluents on the large geometrical and delimited dilution basin constituted by the military harbour in Brest. It was so possible to assess its physico-chemical situation.

Temperatures, pH, dissolved oxygen and nutrients contents vary according to the season as in the trophic environment. The phytoplankton reacts normally what is an argument that this marine environment do not receive really, any toxic effluents.

"Déjà se font jour certaines méthodes d'exploitation rationnelle du milieu océanique,

Déjà apparaissent les lois sanitaires qu'il faut respecter pour conserver à ce milieu son intégrité".

M. AUBERT (1)

INTRODUCTION

Le laboratoire de chimie océanographique de l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (EPSHOM) a suivi pendant une période de treize mois, d'avril 1975 à mai 1976, un certain nombre de paramètres physicochimiques de l'eau de la rade abri du port militaire de Brest.

Ces paramètres ont été choisis de façon à pouvoir évaluer le niveau trophique du site étudié, c'est-à-dire :

- de connaître le comportement du milieu marin vis à vis d'une pollution,
- d'apprécier cette dernière.

Si la pollution de l'eau est l'introduction en son milieu de toute substance susceptible d'en altérer la

qualité, le port militaire, large bassin géométrique parfaitement délimité, apparaît comme le premier récepteur des eaux usées de l'arsenal et de celles, épurées, de l'agglomération brestoise. En cette première étape, il a donc paru intéressant de mesurer l'état de contamination présente et le "pouvoir épurateur" du milieu marin.

La présentation des stations de prélèvements et des paramètres mesurés fait l'objet du premier chapitre. Une tentative d'interprétation des résultats obtenus, que l'on peut considérer comme caractéristiques de la pollution actuelle du port de guerre, est exposée au second chapitre.

CHAPITRE I

PRESENTATION DES STATIONS DE PRELEVEMENTS ET DES PARAMETRES MESURES

1. STATIONS DE PRELEVEMENTS

1.1. Présentation du site

La figure 1 représente la carte du site et la position des stations. On y remarquera, en particulier, les trois ouvertures de la rade abri, situées vers la partie orientale du bassin :

- embouchure de la rivière Penfeld, au nord
- "passe à l'ouest", communication avec le port de commerce
- passe sud, sortie vers la Grande Rade.

1.2. Choix des stations

Le choix des stations découle de la configuration évoquée plus haut :

La station A se situe à mi-chemin des trois sorties Penfeld, Port de commerce et Grande Rade.

Les stations B et E sont représentatives des eaux de la Grande Rade et de celles de la Penfeld.

La station C est située dans la zone théoriquement la moins brassée, au fond de la rade abri.

La station D est placée sensiblement au centre du bassin.

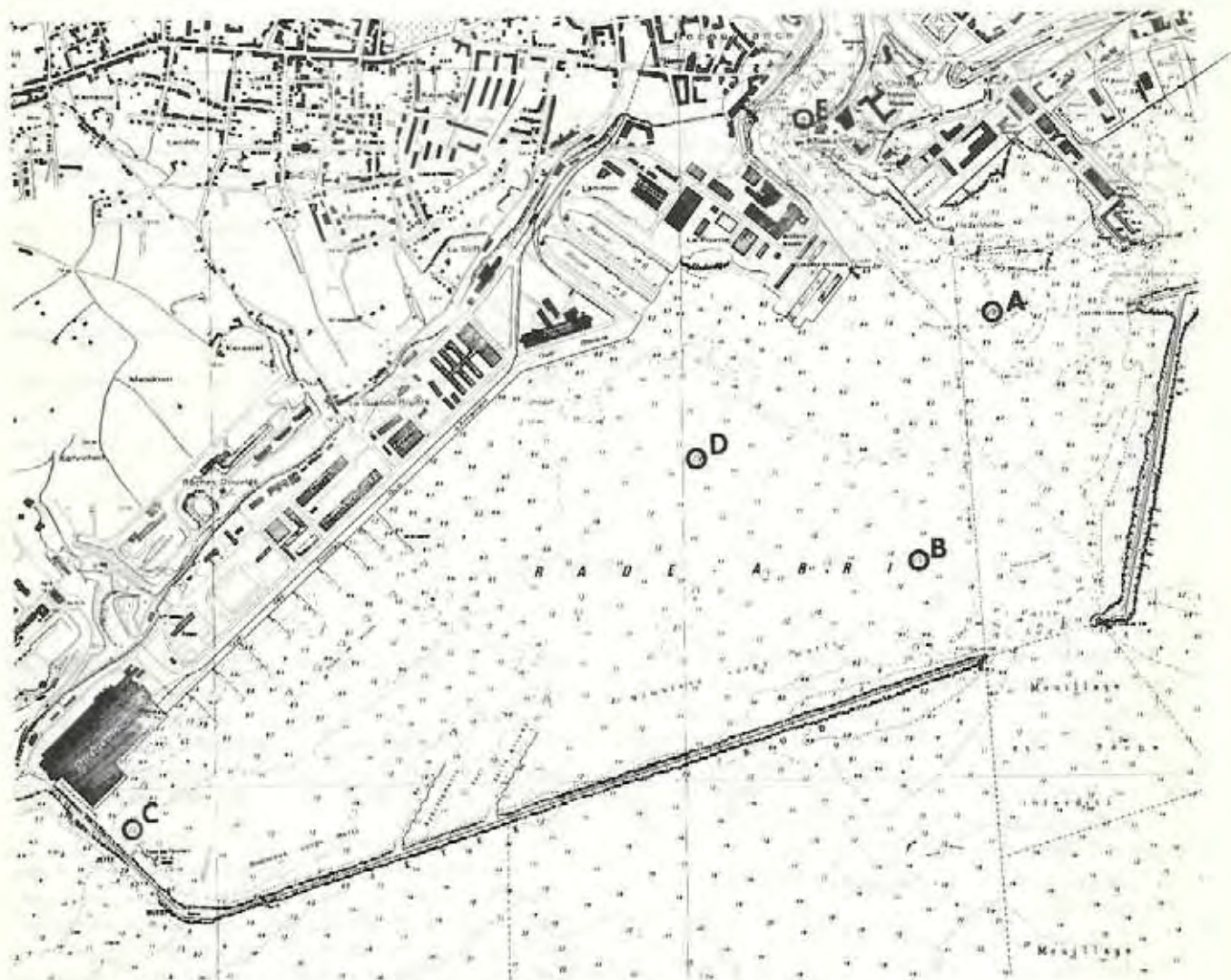


FIG. 1. — Localisation des stations de prélèvements.

1.3. Mode opératoire

Avec le concours d'une embarcation de la Direction du Port, au rythme de deux sorties par semaine, faites à la même heure et toujours dans le même ordre, les prélèvements ont été effectués au moyen de bouteilles d'hydrologie, en chaque station, aux immersions suivantes :

- 0,25 mètre sous la surface.
- 5 mètres au-dessus du fond (dénommé 1/2 fond sur les figures).
- à proximité immédiate du fond.

Dans la rade abri où le marnage est loin d'être négligeable devant la profondeur, les trois points de mesure ont paru suffisamment représentatifs de la colonne d'eau.

A titre indicatif, les stations B, C et D correspondent à des profondeurs de 11 et 12 mètres, portées sur la carte, la station A à 7,4 mètres et la station E à 6,9 mètres. Il faut ajouter à ces cotes la hauteur de la marée pouvant atteindre 7,5 mètres en vives eaux.

2. PARAMETRES MESURES

2.1. Paramètres physicochimiques

Les paramètres choisis dans cette étude ont déjà fait l'objet d'un rapport précédent (Carlin (3)). Cependant, nous donnons ici certaines explications nécessaires à la bonne compréhension du travail.

2.1.1. Température, pH, salinité

Ces trois paramètres ne sont pas, à proprement parler, des critères de pollution, mais ils peuvent aider de façon appréciable à déterminer les conditions de vie dans le milieu marin, notamment celles du phytoplancton. Si la température suit le rythme des saisons, donc le rythme biologique marin, le pH et la salinité reflètent surtout les arrivées d'eaux douces, polluées ou non.

Les températures étaient mesurées aussitôt après la remontée des bouteilles d'hydrologie. Les mesures de pH et de salinité étaient faites, au laboratoire, dès l'arrivée des échantillons, au moyen d'un pHmètre et d'un salinomètre à induction.

2.1.2. Oxygène dissous

Il s'agit là d'un facteur important qui conditionne le développement de l'activité du milieu marin. La teneur en oxygène, fonction de la température et de la salinité, est sensiblement voisine de la saturation pour les eaux de surface. Ces dernières peuvent atteindre un état de sursaturation sous l'effet du brassage mécanique et de l'activité photosynthétique.

La respiration des algues, des animaux marins et des bactéries, l'oxydation des déchets organiques entraînent une consommation d'oxygène. Un apport excessif de

matières polluantes peut conduire à un grave déséquilibre dans le rythme de la vie marine, en apportant une baisse très brutale et inexpliquée du taux d'oxygène dissous. Mais, toute variation du taux d'oxygène n'est pas forcément un indice propre de pollution.

Les dosages de l'oxygène dissous des différents échantillons prélevés étaient effectués par potentiométrie dans la méthode chimique de Winkler (Poncin (7)).

2.1.3. Teneur en azotes ammoniacal, nitreux et nitrique

L'azote peut être rencontré sous forme minérale : sels contenant les ions ammonium (NH_4^+), nitreux (NO_2^-) et nitriques (NO_3^-) ou sous forme organique. L'azote inclus dans la matière organique provenant de produits d'excrétion ou de décomposition ne peut être réutilisé en milieu marin que par le phytoplancton, départ de toute la chaîne alimentaire, et par les bactéries. Il sera donc minéralisé soit par oxydation directe, soit par régénération bactérienne. S'il n'est pas utilisé, l'ion ammonium, premier stade de la reminéralisation de l'azote, est alors oxydé en nitrites, puis en nitrates.

Ces sels azotés sont donc le signe de la présence de matières organiques à un stade plus ou moins avancé de dégradation. Ces composés sont toujours présents dans l'eau ; aussi, par des analyses continues, sera-t-il possible de connaître l'évolution des teneurs en sels ammonium, nitreux ou nitriques. Et, une variation brutale et importante de la quantité de ces éléments minéraux peut être l'indice d'une pollution organique récente et principalement d'origine fécale.

Basés sur la réaction de Berthelot avec formation de bleu indophénol, les dosages d'ammoniacal étaient mesurés colorimétriquement. De même, la détermination des nitrites s'effectuait selon la méthode mise au point par Bendschneider et Robinson avec formation d'un azoïque rose. Quant aux nitrates, réduits en nitrites, ils suivent la même réaction que ces derniers.

Les différents échantillons de ces analyses étaient passés sur l'ensemble autoanalyseur (Clavier (4)).

2.1.4. Demande chimique en oxygène (D.C.O.)

"La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions parfaitement définies". (Rodier (8)).

La mesure se faisait en partiquant une oxydation des substances présentes dans l'eau par le chromate de potassium (K_2CrO_4) puissant oxydant chimique. (Méthode de Michel (6)).

En fait, le degré d'oxydation et le nombre de composés oxydés dépendent étroitement des conditions opératoires qu'il faut suivre scrupuleusement. La technique utilisée n'a pas donné les résultats escomptés.

Il semble que la méthode soit mal adaptée à l'élément marin, du moins pour les concentrations excessivement faibles de matières oxydables rencontrées. La méthode est pourtant couramment utilisée en analyse des eaux douces.

2.2. Paramètres extérieurs

2.2.1. Conditions météorologiques

a) *Les vents dominants* sont des vents d'ouest. Les "coups de vent" viennent du sud ouest, passent par l'ouest et virent au nord ouest.

En ce qui concerne les pollutions de surface, un vent de sud ouest freine la dispersion vers les stations A et B. Par contre, un vent d'ouest favorise le déplacement des eaux superficielles vers le port de commerce. Sous de telles conditions et selon la force du vent et l'importance du clapot, il a été parfois impossible de manœuvrer le treuil à hydrologie et dans ces cas, seuls les prélèvements de surface ont été effectués.

La rade abri, située en contre-bas de la ville, se trouve parfaitement protégée du vent de nord ouest qui n'a pas d'action sur les eaux de surface. Moins fréquent que les précédents, les effets du vent d'est ne sont pratiquement pas ressentis dans le port militaire.

b) *La pluviométrie* intervient essentiellement dans le débit de la rivière Penfeld et dans les mesures de salinité

de surface, par les différences qu'elle peut apporter. Elle devient facteur de pollution par lessivage des sols.

2.2.2. Les courants

En dehors des courants de surface engendrés par les vents d'ouest, de sud ouest ou d'est, le phénomène prépondérant qui contribue à la dispersion de la pollution, est sans nul doute, *la marée*. Aussi, est-il nécessaire de tenir compte du coefficient de marée et de l'heure du prélèvement par rapport à la pleine mer.

La force et la direction des courants de marée et celles du vent ont été consignées. Mais, dans l'exploitation des résultats présentés au chapitre suivant, les données sont simplement caractérisées par la marée montante ou la marée descendante.

2.2.3. Autres facteurs

D'autres facteurs ont été relevés lorsque cela a paru nécessaire. Ainsi, il a été noté la présence ou l'absence de grands bâtiments de guerre qui pourrait expliquer une contamination par leurs apports en eaux usées.

CHAPITRE II

ETUDE DES RESULTATS OBTENUS – ESSAIS DE LEUR EXPLOITATION

Il n'est pas question, dans ce rapport, de présenter la totalité des courbes susceptibles d'être tracées à partir des données recueillies. Avant un traitement systématique d'analyse des données qui pourra être réalisé ultérieurement, nous avons voulu proposer l'étude, dans ses grandes lignes, du comportement physicochimique des eaux du port de guerre.

Pour ce faire, nous avons retenu trois angles d'observation :

- 1/ Evolution annuelle des paramètres physicochimiques
- 2/ Corrélations apparentes entre les variables
- 3/ Caractère propre de chaque station de prélèvement par rapport aux autres

1. EVOLUTION ANNUELLE DES PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES

1.1. En surface

Chacune des figures 2 à 9 donne les variations d'un paramètre physique ou chimique, en fonction du temps. Le graphique concerne une, deux ou trois stations de prélèvements, selon les cas. L'allure comparée de toutes ces courbes donne une bonne idée des variations saisonnières des facteurs physiques, d'une part :

- température
- pH
- salinité
- oxygène dissous

des facteurs chimiques liés aux phénomènes biologiques, d'autre part :

- présence de sels ammoniacaux
- " sels nitreux
- " sels nitriques

1.1.1. Variations des températures (figure 2)

L'évolution des températures est liée aux saisons. La température de l'eau croît pendant le printemps et jusqu'au milieu de l'été, pour décroître ensuite régulièrement jusqu'en février. Les températures extrêmes de 23 °C et de 7,2 °C ont été relevées.

1.1.2. Influence de la pluviométrie sur le pH et les salinités

Si l'influence de la pluviométrie est pour ainsi dire indécidable sur l'évolution du pH des eaux de surface (figure 3), elle est évidente sur la salinité, en particulier à la station E. La figure 4 présente simultanément

l'évolution de ces deux paramètres, en fonction du temps. Pour la station en Penfeld, à une quantité de pluie importante, correspond une diminution de salinité ; par contre en station B, l'influence de la pluviométrie est déjà beaucoup moins nette.

1.1.3. Variations des concentrations des sels ammoniacaux, nitreux et nitriques et du taux d'oxygène dissous

Les variations de la teneur en azote (figure 5 à 8) sont à rapprocher du développement du phytoplancton. Ainsi, elles permettent de mettre en évidence la période d'activité biologique intense du début du printemps où apparaît la pullulation rapide de phytoplancton appelée encore "bloom marin".

La consommation par le plancton de ces sels nutritifs devient telle que ces derniers tombent à un niveau de concentration très bas, parfois nul. De même, après avoir augmenté à une forte sursaturation au printemps, par la production photosynthétique des algues et du phytoplancton, le taux d'oxygène dissous décroît fortement pendant la même période (figure 9). Ces comportements, tant en oxygène qu'en azote, peuvent être qualifiés de normaux, ils suivent le cycle biologique du milieu marin. (Bougis (2)).

Ainsi, à la station E, un net déficit en oxygène dissous est assuré pendant l'été et l'automne, cette diminution n'est pas forcément le résultat d'une pollution. Par contre, la soudaine augmentation du taux en ammoniac observé en Penfeld au mois de septembre est anormale. En effet, habituellement, la diminution d'azote constatée en cette période est à rapprocher de la deuxième poussée phytoplanctonique qui se produit au début de l'automne. Il s'agit là d'une pollution accidentelle tout à fait caractéristique. C'est l'étude de l'évolution annuelle de ces composés (oxygène et azote) qui a permis d'affirmer la présence d'une contamination dont il était malheureusement trop tard pour en rechercher l'origine (cf. figure 5).

1.2. En profondeur

1.2.1. Avant-propos

Comme il l'a été signalé dans la présentation des paramètres (chapitre I), nous n'avons pas voulu faire une description systématique des eaux de la rade abri, (comme l'aurait fait un physicien) en incluant aux données de surface, des mesures en profondeur.

Aussi s'est-on contenté de donner un aperçu du comportement des paramètres en fonction de la profondeur, par le biais d'un paramètre physique, la salinité et d'un paramètre chimique, la teneur des sels ammoniacaux.

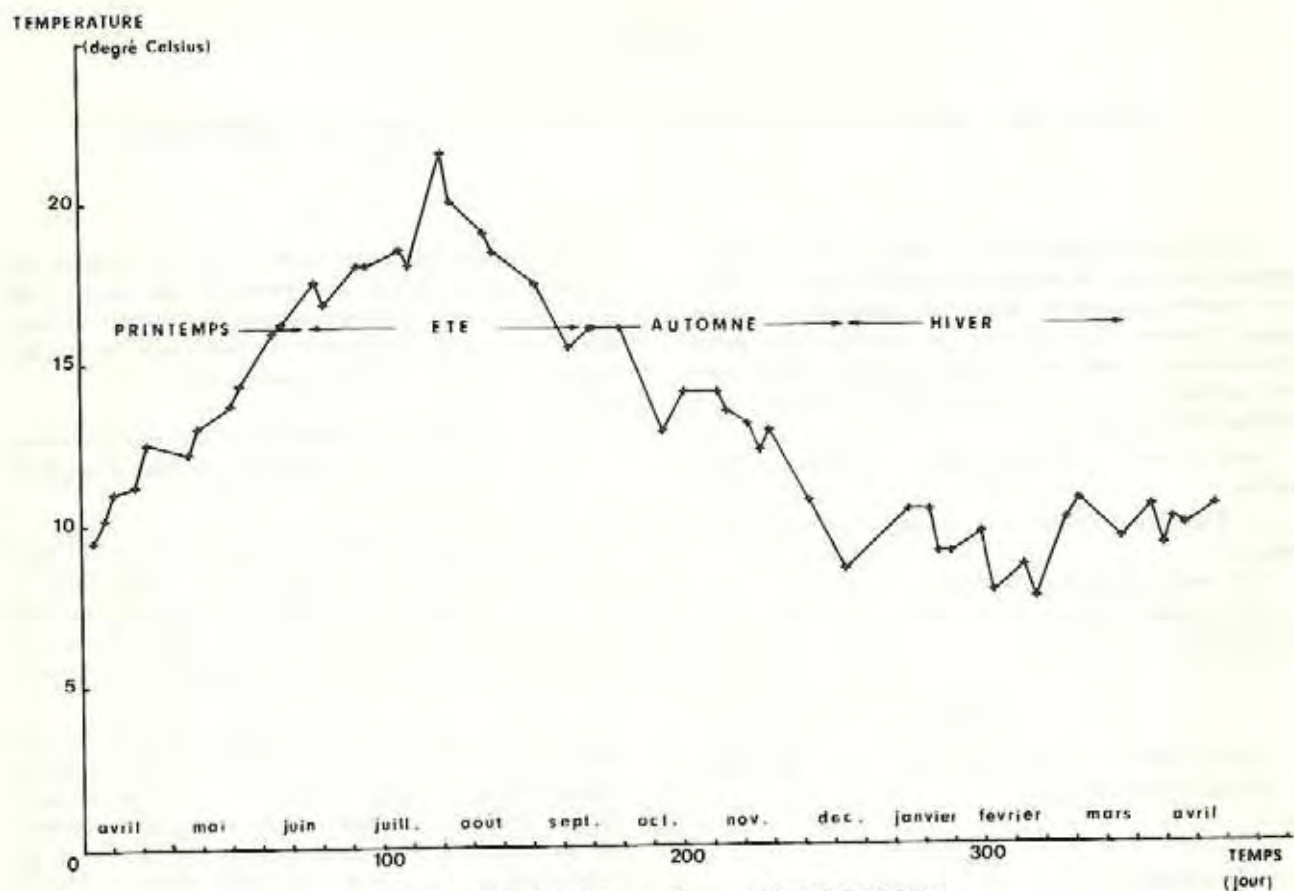


FIG. 2. — Variation de la température en fonction du temps.

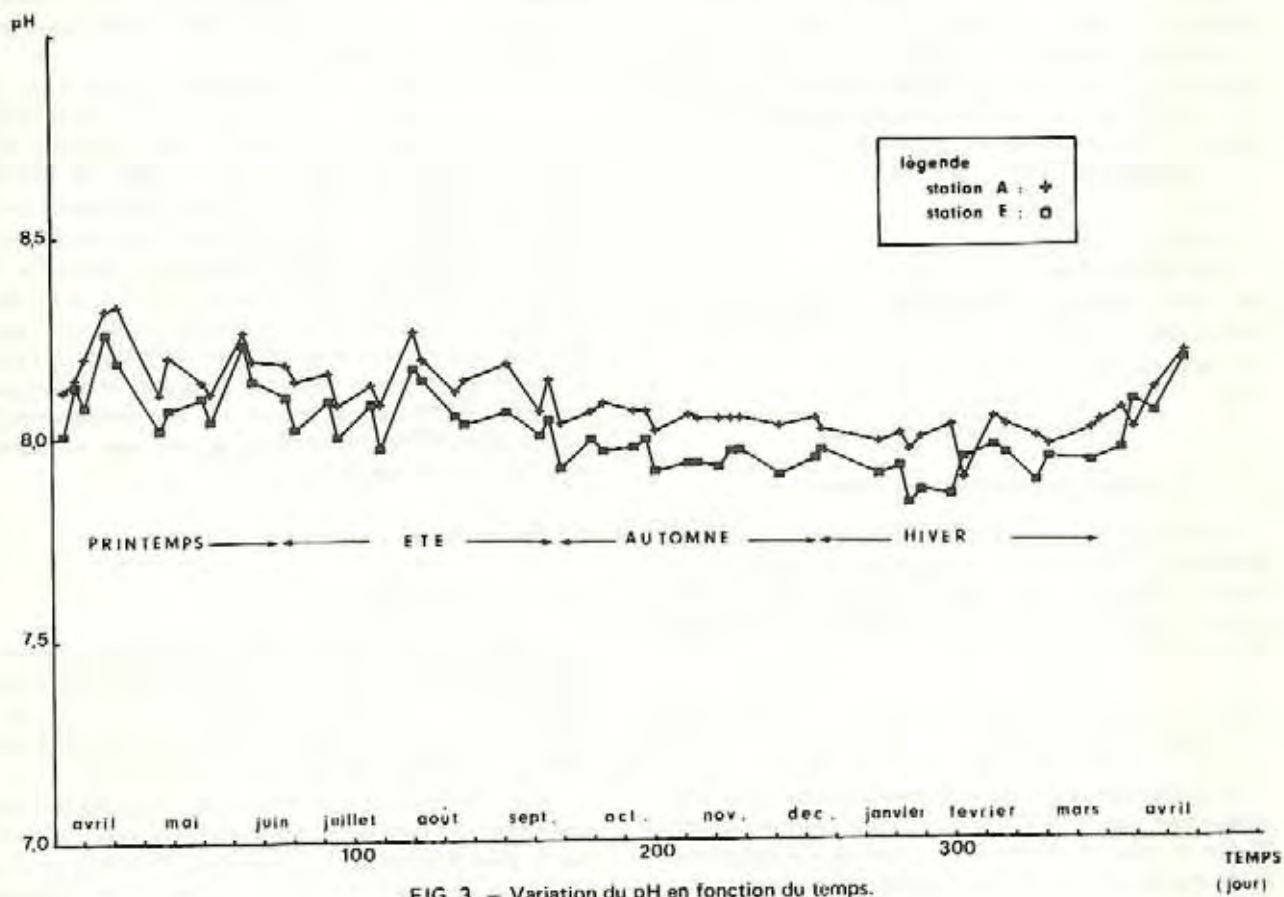
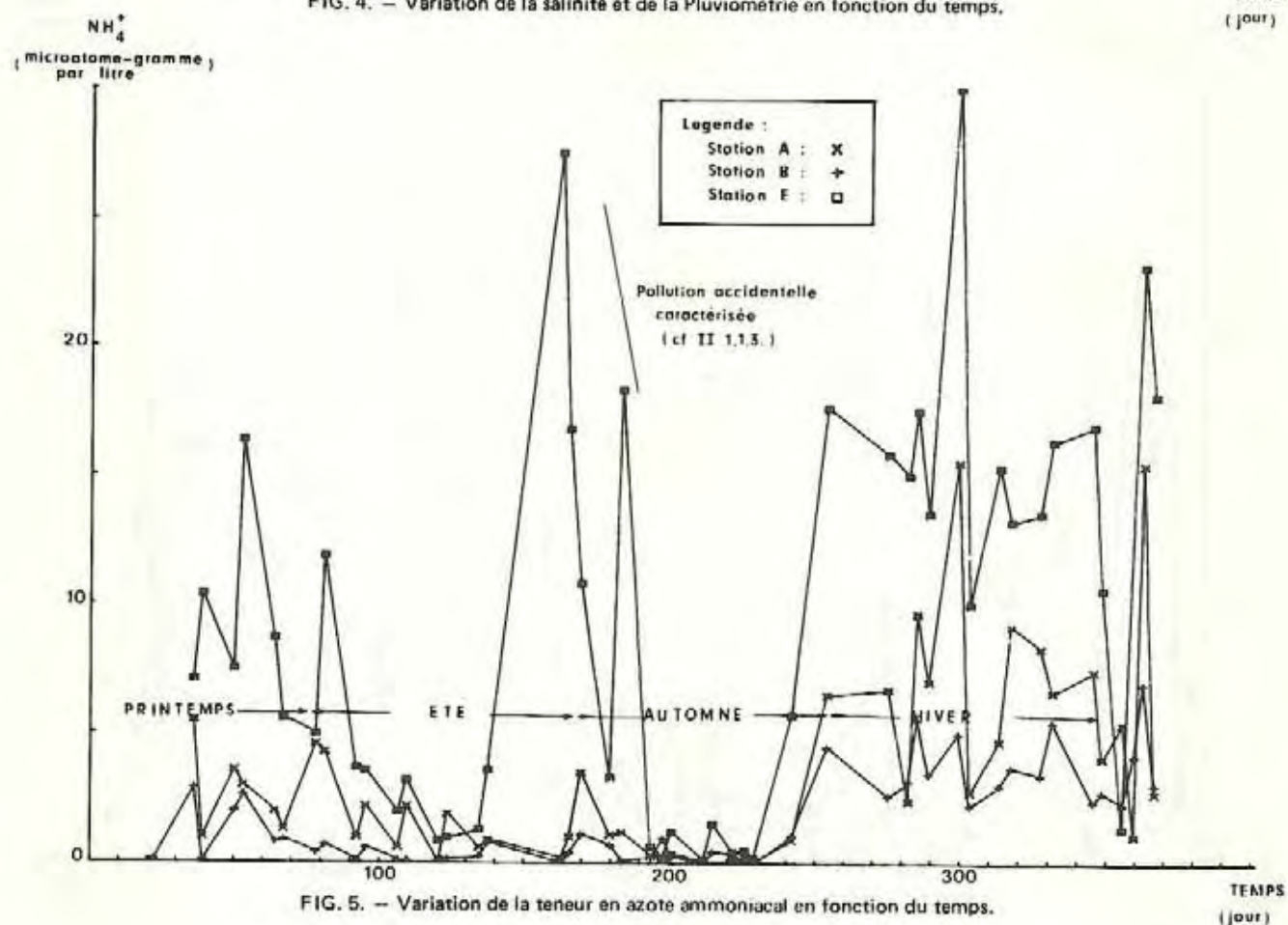
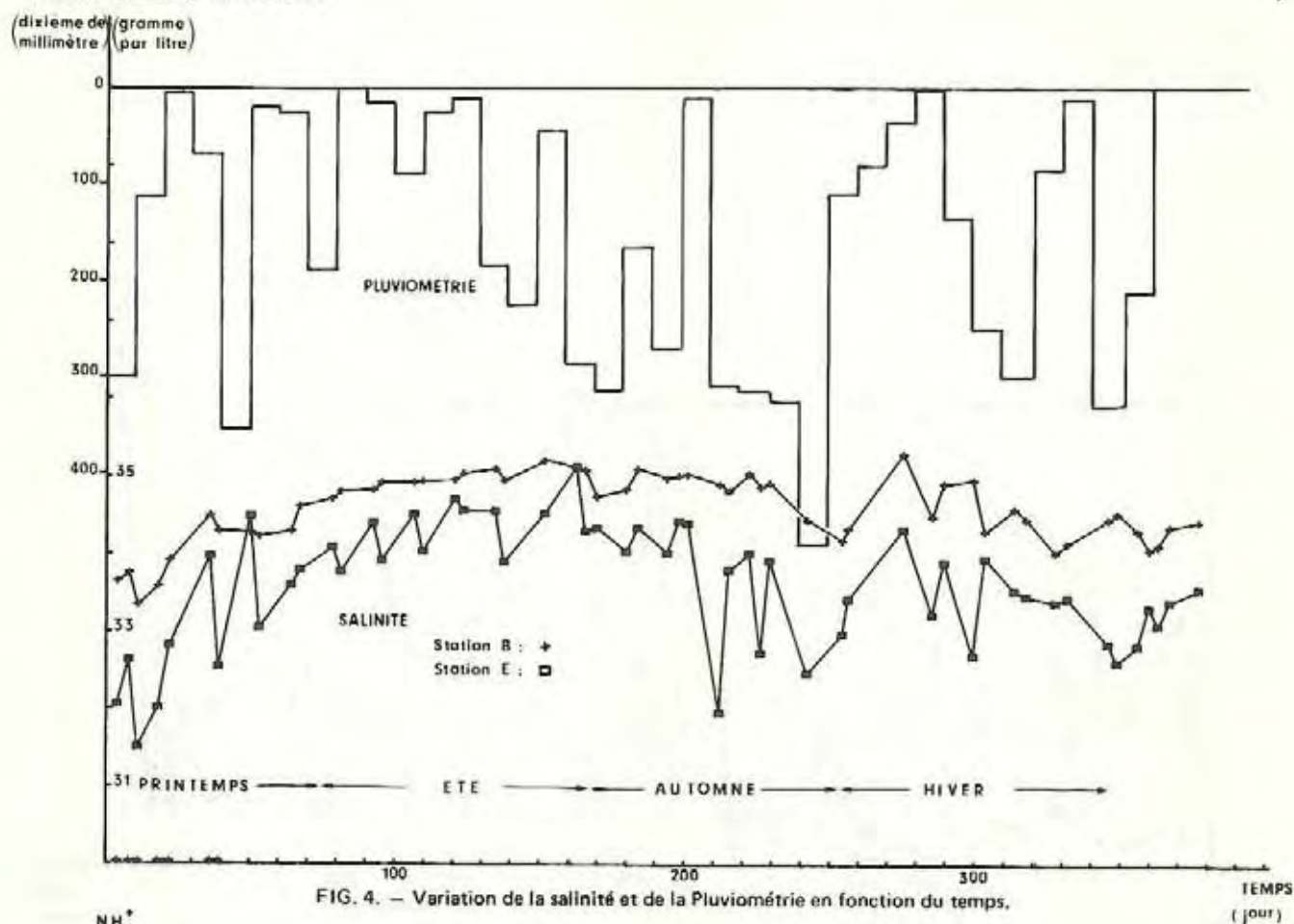
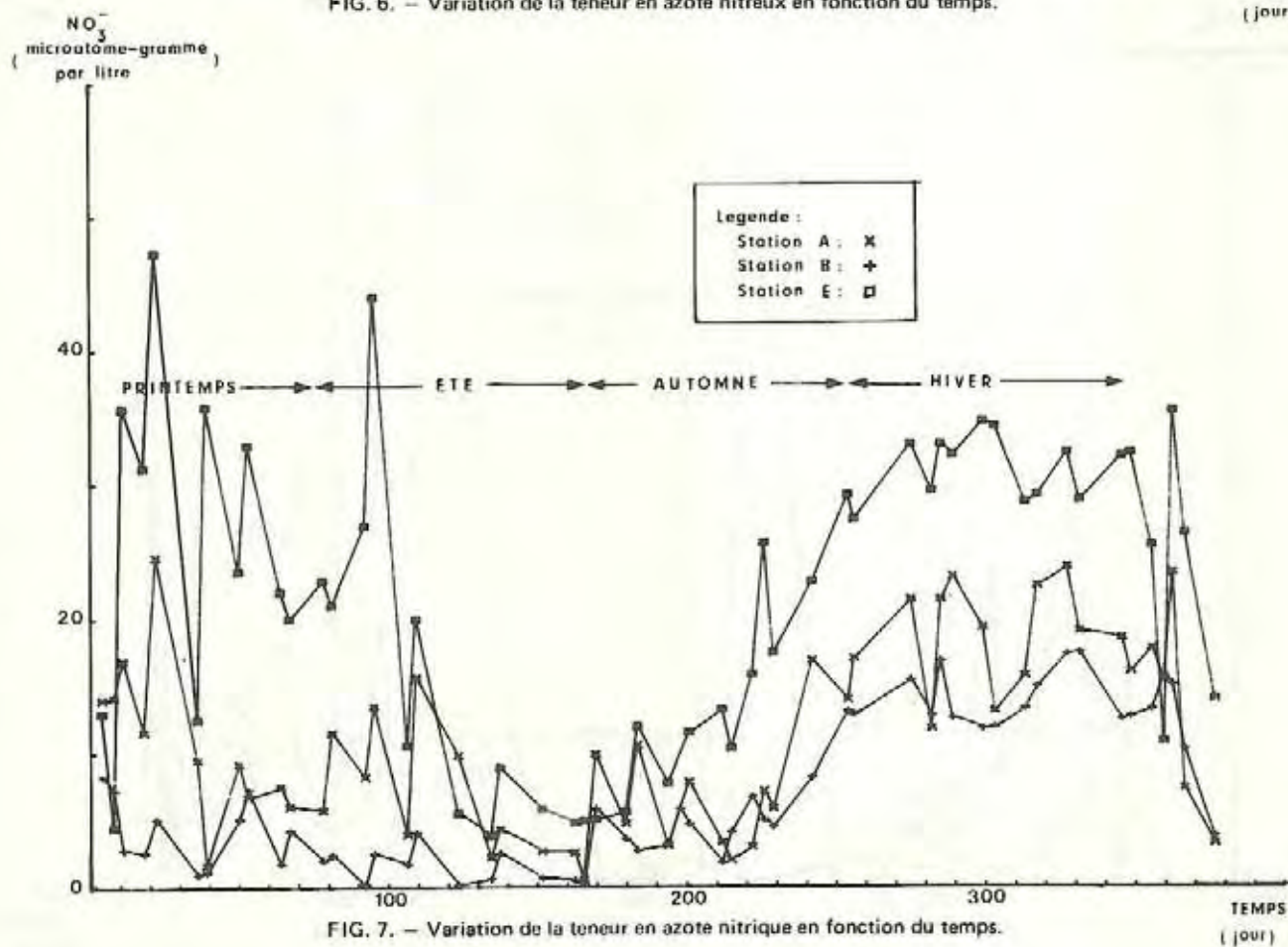
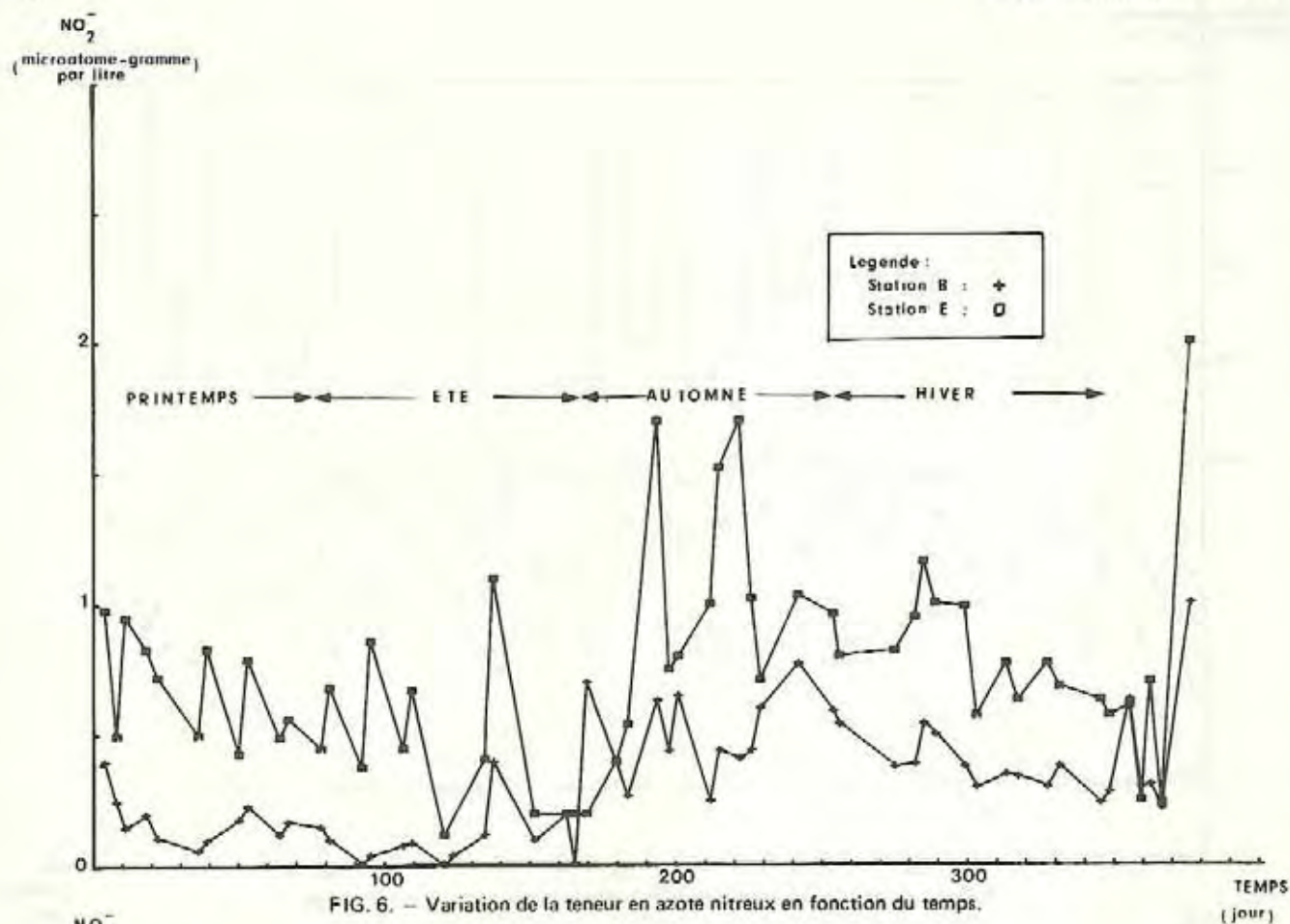
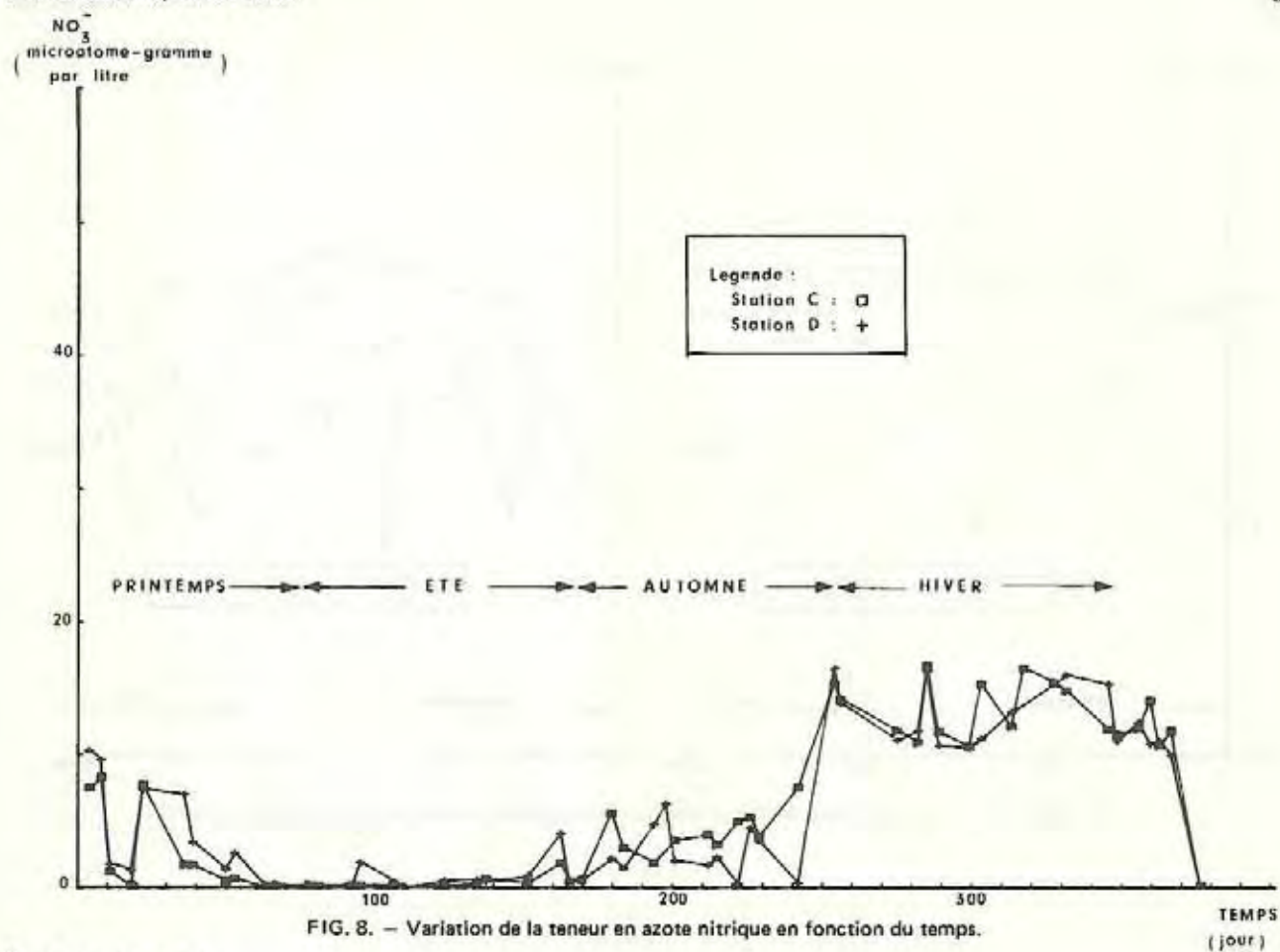
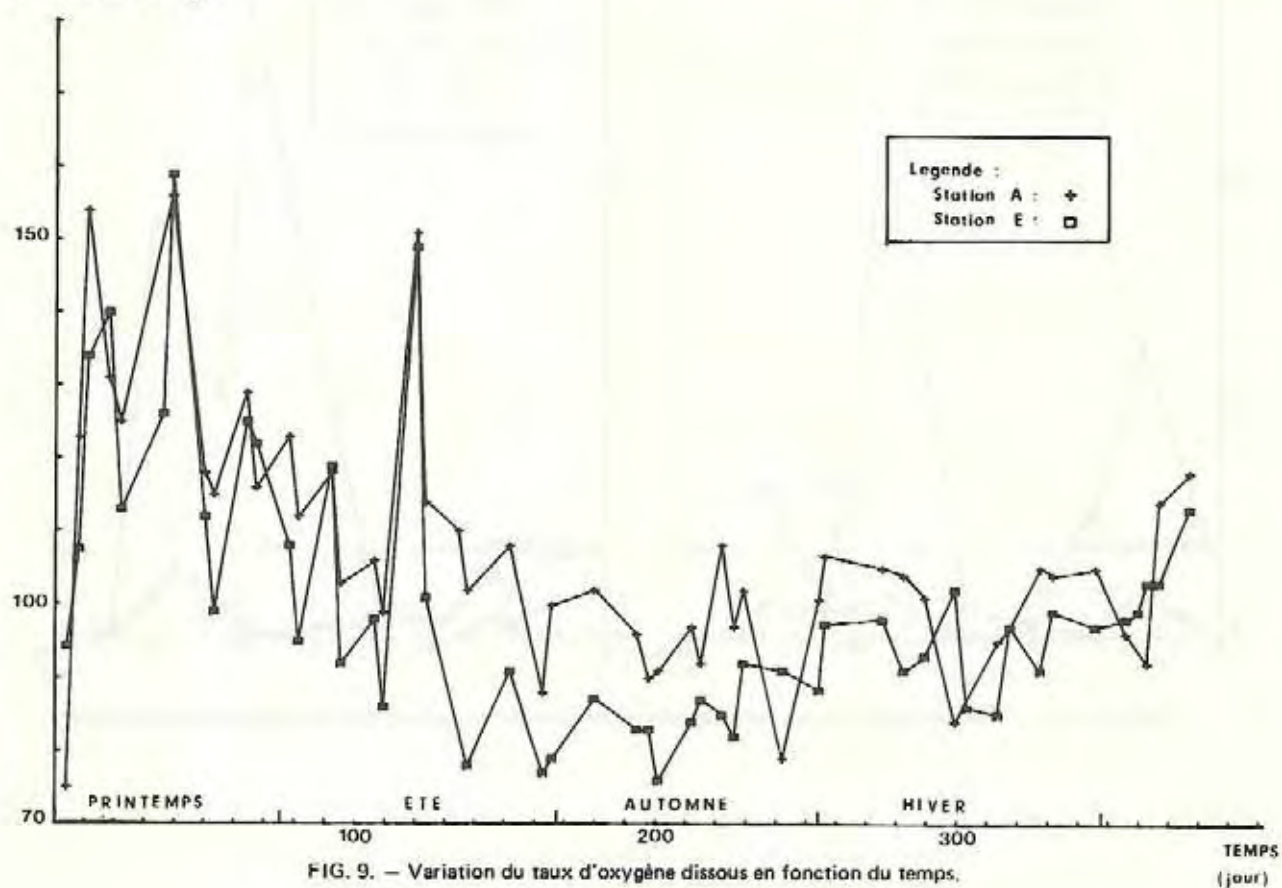


FIG. 3. — Variation du pH en fonction du temps.





% de saturation de O₂

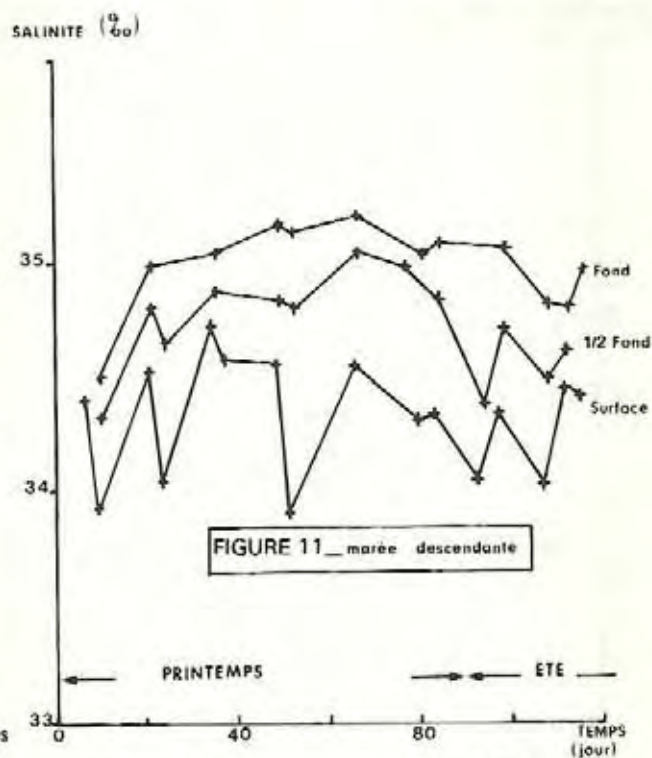
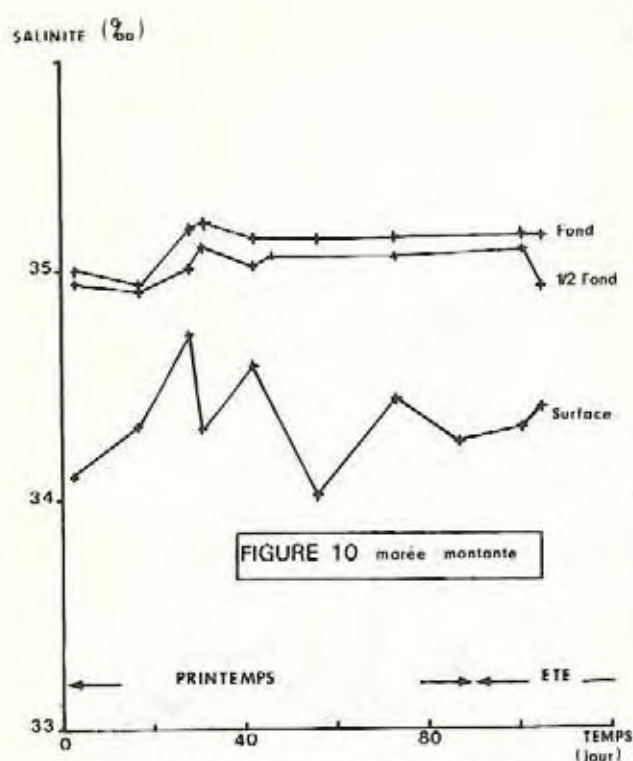


FIG. 10 et 11. — Variation de la salinité en fonction du temps aux différentes immersions (Station E).

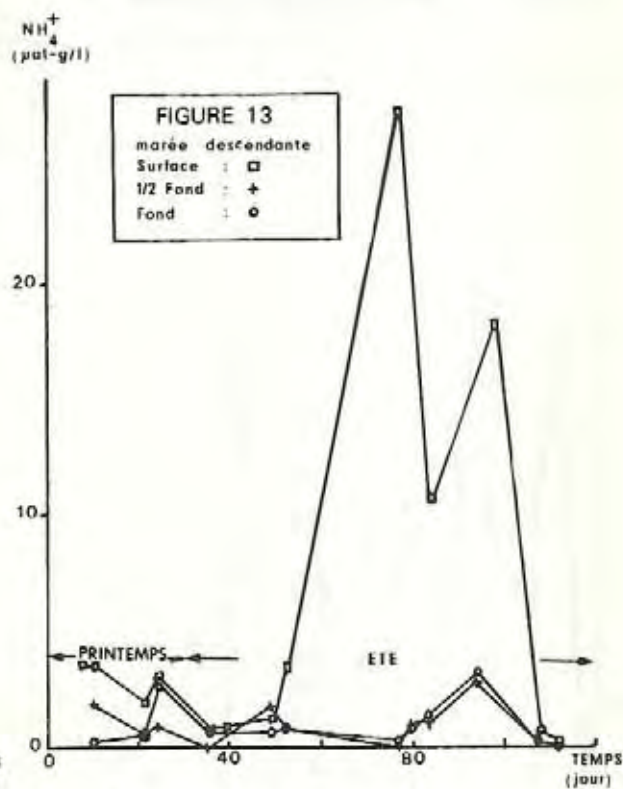
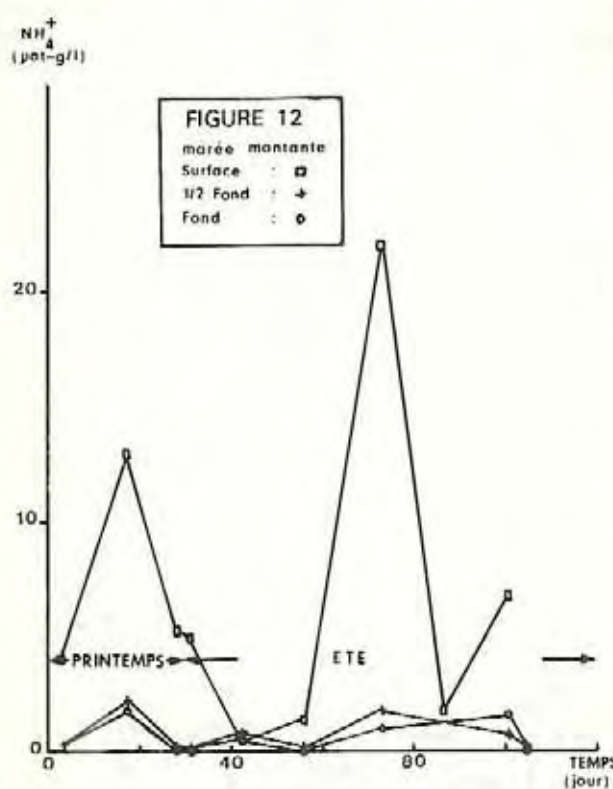


FIG. 12 et 13. — Variation de la teneur en ammoniacque en fonction du temps aux différentes immersions (Station E).

1.2.2. Salinité à la station E

Les figures 10 et 11 donnent l'évolution de la salinité à la station E, séparant les points marée montante, marée descendante.

Au débouché de la Penfeld, cette station est particulièrement caractéristique.

Avec le flot, apparaît une stratification importante, délimitant très nettement les points de surface, des points en profondeur.

Le jusant atténue ces écarts mais les fluctuations de concentration sont davantage ressenties en profondeur qu'en surface.

1.2.3. Concentrations en ammoniacque à la station E

Sous de telles conditions, il est normal d'observer un comportement similaire, d'après les figures 12 et 13, pour le paramètre chimique.

D'après la figure 12 (marée montante), les concentrations en azote ammoniacal observées en profondeur sont faibles et voisines les unes des autres mais nettement distinctes de celles trouvées en surface.

Par contre, sur la figure 13 (marée descendante), les valeurs de l'azote sont beaucoup moins différenciées entre elles, à l'exception des points de la pollution accidentelle signalée précédemment où les taux restent importants uniquement pour les prélèvements de surface. Et, il n'y a pas de doute, ce type de contamination provient de la Penfeld.

Ces observations sont applicables aux autres stations mais de façon plus atténuée.

2. CORRELATIONS APPARENTES

2.1. Avant-propos

L'ensemble des données recueillies constitue un nuage de points auquel on peut appliquer un travail statistique de type analyse en composantes principales ou analyse des correspondances. Ceci est réalisable par l'infrastructure informatique de l'EPSHOM. Dans l'attente de sa réalisation, nous avons voulu mettre en évidence certaines relations simples, liant entre eux divers paramètres.

a) Il a été tracé plusieurs diagrammes de dispersion où les points ont pour coordonnées les couples de valeurs de deux paramètres dont on étudie les relations. Le ou les nuages de points obtenus permettent de se faire une idée du type de dépendance qui existe entre ces variables, dépendance appelée corrélation.

b) Sur les diagrammes de dispersion, les valeurs sont centrées réduites, mais nous ne donnons aucune valeur numérique sur ces corrélations (tableau de covariance, coefficients de corrélation). Nous nous limiterons à souligner la façon dont se traduit, sur ces diagrammes, l'un ou l'autre phénomène biologique déjà connu. En particulier, la forme elliptique allongée d'un nuage qui dépend aussi de l'échelle, peut confirmer une corrélation

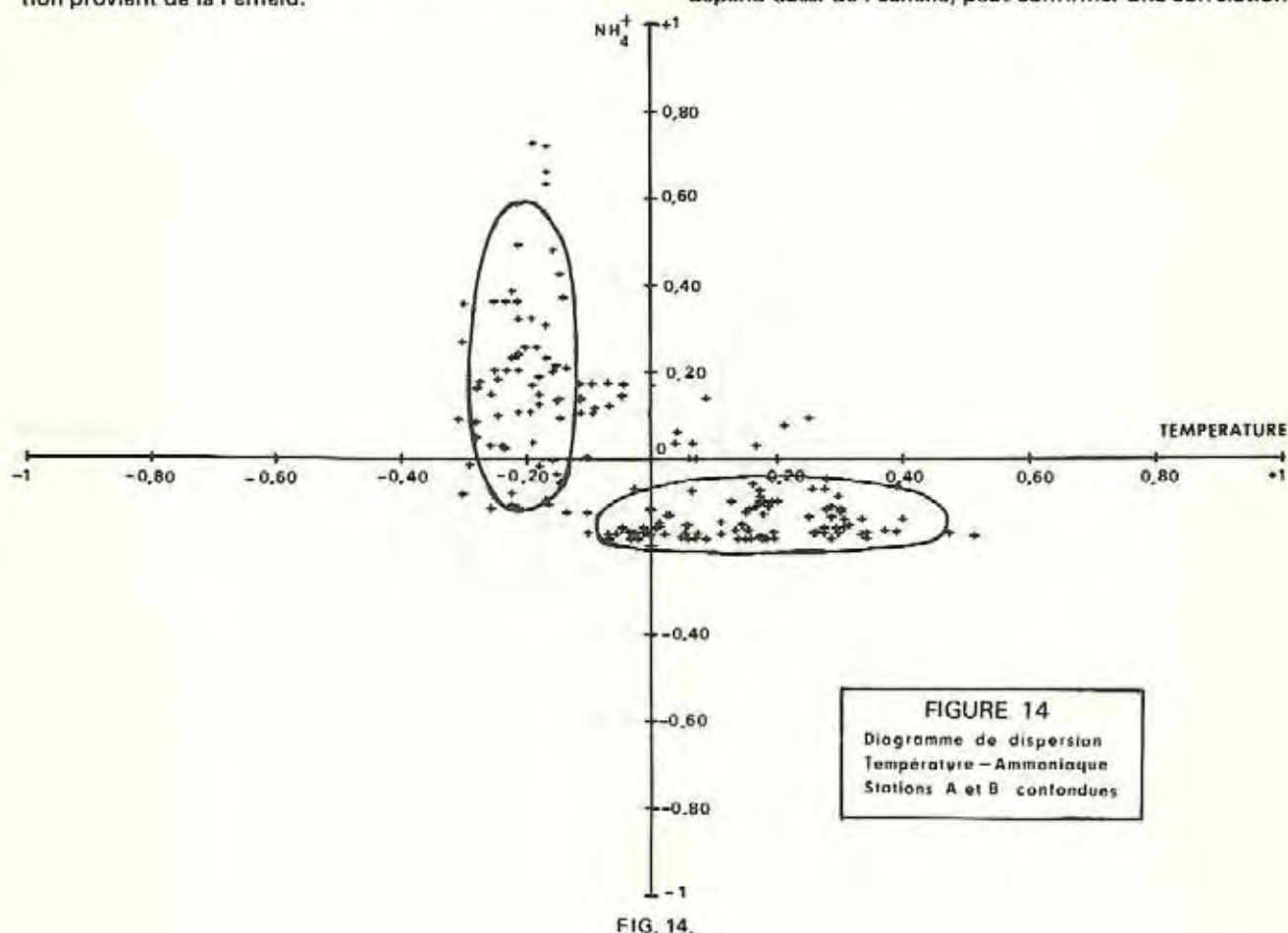


FIGURE 14

Diagramme de dispersion
Température - Ammoniacque
Stations A et B confondues

pouvant s'expliquer par une droite de régression. Et, si l'axe central du groupe de points est parallèle à l'un des axes de coordonnées, cela signifie que les variables sont indépendantes. (Lamotte (5)).

c) Dans la majeure partie des cas, la corrélation apparente sera simplement positive ou négative suivant qu'une variable croît ou décroît quand l'autre croît.

Ainsi, nous avons retenu d'une part les relations avec la température (θ) et les paramètres chimiques (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) et d'autre part les relations entre les paramètres chimiques eux-mêmes. Ceci fait l'objet des figures 14 à 19.

2.2. Applications

2.2.1. Relations avec la température et les paramètres chimiques

Les graphes (14), (15) et (16) représentent les teneurs en ions NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^- en fonction de la température. Ils mettent en évidence une corrélation pressentie dans l'examen des variations saisonnières. En particulier, pour les nitrates (figure 16), il est très net que les deux groupes de points correspondent aux niveaux d'activité biologique conditionnés par les saisons. A l'intérieur du groupe d'"activité réduite", les deux variables sont

indépendantes. Un autre facteur qu'il restera à déterminer, est responsable des variations. Nous pouvons observer que la température frontrière n'est pas égale à la température moyenne (13 °C) mais plutôt inférieure, de l'ordre de 11 °C.

De même, le regroupement des points caractérise un comportement identique dans les graphes (NH_4^+ , θ) et (NO_2^- , θ) correspondant aux figures (14) et (15). Cependant, pour ces derniers, l'existence de points extérieurs au groupe est plus fréquente que sur la figure (16).

Il s'agit là d'une conséquence des variations des teneurs en NH_4^+ et NO_2^- plus caractéristiques de pollutions accidentelles que celles des NO_3^- qui relèvent plutôt d'un niveau global de pollution, s'il y a pollution.

2.2.2. Relations entre paramètres chimiques

L'hypothèse précédente se confirme dans l'examen des graphes (17), (18) et (19) correspondant aux diagrammes de dispersion des sels NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^- entre eux.

En effet, si les ions ammonium et nitreux ont une corrélation de même nature vis à vis de l'ion nitrique (on peut y envisager une corrélation linéaire, voir graphes (17) et (18)), deux cas sont susceptibles de se présenter quand on les compare l'un à l'autre.

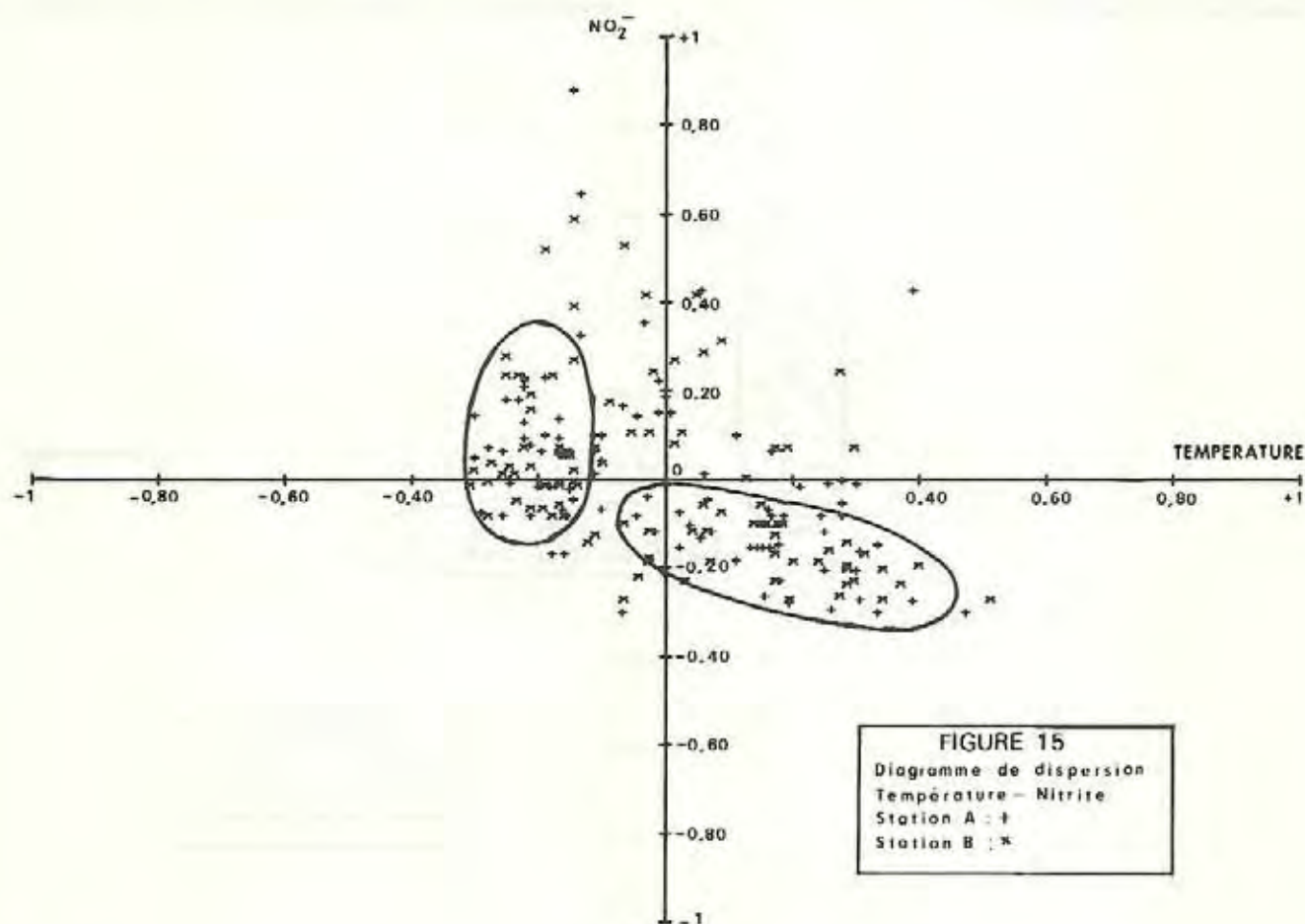


FIG. 15.

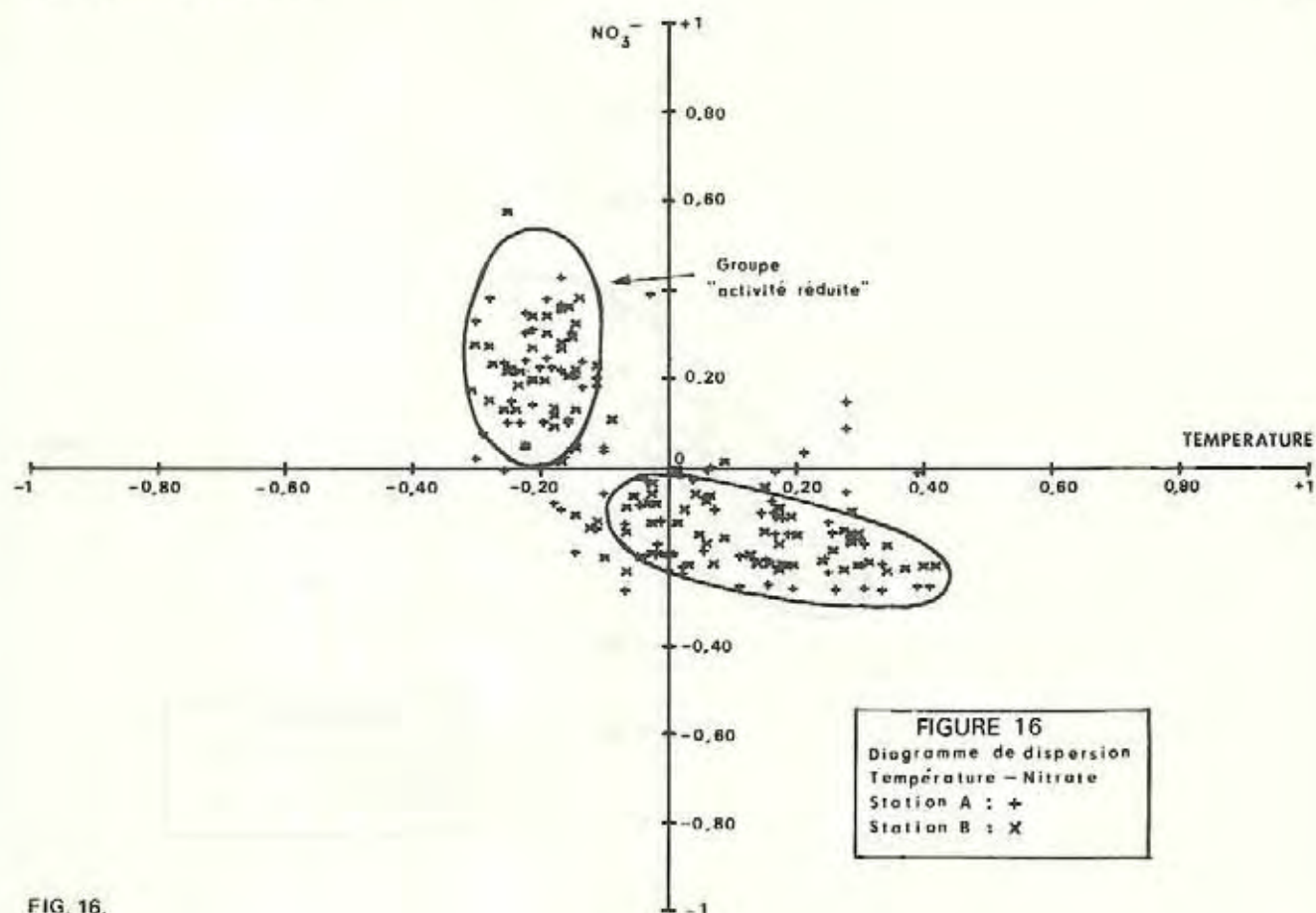


FIG. 16.

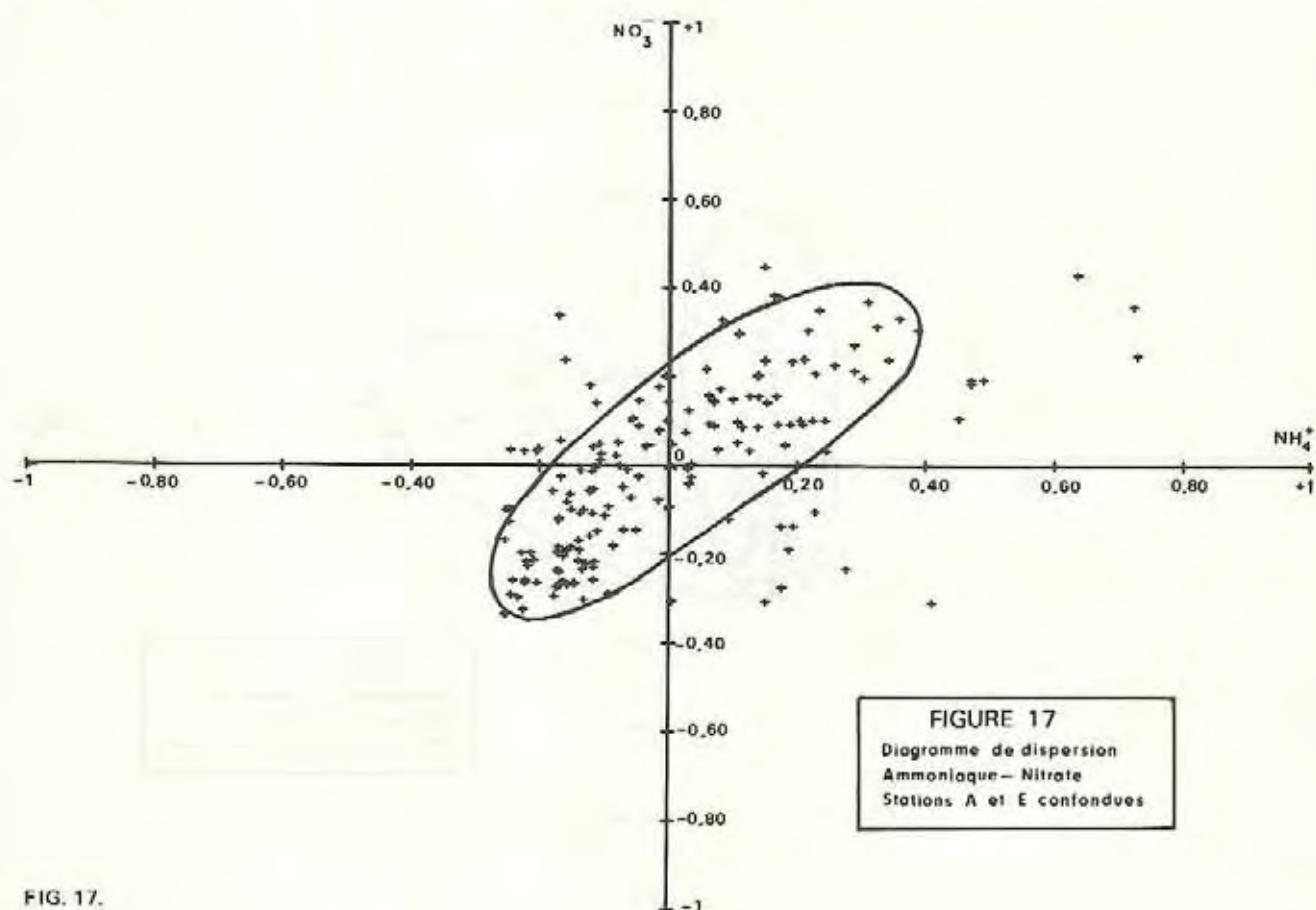


FIG. 17.

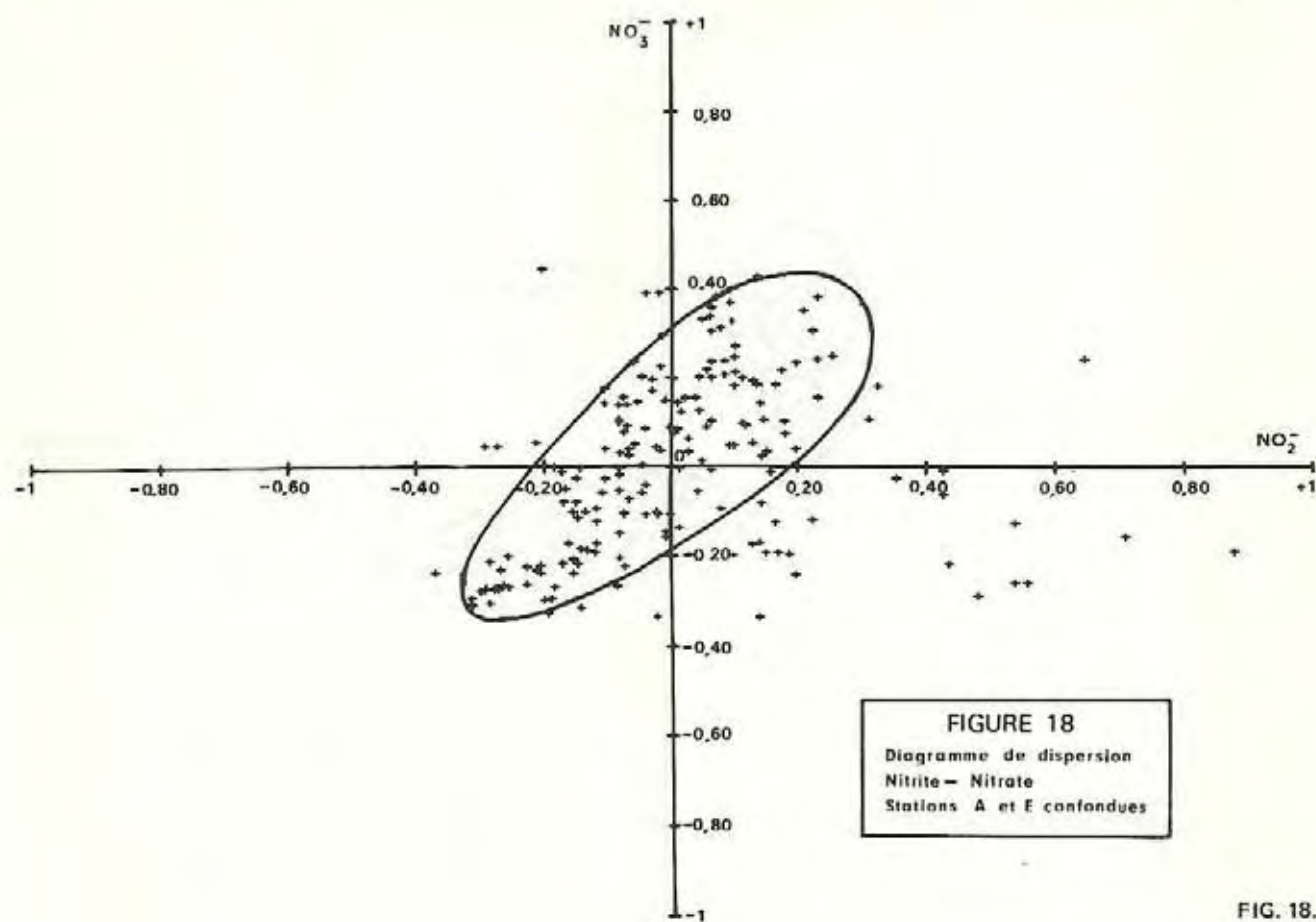


FIG. 18.

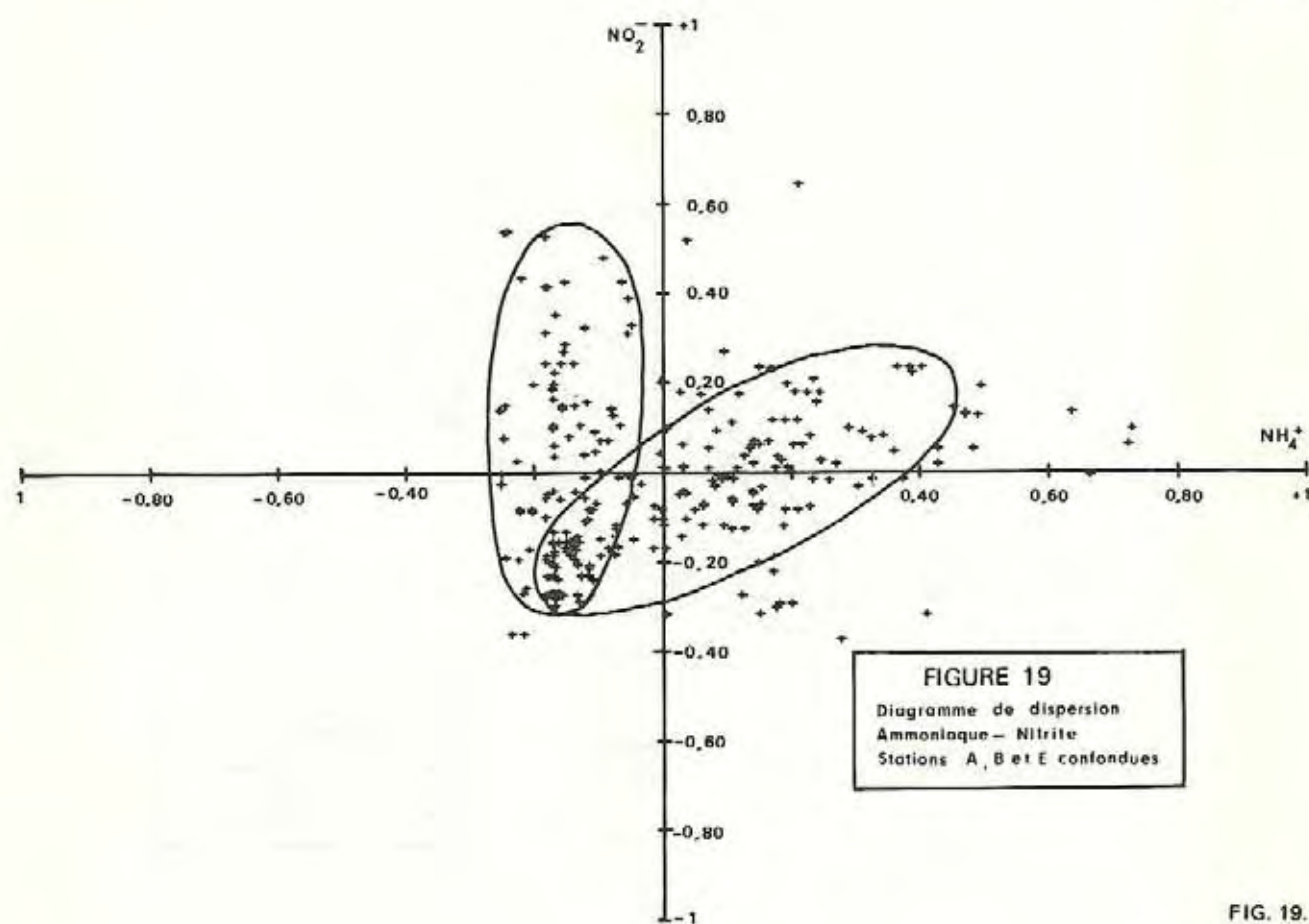


FIG. 19.

Ainsi, ces variables sont :

— soit non corrélées, le groupe est alors parallèle à l'axe des nitrites,

— soit corrélées de façon sensiblement linéaire.

Et, on met en évidence les liens naturels entre les ions NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^- dans le cycle de l'azote. Lorsque NH_4^+ croît, NO_3^- croît proportionnellement. Par contre, les nitrites jouent un rôle particulier par leur situation intermédiaire. Ainsi, à la station E, pour le brutal accroissement de l'ion ammonium, constaté pendant l'été 1975 (cf. figure 5), la réponse en nitrites n'est pas immédiate. Alors que la concentration en sel ammoniacal est retombée à son niveau normal, l'écart des vitesses de métabolisation fait que la hausse du taux en nitrites atteint son maximum. Et, il faut un certain temps pour que le système retrouve son équilibre. Ce phénomène doit expliquer, en partie, le groupe de points où les valeurs d'ammoniaque et de nitrites ne sont pas corrélées.

provient de la rivière Penfeld. La dispersion de cette pollution s'effectue sur un trajet pratiquement direct de la sortie de la Penfeld à celle de la rade abri en Grande Rade. Il suffit de considérer la concentration de l'un quelconque des paramètres chimiques successivement aux points E, A et B pour s'en persuader.

Les points C et D dont les comportements sont très voisins (voir figure 8), se situent à un niveau, somme toute, peu éloigné de celui d'un point moyen de l'eau de la Grande Rade.

Cette conclusion va à l'encontre d'une hypothèse d'abord envisagée au vu de la carte des courants dans la rade abri. Nous nous attendions, en effet, à ce que la station C soit une zone de type stagnant où la pollution aurait tendance à s'accumuler, car les courants y sont fréquemment nuls au cours du cycle de la marée. En fait, cette zone voit son eau renouvelée aussi bien que dans la zone de la station D.

Tableau 1
Moyennes annuelles

Station	Paramètres	θ	pH	S‰	O_2 %	μ at g/l		
						NH_4	NO_2	NO_3
E		13,0	8,00	33,6	98,7	10,6	0,753	23,5
A		13,0	8,06	34,4	107	2,99	0,414	10,2
B		13,0	8,09	34,6	109	1,50	0,317	6,78
C		13,0	8,10	34,7	110	1,12	0,267	5,99
D		13,0	8,10	34,7	109	1,09	0,278	5,68
0		—	8,11	35,2	—	0,19	0,21	4,28

3. CARACTERE PROPRE DE CHAQUE STATION DE PRELEVEMENTS

Les moyennes annuelles des paramètres pour chacune des stations et pour une station située en Iroise au point suivant :

Longitude $04^\circ 55' \text{ W}$ }
Latitude $47^\circ 02' \text{ N}$ } représentant la station 0

ont été rassemblées dans le tableau 1.

Ce dernier donne une image excellente et globale de la rade abri dans l'optique où se place ce travail. Il est ainsi considéré que la pollution, ou tout au moins le surcroît de "nutriments" (*) apportés à la rade abri

CONCLUSION

D'avril 1975 à mai 1976, nous avons suivi et chiffré le comportement d'un bassin de dilution vis à vis de rejets urbains et industriels et il nous a été possible de dresser un bilan de l'état physicochimique du port de guerre de Brest. La présence des unités de la Marine Nationale joue un rôle apparemment négligeable dans l'équilibre trophique du milieu marin de la rade abri. L'arsenal ne semble pas, non plus, pouvoir perturber gravement cet équilibre, exception faite d'un accident éventuel.

Les températures, le pH, les taux en oxygène dissous, les concentrations en sels nutritifs (sels ammonium, nitreux et nitriques) suivent l'évolution saisonnière du milieu trophique. Autrement dit, la population phytoplanctonique réagit normalement. Ceci tend à prouver que le milieu marin ne reçoit pas de rejets véritablement toxiques. Cependant, en ce qui concerne le port de guerre, il ne sera pas possible de parler de

(*) *nutriments* : terme anglo-saxon englobant sels nutritifs et matière organique métabolisable.

bilan positif en matière de pollution sans réaliser une étude plus approfondie de la contamination du monde vivant par recherche et mesure des bactéries pathogènes, des pesticides, des métaux lourds et des hydrocarbures.

Les mouvements horizontaux et verticaux des eaux océaniques assurent le brassage et la dilution des conta-

minants solubles ou non. En matière de rejets, le problème capital est, en effet, d'assurer dans les meilleures conditions, la dispersion de l'effluent. Aussi, par un complément de données obtenues à partir d'expérimentations futures (dosages d'éléments traces, d'hydrocarbures), les résultats obtenus pourront-ils faire l'objet d'une étude sur la dispersion des polluants en mer.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] AUBERT M. — L'océanographie médicale. Paris Gauthier Villars (1969).
- [2] BOUGIS P. — *Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.* Cours d'océanographie biologique (1965).
- [3] CARVIN J.L. — Intérêt de l'indice de pollution en océanographie appliquée : — indices de pollution générale, — indices de pollution par hydrocarbures. (1976), n° 124 EPSHOM/E/OC.
- [4] CLAVIER A. — Ammonium, nitrites, nitrates ; Techniques de dosage. (1975), n° 537 EPSHOM/E/OC.
- [5] LAMOTTE M. — Initiation aux méthodes statistiques en biologie, Masson et Cie, (1962).
- [6] MICHEL P. — Mesure de la demande chimique en oxygène dans l'eau de mer. *Revue de l'Institut Scientifique des Pêches Maritimes*, 36 (3), (1972), pages 361-365.
- [7] PONCIN J. — Dosage de l'oxygène dissous par potentiométrie dans la méthode chimique de Winkler. (1975), n° 375 EPSHOM/E/OC.
- [8] RODIER J. — L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduelles ; Eau de mer. Dunod technique, (1975).

MODÈLE DE DISPERSION ET DE DÉRIVE

par

M. J. ROUX, Enseigne de Vaisseau (R.),
Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

RESUME

L'étude qui suit s'intéresse aux deux phénomènes fondamentaux qui régissent le sort d'un contaminant se trouvant à la surface de l'océan, sa dispersion et sa dérive.

Dans la première partie, après un bref rappel du processus de dispersion océanique, est décrit un modèle numérique. Celui-ci a été appliqué à une étude théorique pour en tester la validité. Les résultats obtenus semblent intéressants.

Dans la seconde partie, trois types de modèles de dérive due au vent sont présentés.

Ils sont tous les trois appliqués au cas réel de l'accident d'EKOFSK BRAVO de 1977.

Les comparaisons des résultats obtenus avec des données photographiques prises in situ, font ressortir pour ce cas particulier la supériorité du modèle à viscosité constante, celui-ci ayant donné la meilleure prédiction.

ABSTRACT

This study deals with the two phenomena which determine the fate of a pollutant on the sea surface : drift and dispersion.

In the first part, the process of oceanic dispersion is briefly recalled and a numerical model is described. This model has been used on a theoretical case : the results thus obtained seems promising.

In the second part of the study, three types of wind-induced drift models are presented. They have been tested with data from the EKOFSK BRAVO platform incident of 1977. The comparison of the results with the data derived from aerial photography show that, in this case, the best guess is assuming a constant eddy viscosity coefficient.

PREMIERE PARTIE

INTRODUCTION

Cette première partie est consacrée à la modélisation numérique de la dérive et de la dispersion horizontale d'un contaminant passif à la surface de l'océan.

Pour cela on considère qu'il n'y a pas de diffusion verticale au sein de la colonne fluide et que le contaminant reste confiné sur une épaisseur $h(x, y)$ à la surface de l'océan d'une manière homogène : le problème est traité de manière purement bidimensionnelle.

La modélisation d'un tel problème nécessite la schématisation de phénomènes fondamentaux la déterminant. Ceux-ci peuvent être répertoriés comme suit :

a) *L'action organisée du système météorologique* (vents) sur la zone considérée.

Ces vents engendrent des courants superficiels qui tendent à faire dériver tout contaminant ou objet se trouvant en surface, de manière déterministe. Ils peuvent également avoir une prise directe sur ceux-ci : c'est le cas par exemple de petits flotteurs de surface, de débris d'épaves ou de plaques de mazout.

b) *L'action organisée des courants* au sein du fluide autres que ceux engendrés par le vent. Ces courants sont, par exemple, les courants de marée, les courants de pente ou les courants de densité.

c) *L'action de la houle* engendrée par le vent qui est en fait couplée à deux autres phénomènes, celui des courants engendrés par le vent et celui de la dispersion horizontale.

d) *La dispersion turbulente horizontale* à la surface de l'océan.

e) Le cas échéant, *le déplacement propre* de la source émettrice du contaminant.

Tous ces phénomènes compliqués interagissent les uns sur les autres souvent de manière non linéaire, et notre sujet n'est pas de les traiter globalement. Nous essaierons de construire un modèle opérationnel de *convection-dispersion* (points b et d) à l'aide de lois simples mais représentatives.

MODELE DE DISPERSION-CONVECTION

Le contaminant est représenté par N particules tel que N soit suffisamment grand pour que la répartition soit représentable statistiquement. Chacune de ces particules se déplace à un instant t à la vitesse $\vec{U}(t)$ décomposable comme suit :

$$\vec{U}(t) = \frac{d\vec{q}}{dt} = \vec{U} + \vec{v}(t) \quad (1)$$

où $\vec{q}$ est la position de la particule ; $\vec{U}$ la vitesse de base qui reste inchangée en fonction du temps (vitesse moyenne temporelle) et $\vec{v}$ la vitesse fluctuante due à des tourbillons au sein de l'écoulement principal et dont la moyenne temporelle est nulle. Cette dernière est souvent notée : "vitesse turbulente".

1. Rappels sur la définition de la vitesse turbulente.

Supposons que les composantes $u_\alpha(t)$ ($\alpha = 1, 2$) de la vitesse du fluide en ce point fixe sont des fonctions continues et finies du temps.

Si la moyenne temporelle de $u_\alpha(t)$ est prise sur un temps T suffisamment long, on peut approcher la valeur moyenne U_α de $u_\alpha(t)$ comme suit :

$$U_\alpha = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T u_\alpha(t) dt \quad (2)$$

U_α est la vitesse de base. La vitesse instantanée $u_\alpha(t)$ peut alors s'exprimer sous la forme :

$$u_\alpha(t) = U_\alpha + v_\alpha(t)$$

où, par définition de U_α :

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T v_\alpha(t) dt = 0 \quad (3)$$

le terme additionnel $v_\alpha(t)$ est appelé composante suivant x_α de la vitesse turbulente.

La moyenne du carré de la vitesse turbulente :

$$\langle v_\alpha^2 \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T v_\alpha^2(t) dt \quad (4)$$

n'est pas nulle en général.

Sa racine carrée est appelée "intensité turbulente".

L'énergie cinétique turbulente est définie comme :

$$\frac{1}{2} \rho \langle v_\alpha^2 \rangle \quad (5)$$

Ces définitions ont un sens si il existe des limites aux intégrales (2), (3) et (4) quand T devient très grand. Dans l'océan il n'est pas du tout évident que de telles limites existent.

Pour T de l'ordre d'une heure, seule la turbulence à petite échelle apparaîtra dans le terme $v_\alpha(t)$, cependant que les courants de marée et les changements saisonniers apparaîtront dans U_α . Si l'on prend une semaine pour T , alors les courants de marée apparaîtront dans $v_\alpha(t)$, mais à l'échelle des âges géologiques mêmes les variations à très longues périodes apparaîtront dans $v_\alpha(t)$. Le mouvement d'un fluide dans un large domaine comme l'océan est très compliqué : la présence de tourbillons de toutes dimensions et intensités, fait qu'il est très difficile de définir une vitesse de base et une vitesse

fluctuante. Ces définitions dépendent généralement du problème à étudier.

Nous adopterons dans la suite comme période T le mois, en considérant c'est la durée moyenne de vie des contaminants auxquels on s'intéresse. La vitesse de base $\vec{U}$ représente alors une moyenne mensuelle et la vitesse turbulente $v(t)$ englobe toutes les pulsations de période inférieure au mois.

2. Représentation des vitesses fluctuantes.

Soit :

$u(u_1, u_2)$ la vitesse absolue par rapport à un repère fixe

$v(v_1, v_2)$ la vitesse fluctuante dans un repère mobile.

$N(\vec{q}, t)$ la densité de probabilité qu'une particule occupe la position $\vec{q}$ à l'instant t . Cette position est notée $\vec{x}$ dans le repère fixe et $\vec{y}$ dans le repère mobile.

Le moment d'ordre 1 de la distribution des positions de la particule est donnée par :

$$\vec{m} = E[N(\vec{x}, t)] = \int_{\vec{Q}} \vec{x} \cdot N(\vec{x}, t) d\vec{x}$$

ou $\vec{Q}$ est l'ensemble des positions possibles.

On peut écrire en choisissant convenablement les repères :

$$u = \frac{d\vec{m}}{dt} + v' \quad (7)$$

$$\text{avec} \quad v' = \frac{d\vec{y}}{dt}$$

$$\text{soit, si} \quad \vec{y}(0) = 0$$

$$y = \int_0^t v' dt \quad (8)$$

La vitesse de variation de l'espérance de y_α^2 est :

$$\frac{d}{dt} E(y_\alpha^2) = 2E\left(y_\alpha \frac{dy_\alpha}{dt}\right) = 2 \int_0^t E(v'_\alpha(t) v'_\alpha(t')) dt' \quad (9)$$

On suppose que $\vec{v}'$ est une série stochastique finie, séparable (v'_1 et v'_2) stationnaire et ergodique.

Ceci signifie en particulier que $E(v'_\alpha(t) v'_\alpha(t')) = \langle v'_\alpha(t) v'_\alpha(t + \tau) \rangle$, ne dépend que de la différence $\tau = t' - t$, et que la moyenne de $\vec{v}'$ est indépendante de t (ici nulle).

On définit alors la corrélation lagrangienne comme :

$$R_L(\tau) = \frac{\langle \vec{v}'(t) \vec{v}'(t + \tau) \rangle}{\langle \vec{v}'^2(t) \rangle} \quad (10)$$

Taylor (1921) a montré que pour un grand nombre de particules et une turbulence supposée isotrope, le coefficient de dispersion turbulente peut être exprimé par :

$$K = \langle v'^2 \rangle \int_0^\infty R_L(\tau) d\tau \quad (11)$$

Définissant l'échelle spatiale comme :

$$\Lambda_L = \langle v'^2 \rangle^{1/2} \int_0^\infty R_L(\tau) d\tau \quad (12)$$

La dispersion turbulente est alors donnée par :

$$K = \langle v'^2 \rangle^{1/2} \Lambda_L \quad (13)$$

Raisonnant en terme de variance (9) Taylor a montré que celle-ci pouvait s'exprimer comme :

$$\sigma^2 = 2 \langle v'^2 \rangle \int_0^T \int_0^t R_L(\tau) d\tau dt \quad (14)$$

Après un temps de diffusion suffisamment grand :

$$T_L^* = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_0^T R_L(\tau) d\tau \quad (15)$$

qui définit l'échelle de temps lagrangienne, on obtient :

$$\frac{d\sigma^2}{dt} = 2 \langle v'^2 \rangle T_L^* \quad (16)$$

Ce qui par définition du coefficient de diffusion turbulente

$$K = \frac{1}{2} \frac{d\sigma^2}{dt} ; \text{ donne } K = 2 \langle v'^2 \rangle T_L^* \quad (17)$$

Il est cependant souvent plus simple d'exprimer ces différents coefficients d'une manière eulérienne.

Moyennant par rapport au temps la vitesse à un point fixe de l'espace le coefficient d'autocorrélation eulérien est donnée par :

$$R_E(\tau) = \frac{\langle u'(t) u'(t + \tau) \rangle}{\langle u'^2 \rangle} \quad (18)$$

et l'échelle de temps eulérienne :

$$T_E^* = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_0^T R_E(\tau) d\tau \quad (19)$$

reliée à l'échelle spatiale Λ_f par :

$$\Lambda_f = U \int_0^\infty R_E(\tau) d\tau = U T_E^* \quad (20)$$

Ceci étant vrai à condition que $U \gg u'$ et que la limite de toutes les intégrales précédemment définies ait un sens (cf : première partie).

De nombreux auteurs ont cherché à déterminer le rapport des échelles lagrangienne et eulérienne.

A partir de données de laboratoire ainsi que de mesures dans la couche limite atmosphérique, Krasnoff et Peskin ont répertorié des valeurs supérieures à 1 comprises entre 1.5 et 11.3, Kao de son côté, à partir de lâchers de ballons libres météorologiques, a calculé une valeur égale à 0.33.

Cependant pour le cas de la circulation océanique à haut nombre de Reynolds, il est généralement admis que ce rapport est égal à 1.

3. Modélisation mathématique de la vitesse fluctuante.

Au vu des quelques rappels que nous venons de faire sur la théorie de la turbulence océanique à tout instant $t \in T = \mathbb{R}^+$ la vitesse d'une particule peut être mise sous la forme :

$$\vec{u}(t) = \frac{d\vec{q}}{dt} = \vec{U} + \vec{v} \quad (1)$$

où $\vec{U}$ est la vitesse de base et $\vec{v}$ la vitesse fluctuante lagrangienne. Ceci supposant que les limites des intégrales (1) et (2) aient un sens.

$\vec{u}$ est une fonction continue et finie de la position

Choisissons Δt tel que :

$$\vec{u}(\vec{q} + d\vec{q}) \approx \vec{u}(\vec{q}) + \vec{u}'(\vec{q}) \Delta t \quad \forall \vec{q} \in \vec{Q}$$

Soit Δt suffisamment petit pour que la contribution de $\vec{u}$ à la position suivante puisse être représentée avec suffisamment de précision par $\vec{u}'(\vec{q}) \Delta t$; et tel que Δt soit beaucoup plus grand que la période sur laquelle $\vec{v}$ "oublie" sa valeur initiale.

Divisons maintenant Δt en $n\Delta t'$ ($\Delta t' \gg$ que le temps d'"oubli" de $\vec{v}$), alors :

$$\Delta \vec{q}_i = \int_{(i-1)\Delta t'}^{i\Delta t'} \vec{v}(t') dt' \quad (21)$$

Le déplacement total après $\Delta t = n\Delta t'$ étant :

$$\Delta \vec{q} = \sum_{i=1}^n \Delta \vec{q}_i \quad (22)$$

Le but est maintenant la détermination statistique des $\Delta \vec{q}_i$.

$\Delta \vec{q}_i$ étant la somme d'un grand nombre de vecteurs $\Delta \vec{q}_i'$ il serait intéressant d'employer le théorème de la tendance vers la loi normale, dont nous rappelons l'énoncé :

Théorème — Soit $x_1, \dots, x_n, n$ variables aléatoires deux à deux indépendantes, ayant même loi de probabilité et σ^2 possédant des moments du premier et du second ordre m et finis.

Alors, la variable réduite centrée

$$U_n = \frac{Z_n - nm}{\sigma\sqrt{n}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{n}} [(x_1 + x_2 + \dots + x_n) - nm]$$

tend, lorsque $n \rightarrow \infty$, vers une variable normale réduite (moyenne nulle, variance unité).

Nous savons que la suite des $\vec{v}$ est *séparable*, finie et stationnaire. Par la propriété de séparabilité $\vec{v}$ peut être décomposé en v_α ($\alpha = 1, 2$), toutes deux séries aléatoires finies et stationnaires.

Les v_α étant bornées (finies) cela entraîne que les

Δx_α sont bornés, donc ils ont une moyenne et une variance finie. De plus, nous savons que cette moyenne est nulle par définition de $\vec{v}$.

On peut donc appliquer le théorème précédent en utilisant la relation :

$$\text{Prob} \left\{ \frac{\Delta x_\alpha}{\sigma\sqrt{n}} < r \right\} \simeq \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^r e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (23)$$

cela signifiant que Δx_α approche une variable aléatoire normale réduite de moyenne nulle.

Le déplacement du $i^{\text{ème}}$ flotteur peut être représenté comme suit :

$$M = \{\vec{Q}, T, \vec{u}, K_r, G, \delta\} \quad (24)$$

où :

$\vec{Q} \in \mathbb{R}^2$	espace des positions du flotteur
$T \in \mathbb{R}^+$	espace temps
$\vec{Q} \times T \in \mathbb{R}^3$	espace des états du flotteur
$\vec{u}(\vec{Q} \times T) \in \mathbb{R}^2$	vitesse instantanée
$G(\vec{Q}) \in \{1, 2, 3\}$	descripteur géophysique (1 : mer, 2 : terre, 3 : hors domaine)
$\delta(\vec{Q} \times T) \in \mathbb{R}^2$	fonction de transition
$\forall \vec{q} \in \vec{Q}$	si $G(\vec{q}) = 2$ ou 3
$\delta(\vec{q}, t)$	$= \{\vec{q}, t\}$ pour tout t
	Si $G(\vec{q}) = 1$
$\delta(\vec{q}, t)$	$= \{\vec{q} + \vec{u}(\vec{q}, t) \Delta t, t + \Delta t\}$

La vitesse $\vec{u}(\vec{q}, t)$ étant dorénavant mise sous la forme :

$$\vec{u}(\vec{q}, t) = \frac{d\vec{q}}{dt} = \vec{U}(\vec{q}) + \frac{d\vec{N}}{dt}(\vec{O}, \sigma^2)$$

où $\vec{U}(\vec{q}, t)$ est la "vitesse de base" et $\vec{N}(\vec{O}, \sigma^2)$ la fluctuante approximant $\Delta \vec{x}$ due à la composante aléatoire de la vitesse à l'aide d'une variable aléatoire normale, la moyenne nulle et de variance σ^2 . Ce dernier terme étant simulé numériquement à l'aide d'une méthode de Monte-Carlo réalisant des échantillons d'une loi donnée.

4. Approximation de la loi des 4/3

Soit σ_0^2 la variance associée à la distribution initiale du nuage de contaminant, il a été montré (Joseph Sedner, 1958) que pour un temps critique $t_c > t_0$; tel que :

$$\sigma_0^2 = 6 P^2 t_c^2 \quad (25)$$

où, P est la vitesse de diffusion ($P \simeq 1$ cm/s) ; on peut supposer que tout se passe comme si le contaminant émanait d'un point géométrique unique. C'est aux temps supérieurs à t_c que nous nous intéressons, ignorant tout de ce qui se passe auparavant.

Comme nous l'avons montré précédemment, la diffusivité peut être exprimée par :

$$K = \nu' U \int_0^t R_E(\tau) d\tau \quad (26)$$

L'intégrale eulérienne d'espace étant :

$$\Lambda_E = U \int_0^t R_E(\tau) d\tau \quad (27)$$

On a :

$$K = \nu' \Lambda_E \quad (28)$$

Richardson (1926), Kolmogoroff (1941) et Weisaecker (1948) ont montré expérimentalement et démontré théoriquement que le coefficient de dispersion horizon-

tale dans l'océan pourrait être exprimé par :

$$K = \rho \bar{\epsilon}^{-1/3} \ell^{4/3} \quad \text{dite loi des } 4/3 \quad (29)$$

ρ étant une constante, $\bar{\epsilon}$ le terme de dissipation d'énergie moyenne, et ℓ l'échelle de la turbulence mise en jeu.

Ceci suppose :

- que l'énergie fournie au système lui est fournie à une échelle L , telle que les échelles ℓ nous intéressant soient inférieures à L ;
- que cette énergie est transmise intégralement en "cascade" des grands tourbillons vers les petits tourbillons ;

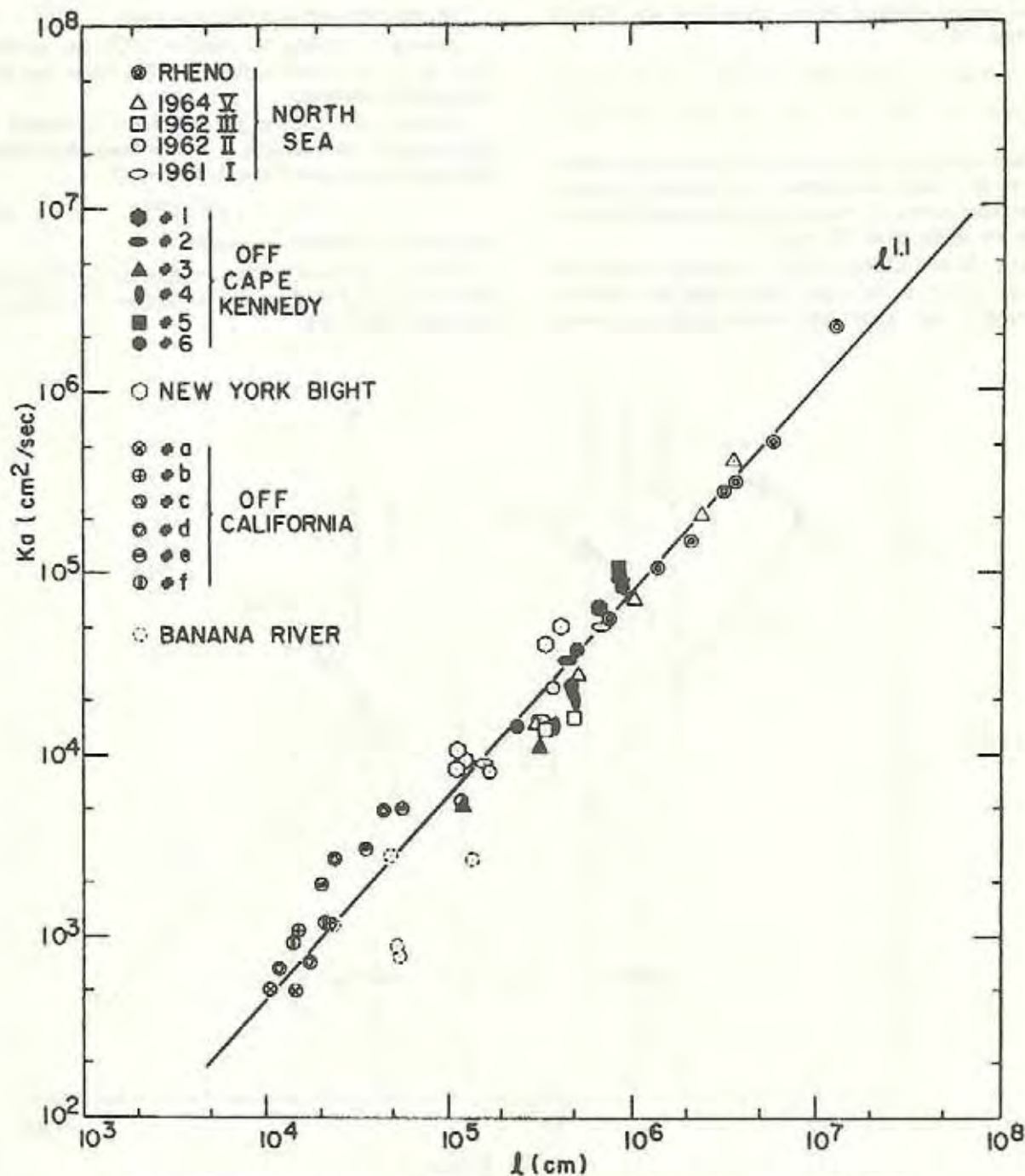


FIG.1. — Coefficient de dispersion apparent K_a , en fonction de l'échelle spatiale (d'après OKUBO).

- que toute cette énergie est dissipée par viscosité à une échelle ultime tel que : $\ell_0 \propto \left(\frac{\nu^3}{\epsilon}\right)^{1/4}$; $\ell_0 \approx 0,1$ à 1 cm.

En qu'entre ces deux grandeurs ($\ell \in]\ell_0 ; L[$) il n'y a aucun apport extérieur d'énergie.

On montre également que dans ce cas le spectre de l'énergie turbulente horizontale $E(\ell)$ varie comme la puissance $+5/3$ de l'échelle ℓ des tourbillons.

Egalant (28) et (29) on trouve alors pour Λ_E :

$$\Lambda_E = \frac{\rho \bar{\epsilon}^{1/3} \ell^{4/3}}{\nu'} = \nu \ell^{4/3} \quad (30)$$

Des valeurs typiques de ces paramètres sont d'après Callaway (1974),

$$\rho \approx 0,02 ; \quad \bar{\epsilon} \approx 5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}^3 ; \quad \nu' \approx 2 \text{ cm/s} \\ \Rightarrow \nu \approx 8 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-1/3} \quad \text{et} \quad \ell \approx 1,25 \times 10^3 \Lambda_E^{3/4}$$

L'applicabilité de cette loi à la turbulence océanique horizontale n'étant absolument pas évidente, de nombreuses expériences et mesures ont été faites afin d'infirmer ou de valider cette "loi des 4/3".

Akira Okubo (1968, 1971) a compilé toutes ces mesures, et en a tiré des "diagrammes de diffusion océanique", ceci pour des échelles comprises entre

10^4 cm jusqu'à 10^7 cm, (cette échelle étant considérée comme égale à 3 fois l'écart-type du nuage contaminant étudié).

Il a trouvé ainsi la relation

$$K_a = 0,0103 \ell^{1.15} \quad (31)$$

K_a et ℓ étant respectivement exprimés en cm^2/s et en cm.

Reprenant la définition du coefficient de dispersion

$K_a = \frac{1}{2} \frac{d\sigma^2}{dt}$ et posant $\ell = 3\sigma_{rc}$, on montre que σ_{rc}^2 varie comme la puissance 3 du temps quand K_a suit la loi des 4/3.

Ces résultats sont illustrés par la figure 1.

Comme le montre les résultats d'Okubo, la variation de K_a en fonction de ℓ est plus faible que celle prévue théoriquement.

Comme nous l'avons dit plus haut, la théorie de Kolmogoroff implique que la densité spectrale d'énergie turbulente croise avec ℓ à la puissance 5/3

$$E(k) = c \bar{\epsilon}^{2/3} \ell^{5/3} \quad (32)$$

où c est une constante universelle.

Cette loi est vraie si entre les échelles ℓ_1 et ℓ_2 telles que $\ell \in [\ell_1 ; \ell_2]$ il n'y a pas réinjection d'énergie dans le système considéré.

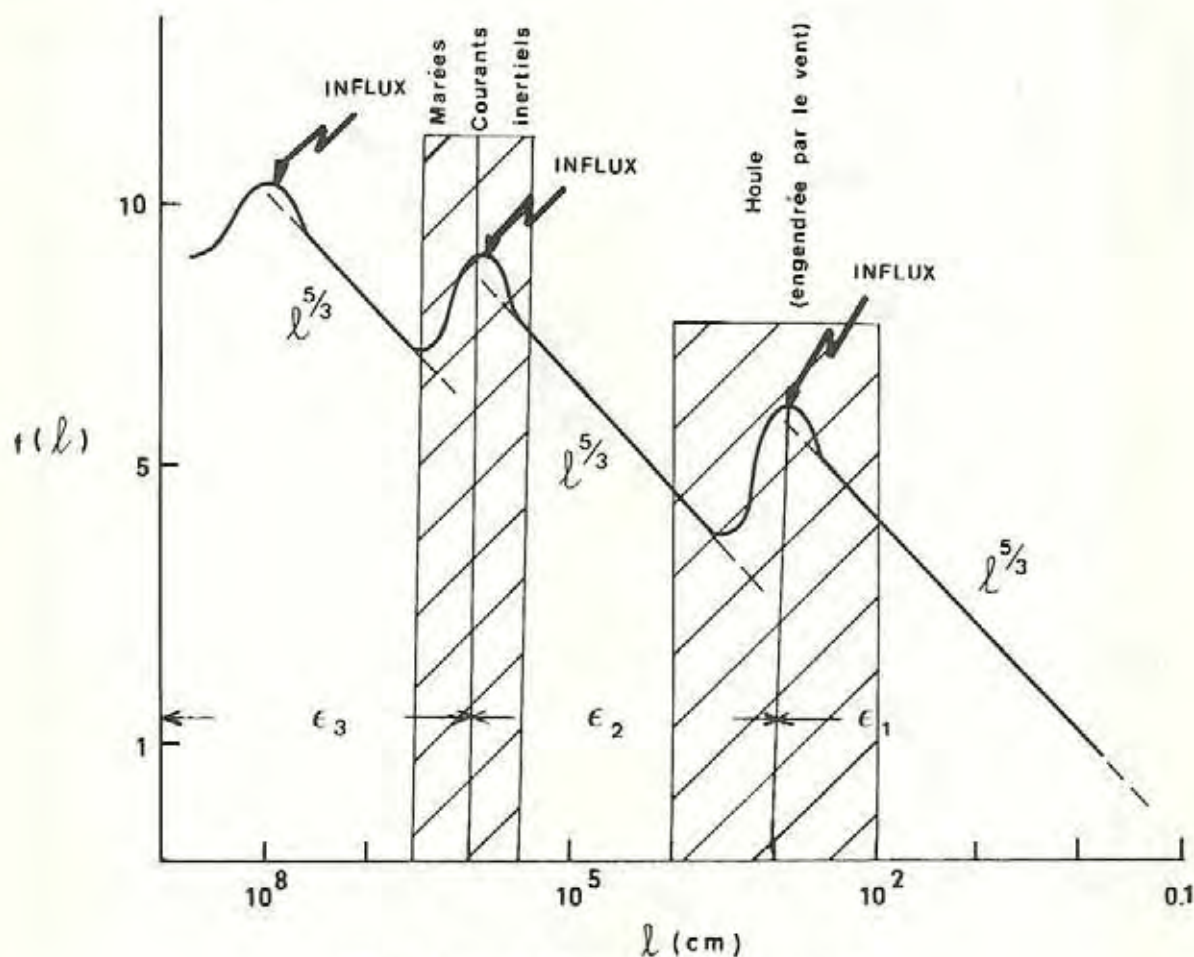


FIG.2. — Spectre de turbulence océanique d'OZMIDOV.

Ceci étant posé, l'existence de zone de réinjection d'énergie dans le spectre océanique à différentes échelles, tendrait à expliquer les résultats obtenus par Okubo.

A la suite de mesures effectuées dans différentes régions, sur des périodes de temps et à différentes échelles, Ozmidov (1968) a mis en évidence certains de ces influx d'énergie.

Une première bande d'influx intense se situe entre 1 et 10 m, celle-ci étant liée à la houle générée par le vent. Une deuxième zone d'influx intense se situe aux échelles avoisinant 10 km, liée aux courants de marée et courants inertiels aux latitudes moyennes.

Enfin, Ozmidov présume qu'une troisième zone doit se trouver aux échelles de l'ordre de 1 000 km.

Cet influx d'énergie serait lié au chauffage différentiel des océans et aux effets barométriques à grande échelle (zone subissant un effet barométrique permanent, système des alizés, etc.).

Outre ces bandes d'influx intense d'énergie, les résultats montrent bien que $E(k)$ suit la loi des $+5/3$. Ces résultats sont illustrés sur la figure 2.

A la vue de ces résultats Okubo (1968, 1971) a retracé de nouveaux diagrammes $K_a(l)$ en tenant compte de ces influx d'énergie, mettant ainsi en évidence une meilleure correspondance entre les résultats expérimentaux et la théorie (voir figure 3).

Suite aux travaux de Bowden (1965) relatifs à l'effet d'un gradient de courant dans la masse d'eau sur la

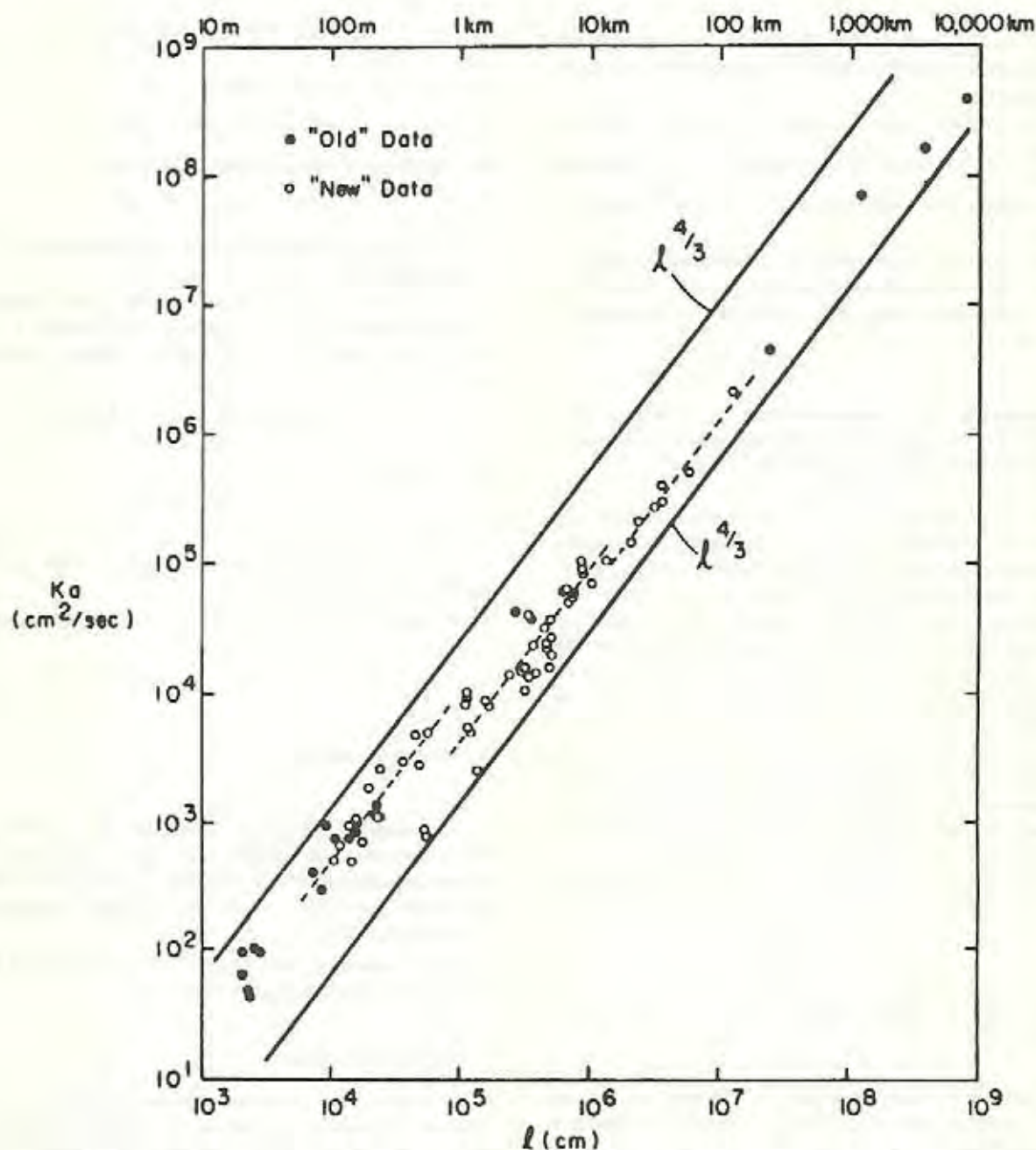


FIG.3. — Coefficient de dispersion apparent K_a . Loi des $4/3$ localement satisfaite (d'après OKUBO).

diffusion, Okubo établit un modèle mathématique pour un courant uniforme suivant x , auquel est superposé un gradient linéaire transversal.

Introduisant deux coefficients de dispersion horizontal en x et en y constants, il obtient les résultats suivants :

— variance longitudinale du nuage

$$\sigma_x^2 = \alpha_1 t^3$$

— variance transversale du nuage

$$\sigma_y^2 = \alpha_2 t$$

— taux de déformation du nuage

$$\rho = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = \alpha_3 t^{-1}$$

où $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ sont des coefficients de proportionnalité dépendant des coefficients de dispersion et du gradient de courant.

Ceci montre que d'après la relation d'Einstein $\frac{1}{2} \frac{d\sigma^2}{dt} = K_a$, le coefficient apparent de dispersion longitudinale est proportionnel à ℓ à la puissance 4/3 avec $\ell = 3\sigma$.

Ceci montre l'importance de la variation spatiale du champ de vitesse sur la dispersion, et son importance dans l'interprétation des résultats précédemment exposés.

5. Discussion sur la représentation de la vitesse fluctuante $\vec{v}$ à l'aide d'une variable aléatoire normale, de moyenne nulle et de variance σ^2

En vu de ce qui vient d'être dit nous voyons que le choix du coefficient K_a de dispersion est fonction de l'échelle du phénomène. D'un point de vue numérique, ayant choisi un pas d'espace Δx , il nous faut prendre un coefficient de dispersion K_a tel qu'il représente l'action de toutes les pulsations d'une échelle égale ou inférieure à ce pas Δx . Nous prendrons donc $K_a = K_a(\ell)$ pour $\ell = \Delta x$ d'après les diagrammes de Okubo.

Notre échelle spatiale étant fixée par Δx , notre modèle sera maintenant une approximation d'une "dispersion par mouvement continu", au sein d'un champ de vitesse $\vec{U}(x, y)$ et avec un coefficient de dispersion $K_a(\Delta x)$ constant.

De plus, d'après le théorème d'Einstein nous savons que :

$$K_a = \frac{1}{2} \frac{d\sigma^2}{dt}$$

donc, notre K_a étant fixé, la variance de notre distribution sera :

$$\sigma^2 = 2K_a t$$

Considérons, par exemple, un champ de vitesse uniforme $\vec{v}$ tel que $\forall \vec{q} ; \vec{v}(\vec{q}) = \vec{s}$, dans un domaine fluide illimité.

Partant du point $\vec{q}_0$, après une première transition,

d'après le schéma exposé en '3', le dériveur sera à

$$\vec{q}_1 = \vec{q}_0 + \vec{s} \Delta t + \vec{N}(\vec{O}, \sigma^2)$$

Appliquons δ à la nouvelle position :

$$\begin{aligned} \vec{q}_2 &= \delta(\vec{q}_0 + \vec{s} \Delta t + \vec{N}(\vec{O}, \sigma^2)) \\ &= \vec{q}_0 + 2\vec{s} \Delta t + \vec{N}(\vec{O}, \sigma^2) + \vec{N}(\vec{O}, \sigma^2) \end{aligned}$$

les deux vecteurs aléatoires étant indépendants, peuvent être combinés utilisant la propriété du théorème des probabilités, spécifiant que la somme de deux variables normales indépendantes est normale avec une moyenne et une variance égale à la somme des moyennes et variances.

$$\vec{q}_2 = \vec{q}_0 + 2\vec{s} \Delta t + \vec{N}(\vec{O}, 2\sigma^2)$$

Pour n transitions on obtient :

$$\vec{q}_n = \vec{q}_0 + \vec{s} n \Delta t + \vec{N}(\vec{O}, n\sigma^2)$$

posant $n \Delta t = t$, sachant que :

$$n\sigma^2 = 2nK_a \Delta t = 2K_a t$$

et combinant le terme advectif et diffusif

$$\vec{q}(t) = \vec{N}(\vec{q}_0 + \vec{s} t ; \sigma^2)$$

où $\vec{N}$ est une variable normale de moyenne $\vec{q}_0 + \vec{s} t$ et de variance σ^2 .

Ceci n'est autre que la solution de l'équation Fokker-Planck, pour un champ de courant $\vec{s}$ uniforme, et ayant comme condition initiale un dirac en $\vec{q}_0$

$$\Psi = \frac{1}{4\pi\sigma} \exp \left\{ -(\vec{q} - (\vec{q}_0 + \vec{s} t))^2 / \sigma^2 \right\}$$

de l'équation

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} + \vec{s} \cdot \vec{\nabla} \Psi = K_a \Delta \Psi$$

où $\vec{\nabla}$ est l'opérateur "nabla" bidimensionnel et Δ le laplacien bidimensionnel.

Ψ étant la concentration relative de la substance diffusée au point et au temps t .

6. Modèle numérique

Le modèle numérique présenté est conforme à l'organigramme du chapitre 3. Le descripteur géophysique déterminant la présence de côte n'a pas été introduit pour des raisons de capacité mémoire de l'ordinateur utilisé.

Nous rappelons dans ce qui suit les différents sous-programmes, ainsi que leurs fonctions.

— Programme principal

Celui-ci lit les données d'entrées (définies sur le listage), appelle les différents sous-programmes, et calcule le pas de temps optimal de stabilité numérique.

— Sous-Programme GEØG

Ce module calcule à partir des données géographiques (latitude et longitude de l'origine, dimension du domaine), la projection plane de la zone à l'aide d'une latitude moyenne (pas de "latitudes croissantes").

Il appelle ensuite INITIA.

— Sous-Programme INITIA

A l'aide d'une formule semi-empirique établie par Fay, ce sous-programme répartit uniformément les n particules sur un cercle de surface :

$$A = 2.5 \times 10^{-5} V^{2/3} t^{1/2}$$

où V est le volume déversé en gallons US

et t le temps dit d'initialisation (en heure) après lequel la dispersion opère.

— Sous-Programme BANCØ

Ce module utilise une méthode de Monte-Carlo pour calculer le déplacement aléatoire des particules suivant une loi de probabilité donnée.

— Sous-Programme ALEA

Il assure le tirage équiréparti de chiffres compris entre 0 et 1 pour faire fonctionner BANCØ.

— Sous-programme CØERF

Calcule l'inverse de la fonction de densité de probabilité d'une loi normale de variance σ^2 donnée et de moyenne $1/2$.

$$F = \frac{1}{2} (1 + \operatorname{erf}(x))$$

$$\text{où } F = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-u^2} du$$

— Sous-programme XPRINT (X)

Imprime pour chaque pas de temps Δt les coordonnées de toutes les particules, ainsi que de leur c - d - g - sur une bande magnétique réutilisable pour faire un tracé.

Calcule les différentes caractéristiques du nuage, données en sortie sur listage, tels que :

$$\text{c.d.g. } x_M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$y_M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

variances :

$$\sigma_x^2 = x_M^2 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2$$

$$\sigma_y^2 = y_M^2 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^2$$

$$\sigma_r^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2$$

Taux de déformation

$$\rho = \left(\frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2} \right)$$

Variance équivalente à une dispersion radiale

$$\sigma_{re}^2 = \sigma_r^2 \frac{2\rho}{1+\rho^2}$$

7. Test du programme sur le modèle "OKUBO"

Afin de tester la validité de notre modèle, nous l'avons appliqué au modèle mathématique de dispersion en présence d'un gradient de courant exposé par A. Okubo (1968), dont nous avons parlé au chapitre 4.

Cette étude à laquelle il sera bon de se rapporter, étudie la dispersion d'un contaminant à la surface de l'océan, émanant instantanément d'un point source au temps t_0 .

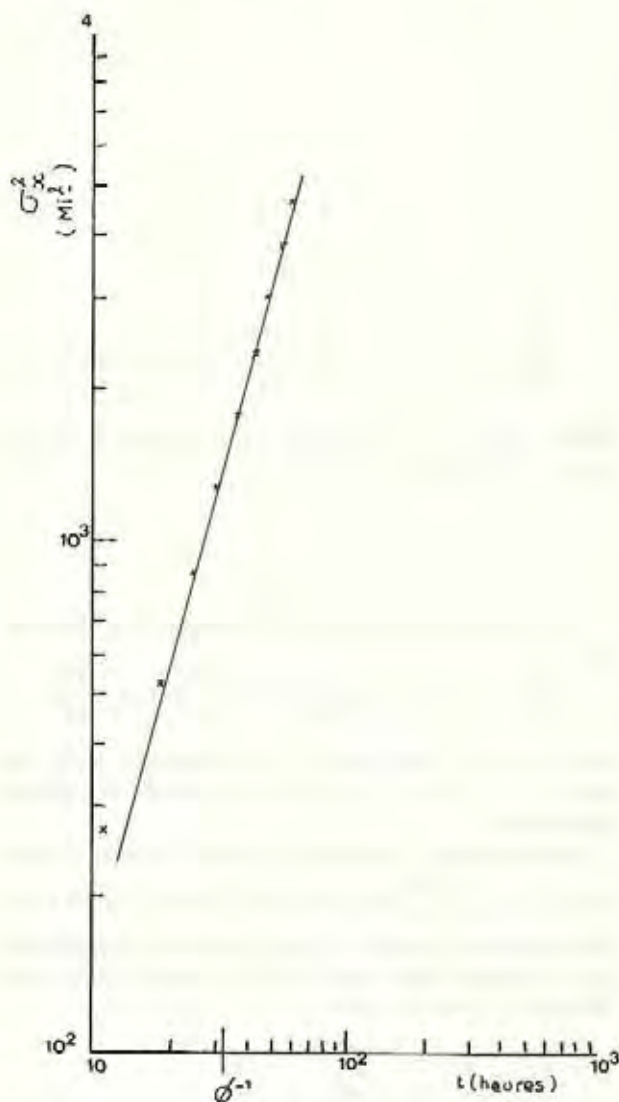


FIG. 4. — Variance longitudinale en fonction du temps. Pour $\phi^{-1} = 32$ h. Pente = 1,85.

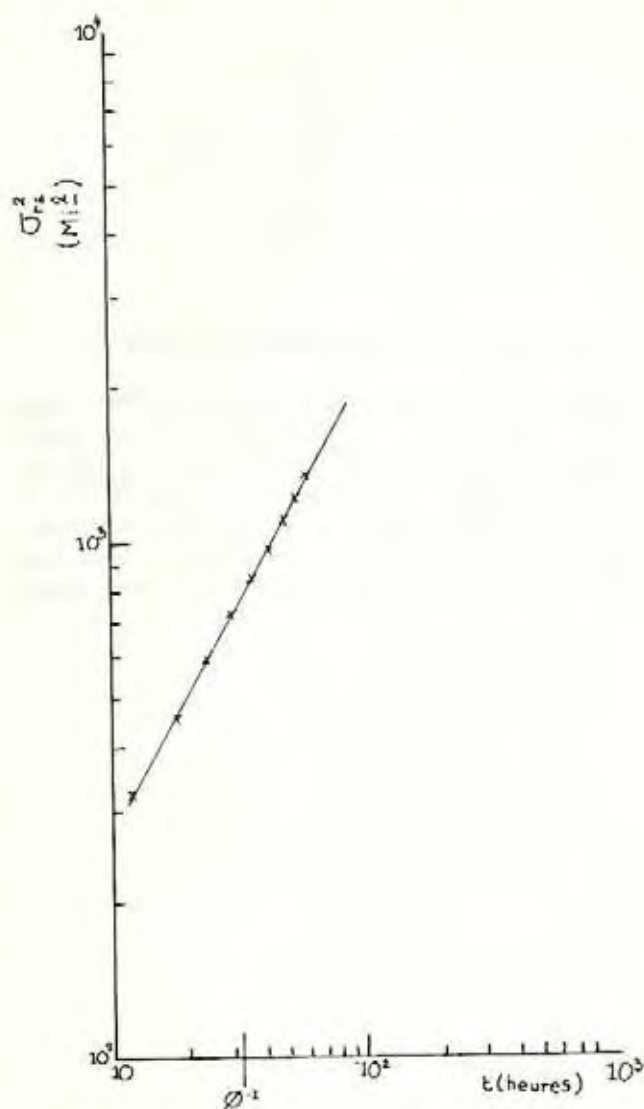


FIG.5. - Variance radiale équivalente en fonction du temps. Pour $\phi^{-1} = 32$ h. Pente = 1.05.

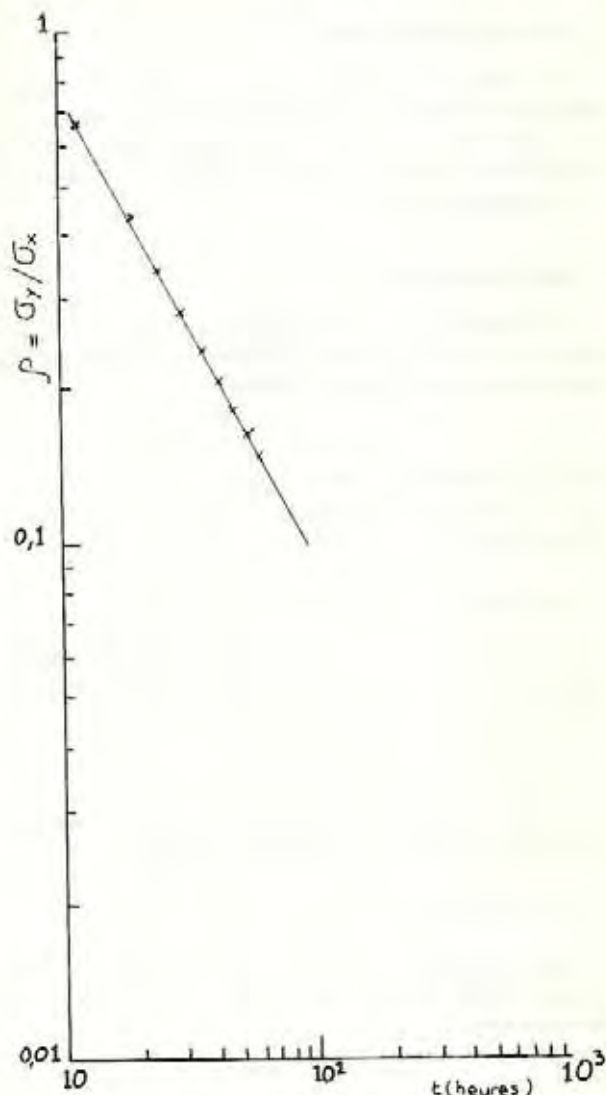


FIG.6. - Taux de déformation du nuage en fonction du temps. Pente = -1.

L'équation de base pour la dispersion est dans ce cas :

$$\frac{\partial S}{\partial t} + (U_0 - \Omega_y \cdot y) \frac{\partial S}{\partial y} = A_x \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 S}{\partial y^2}$$

où $S(t, x, y)$ représente la concentration émise au point $x = y = \phi$ à t_0 et où Ω_y est la pente du gradient de courant.

Okubo montre qu'après un temps $t \gg \phi^{-1}$ avec $\phi = \frac{1}{12} \Omega_y \sqrt{\frac{A_y}{A_x}}$ tout se passe comme si tout émanait d'un point source et que la variance longitudinale σ_x^2 , la variance transversale σ_y^2 et les autres coefficients définis en 4, varient comme :

$$\sigma_x^2 \propto t^3$$

$$\sigma_y^2 \propto t$$

$$\sigma_{re}^2 \propto t^2$$

$$\rho \propto t^{-1}$$

Nous avons donc appliqué ce modèle avec :

$$A_x = A_y = 0,16 \cdot 10^{-4} \text{ km}^2/\text{s}$$

et un volume déversé de 800 gallons US.

Le calcul a été effectué pour quarante heures avec un pas de temps de 6 heures.

$$\Omega_y = 3 \cdot 10^{-5} \text{ h}^{-1}$$

$$\phi^{-1} = 32 \text{ h}$$

Les résultats portés sur listages ont été représentés graphiquement et portés sur les figures 4, 5, 6.

Ces premiers résultats tests montrent bien la validité de la modélisation. Ce modèle présente cependant un assez grave problème sur l'I.B.M. ; le temps d'exécution ayant été de 3 h 1/2 pour l'exemple exposé avec un ensemble de 500 pts.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BOWDEN K.F. (1965). — Horizontal mixing in the sea due to a shearing current. *Jour. Fluid Mech.*, 21, (Part. 2), 83-96.
- [2] MURRAY S.P. (1972). — Turbulent diffusion of oil in the ocean. *Limnology Oceanography*, Vol. 17 (5), pp. 651-660.
- [3] OKUBO A. (1968). — Some remarks on the importance of the 'Shear Effect' on horizontal diffusion. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, Vol. 24, n° 2, pp. 60 to 69.
- [4] OKUBO A. (1971). — Oceanic diffusion diagrams. *Deep-Sea Research*, vol. 18, pp. 789 to 802.
- [5] OZMIDOV R.V. (1965). — Energy distribution between oceanic motions of different scales. *Izv. Atmospheric and Oceanic Physics series*, 1 (4) 257-261.
- [6] SHUKLA D.K. and R.M. STARK (1974). — Random Movement of oil patches. *The sciences of the total environment*, 3, 117-125.
- [7] SIMONS T.J., BEAL G.S., BEAL K., EI-SHAARAUI, and MURTY T.S. (1976). — Operational model for predicting the movement of oil in Canadian Navigable water. Manuscript report series, n° 37, 30 p.
- [8] STOMMEL H. (1949). — Horizontal diffusion due to oceanic turbulence. *Jour. Mar. Res.* 8, 199-225.

DEUXIEME PARTIE

DERIVE

INTRODUCTION

Les courants marins engendrés par le vent à la surface de l'océan jouent un grand rôle dans la dérive des couches de surface ou des objets qui s'y trouvent.

Depuis les travaux d'Ekman (1905) un grand nombre de formules empiriques ont été établies, ainsi qu'un certain nombre de modèles théoriques. Aussi il nous a paru intéressant de comparer certains d'entre eux sur un exemple concret : celui de l'accident d'Ekofisk en mai 1977.

ANALYSE GENERALE

La vitesse de surface (amplitude et direction) d'un courant de dérive résulte de la contrainte appliquée par le vent à sa surface et de la structure turbulente dans la colonne d'eau. Cette contrainte de cisaillement vertical est donnée dans les équations de Reynolds par :

$$\tau_z = \overline{u'} \cdot \overline{w'} \hat{i} + \overline{v'} \cdot \overline{w'} \hat{j}$$

où u^1, v^1, w^1 , sont les trois composantes "fluctuantes" de la vitesse $\vec{v}$ et $\hat{i}$ et $\hat{j}$ les vecteurs directeurs des axes horizontaux $\hat{x}$ et $\hat{y}$. Le symbole $\overline{\quad}$ indique la moyenne temporelle sur la période T :

$$\overline{u'} = \overline{v'} = \overline{w'} = 0$$

Le niveau de turbulence à une profondeur z est habituellement représenté (assez artificiellement) par un coefficient de "viscosité turbulente" ϵ_T avec :

$$\vec{\tau}_z = \epsilon_T \frac{\partial \vec{u}}{\partial z}$$

où

$\vec{\tau}_z$ est la contrainte de cisaillement horizontale à une profondeur z

ϵ_T la viscosité turbulente au niveau z

$\vec{u}$ la vitesse moyenne horizontale au niveau z

$\hat{z}$ l'axe vertical ascendant.

Nous allons considérer un océan homogène de profondeur et d'étendue infinies, auquel on applique une contrainte à la surface et étudier numériquement le courant résultant.

L'équation de la quantité de mouvement dans le plan est :

$$\frac{\partial w}{\partial t} + ifw = \frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon_T \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad (1)$$

où :

$$w = u + iv$$

$$f = 2\omega \sin \varphi$$

et φ est la latitude du lieu

Coefficient de viscosité constant

Nous supposons l'océan au repos à l'origine :

$$w = 0 \text{ pour } t \leq 0$$

Ensuite est appliquée à sa surface une contrainte spatialement uniforme $\vec{\tau}_s(t)$ fonction du temps uniquement :

$$\frac{\tau_s(t)}{\rho} = \frac{\tau_{sx}(t)}{\rho} + i \frac{\tau_{sy}(t)}{\rho} = \epsilon_T \frac{\partial w}{\partial z} \Big|_{(z=0)} \quad (t \geq 0)$$

Nous supposons que : $w \rightarrow 0$ quand $z = -\infty$

Soit la transformée de Laplace définie par :

$$\tilde{w} = L\{w\} = \int_0^\infty e^{-pt} w(t) dt$$

Prenant la transformée de Laplace de (1) on obtient :

$$(p + if) \tilde{w} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon_T \frac{\partial \tilde{w}}{\partial z} \right) \quad (2)$$

Ce qui à l'aide des conditions aux limites nous donne :

$$\tilde{w} = -L\left\{ \frac{\tau_s}{\rho} \right\} \frac{e^{-\frac{z}{\epsilon_T} \sqrt{p+if}}}{\sqrt{p+if}}$$

dont l'original est

$$w(z, t) = \frac{1}{\rho \sqrt{\epsilon_T \pi}} \int_0^t \tau_s(t-\xi) \frac{e^{-if\xi} e^{-\frac{z^2}{4\epsilon_T\xi}}}{\sqrt{\xi}} d\xi \quad (3)$$

Utilisant les données de vent usuellement disponibles, échantillonnées avec une période de 6 heures, l'équation (3) peut être approchée par les sommes suivantes, pour le courant de surface.

$$u_s(0, J\Delta t) = \frac{1}{\rho \sqrt{\epsilon_T \pi}} \left\{ \sum_{j=1}^J \tau_x(J-j) \beta_1(j) + \sum_{j=1}^J \tau_y(J-j) \beta_2(j) \right\} \quad (4)$$

$$v_s(0, J\Delta t) = \frac{1}{\rho \sqrt{c_T} \pi} \left\{ - \sum_{j=J_1-1}^J \tau_x(J-j) \beta_2(j) + \sum_{j=J_1-1}^J \tau_y(J-j) \beta_2(j) \right\} \quad (5)$$

où $\beta_1(j)$ et $\beta_2(j)$ sont des coefficients de pondération, calculés comme suit :

$$\beta_1(j) = \int_{(j-1)\Delta t}^{j\Delta t} \frac{\cos f\xi}{\sqrt{\xi}} d\xi = \sqrt{2\pi} \{C_2(j\Delta t) - C_2((j-1)\Delta t)\}$$

$$\beta_2(j) = \int_{(j-1)\Delta t}^{j\Delta t} \frac{\sin f\xi}{\sqrt{\xi}} d\xi = \sqrt{2\pi} \{S_2(j\Delta t) - S_2((j-1)\Delta t)\}$$

où $S_2(t)$ et $C_2(t)$ sont les intégrales de Fresnel calculées à l'aide de tables numériques.

Ayant pris en compte dans notre calcul le vent ayant soufflé 96h. avant l'instant J , nous avons calculé 17 coefficients β_1 et β_2 (la série converge assez lentement vers 0), soit $J_1 = J - 16$ (Tableau 1).

Tableau 1

tf	ϵ constant β_1	ϵ variable β_1	ϵ constant β_2	ϵ variable β_2
2.622	2.4479	2.13981	2.5878	1.78166
5.244	-1.1377	-1.97565	-9703	1.26033
7.80	1.1196	.2989	.2523	.048
10.488	-.929	-.115	.2706	-.08467
13.11	.5969	3.105 E-3	-.6086	.013
15.732	-.199	1.65 E-3	.7446	.02
18.354	-.1787	1.67 E-3	-.6858	.01
20.9760	.4602	0.6797 E-3	.4727	.0057

Les équations (4) et (5) ont été programmées et appliquées à une situation réelle (accident d'Ekofisk).

Le manque de données pour l'estimation ou le calcul de c_T nous a conduit à en faire une estimation à partir de la règle de 3 % (courant de dérive de surface = 0,03 vitesse du vent à 10 mètres) souvent adoptée. Pour un vent constant et établi, la vitesse du courant est (Ekman, 1905) :

$$|\vec{u}_\infty| = \frac{|\vec{\tau}_s|}{\rho_w \sqrt{f} \epsilon_T} \quad (6)$$

où

$\vec{\tau}_s = \rho_a C_f |\vec{u}_a| \vec{u}_a$
vecteur contrainte appliquée par le vent de vitesse $\vec{u}_a$ (à 10 m)

C_f = coefficient de frottement (≈ 0.0003 par vent fort)

ρ_a = masse volumique de l'air ($\approx 1.22 \text{ kg/m}^3$)

Comme nous l'avons rappelé, la loi des 3 % est :

$$|\vec{u}_\infty| = 0,03 |\vec{u}_a| \quad (7)$$

égalent (7) et (6) on obtient :

$$\epsilon_T = \left[\frac{C_f}{0,03} \frac{\rho_a |\vec{u}_a|}{\rho_w \sqrt{f}} \right]^2$$

ce qui pour :

$$\varphi = 56^\circ 30' \text{ N}$$

$$\frac{\rho_a}{\rho_w} = \frac{1}{840}$$

$$|\vec{u}_a| = 20 \text{ m/s}$$

donne :

$$c_T = 4,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

Comme l'on fait remarquer Warner & al. (1972), ce genre de modèle est très sensible à la valeur du coefficient c_T . Ce coefficient étant fonction de la vitesse du vent à 10 m, nous avons préféré le recalculer toutes les 6 heures en fonction du vent soufflant pendant l'intervalle Δt .

Coefficient de viscosité fonction linéaire de la profondeur

Madsen (1977) a repris les études de Fredholm et Ekman, en remplaçant c_T par un coefficient variant linéairement avec la profondeur, tel que $\epsilon_T = \kappa |u_*| z$,

ou z est la coordonnée verticale, $u_* = \sqrt{\frac{\tau_s}{\rho}}$ la vitesse de frottement ("shear velocity"), et κ le coefficient de Von Karman ($\kappa = 0.4$).

Ce modèle est celui proposé par Thomas (1975), stipulant que le niveau de turbulence augmente quand on s'éloigne de la paroi de frottement.

Reprenant l'équation (1) avec les mêmes conditions aux limites, et en remplaçant ϵ_T par $\kappa |u_*| z$, on obtient, après transformation de Laplace, l'équation :

$$(\rho + if) \tilde{w} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa u_* z \frac{\partial \tilde{w}}{\partial z} \right) \quad (8)$$

introduisant

$$\xi = \frac{z(\rho + if)}{\kappa u_*}$$

L'équation (8) devient :

$$\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\xi \frac{\partial \tilde{w}}{\partial \xi} \right) - \tilde{w} = 0 \quad (9)$$

qui a pour solution, en utilisant les conditions aux limites :

$$\tilde{w} = \frac{2}{\kappa u_*} L \left\{ \frac{\tau_s}{\rho} \right\} K_0(2\sqrt{\xi}) \quad (10)$$

dont l'original est donné par :

$$w(z, t) = \frac{1}{\kappa u_* \rho} \int_0^t \tau_s(t-\xi) \frac{e^{-if\xi} e^{-\frac{z}{\kappa u_* \xi}}}{\xi} d\xi \quad (11)$$

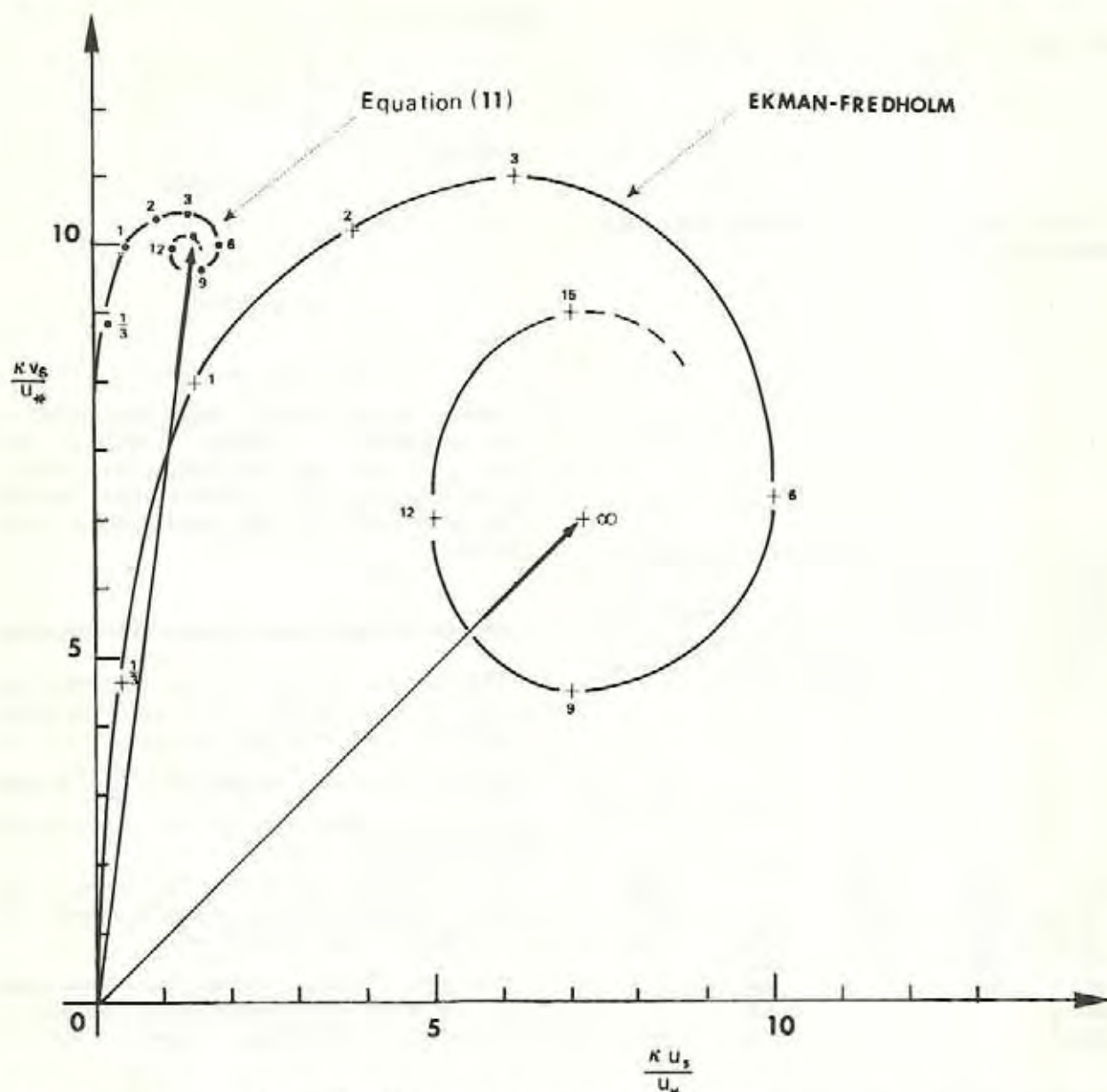


FIG. 1. — Comparaison de la solution d'Ekman-Fredholm et de la solution à viscosité variable.

Régime transitoire d'un courant de dérive en surface dû à une contrainte constante et uniforme soudainement appliquée ($\tau_y = T \cdot Y(t)$; $\tau_x = 0$). Le temps est indiqué en heures pendulaires $\left(\frac{t}{\sin \phi}\right)$.

Utilisant le même schéma numérique que précédemment (Eq. (4) et (5)) on obtient :

$$u_s(0, j\Delta t) = \frac{1}{\rho \kappa U_*} \left\{ \sum_{j=j_1-1}^j \tau_x(j-j) \beta_1(j) + \sum_{j=j_1-1}^j \tau_y(j-i) \beta_2(j) \right\} \quad (4')$$

$$v_s(0, j\Delta t) = \frac{1}{\rho \kappa U_*} \left\{ - \sum_{j=j_1-1}^j \tau_x(j-j) \beta_2(j) + \sum_{j=j_1-1}^j \tau_y(j-j) \beta_1(j) \right\} \quad (5')$$

où

$$\beta_1(j) = \int_{(j-1)\Delta t}^{j\Delta t} \frac{\cos f\xi}{\xi} d\xi$$

$$\beta_2(j) = \int_{(j-1)\Delta t}^{j\Delta t} \frac{\sin f\xi}{\xi} d\xi$$

D'un point de vue théorique il a été montré (Madsen 1977) que cette solution donnait pour un régime permanent ($\tau_y(t) = T \cdot Y(t)$; $\tau_x = 0$; $\forall t$) un angle de déflexion d'environ 10° à droite du lit du vent au lieu des 45° donnés par la solution classique d'Ekman-Fredholm. Le régime transitoire est également beaucoup plus court dans ce cas (fig. 1).

Notons également que la solution en régime perma-

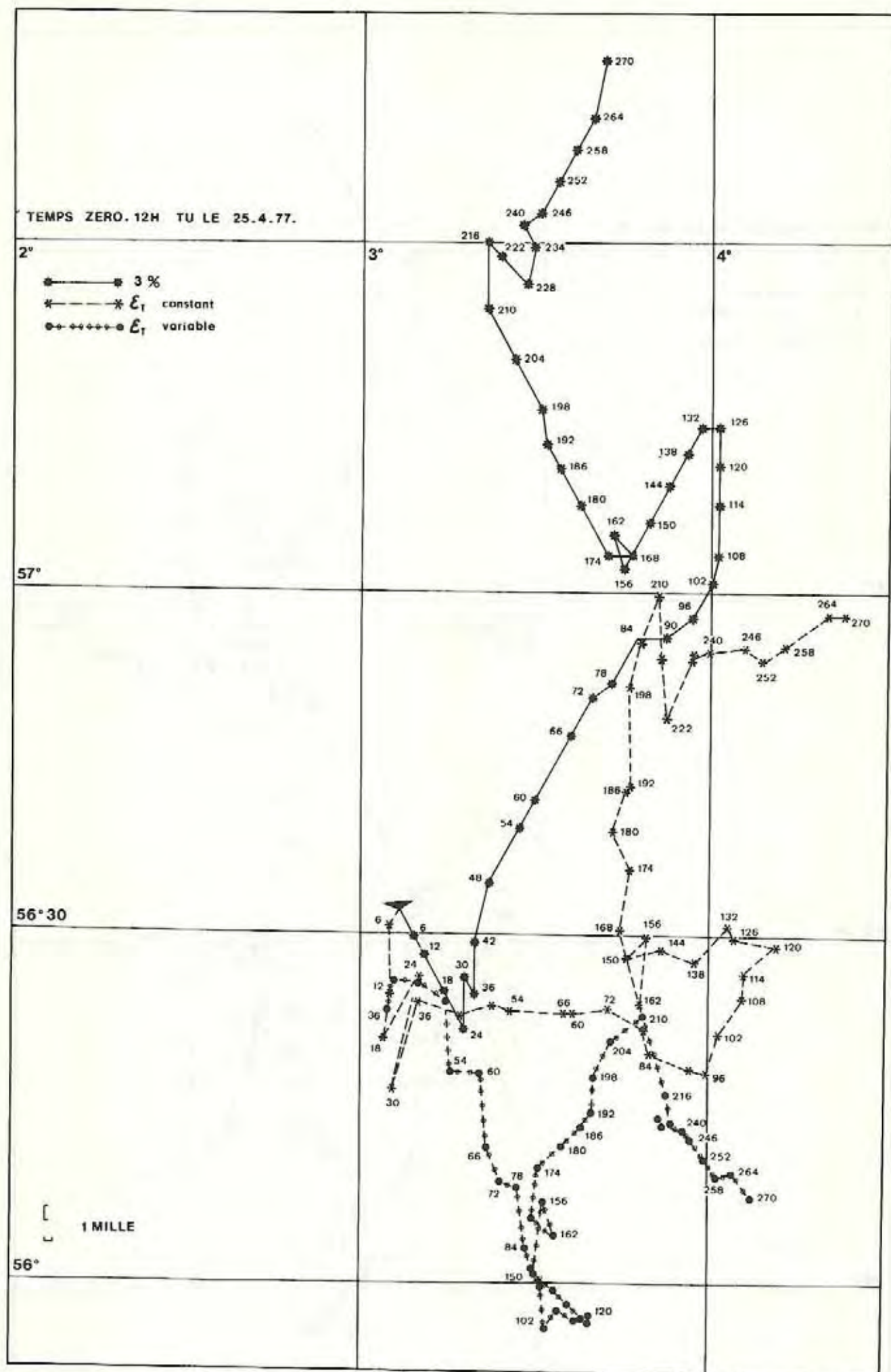


FIG. 2. —

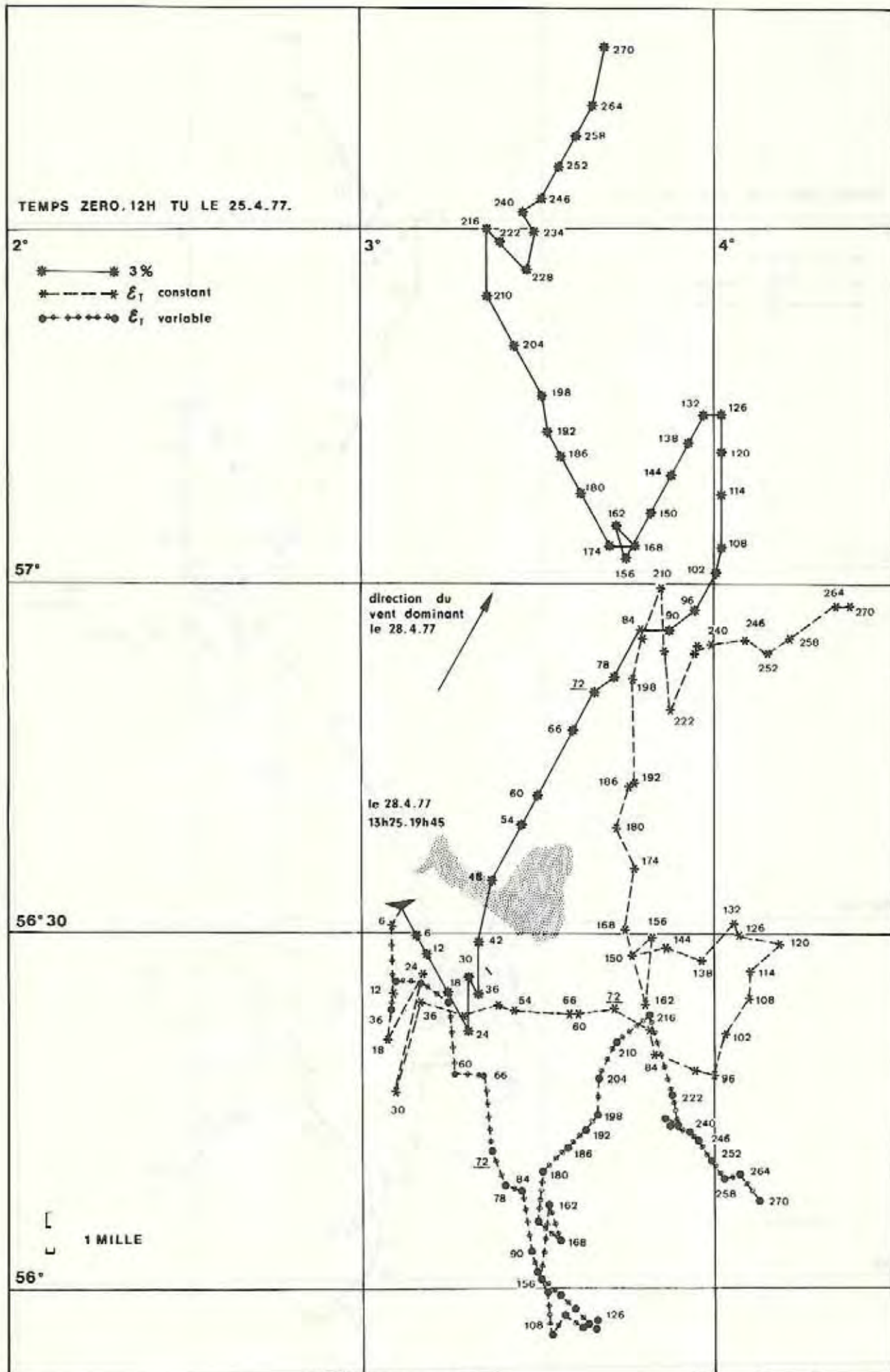


FIG. 3. —

nent est :

$$|w_s| \approx \frac{u_*}{\kappa} \left(\frac{\kappa v_s}{u_*} \right)$$

Ce qui, utilisant les résultats de Ruggles (1970) :

$$\frac{u_*}{\kappa} = \frac{0,04}{\kappa} \left(\frac{\rho_a}{\rho_w} \right)^{1/2} u_a \quad (12)$$

avec $\kappa = 0,4$, conduit à

$$|w_s| \approx \left(\frac{\rho_a}{\rho_w} \right)^{1/2} \left(0,1 \frac{\kappa v_s}{u_*} \right) u_a$$

Avec les données précédemment adoptées pour

$$\frac{\rho_a}{\rho_w} = \frac{1}{840} \text{ on obtient :}$$

$$|w_s| = 0,03 u_a$$

étant posé par définition : $u_* = \kappa v_s$

Ceci n'est pas une preuve de la "loi des 3 %" simplification abusive du problème, mais reste un résultat intéressant à noter.

Réutilisant les mêmes données qu'en (a), et calculant u_* pour chaque Δt à l'aide de (12), nous avons bâti un modèle similaire à celui de (a). La convergence plus rapide des séries nous a permis de n'utiliser que les vents ayant soufflé 49 heures avant J.

Les coefficients β_1 et β_2 ont été calculés à l'aide de tables numériques (tableau 1).

DISCUSSION — INTERPRETATION DES RESULTATS

Trois méthodes ont été appliquées à la prédiction de la trajectoire des nappes d'hydrocarbure résultat de l'accident survenu au gisement d'Ekofisk le 25 avril 1977.

La première méthode est basée sur les équations d'Ekman-Fredholm en régime impulsif avec un coefficient de viscosité constant, puis variable, dans la masse d'eau.

Ces trois modèles supposent la masse d'eau infiniment profonde.

Les trois trajectoires obtenues ont été reportées sur la figure 2 pour la période du 25 avril 1977 à 12h TU au 6 juin 1977 à 18h TU.

On note immédiatement que la trajectoire donnée par la loi des 3 % correspond à une dérive beaucoup plus rapide et amène le point final à 36 milles au nord de celui donné par la trajectoire ϵ_T constant.

Une remarque similaire avait été faite par Warner et al. (1972) au sujet de modèles similaires appliqués à l'accident de Arrow en mars 1970 aux Etats-Unis.

Ceci montre l'importance du facteur de Coriolis dans la dérive des nappes d'hydrocarbure.

Le modèle à coefficient de viscosité variable donne la dérive la plus lente, ainsi que la plus forte déviation, par rapport au lit du vent. Il faut rappeler la forte dépendance de ces modèles par rapport au coefficient ϵ_T .

Sur la figure 3 nous avons porté la zone polluée le 28 avril 1977 telle qu'elle nous a été donnée par la mosaïque photo réalisée par GDTA 1977. Les points correspondant à cette date ont été soulignés sur les trois trajectoires.

Cette comparaison montre que dans l'état actuel de nos connaissances, le modèle à coefficient de viscosité constant est celui qui donne le meilleur résultat, mais ceci est fortement tributaire de la valeur de ϵ_T .

Il est à noter qu'à aucun moment il n'a été tenu compte, faute de données suffisantes, des courants de surface, autres que ceux engendrés par le vent. Ceci pourrait quelque peu modifier la situation.

La nécessité de données de bonne qualité (vent, courant, coefficient de viscosité vertical) sur la zone étudiée est donc indispensable.

REFERENCES

- [1] EKMANN V.W. (1905). — On the influence of the earth's rotation on Ocean-Currents. *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik.*, Band 2, No II.
- [2] MADSEN O.S. (1977). — A Realistic model of the wind — Induced Ekman boundary layer. *J. of Phys. Oceano.*, vol. 7, march, pp. 248, 255.
- [3] RUGGLES K.W. (1970). — The vertical mean wind profile over the ocean in light to moderate winds. *J. of Appl. Meteor.*, vol. 9, pp. 389-395.
- [4] THOMAS J.H. (1975). — A theory of steady wind — Driven currents in shallow water with variable eddy viscosity. *J. of Phys. Oceano.*, vol. 5, jan, pp. 136, 142.
- [5] WARNER J.L., GRAHAM J.W. and DEAN R.G. (1972). — Prediction of the movement of an oil spill on the surface of the water. O.T.C. paper number 1550, pp. 1382, 1386.

DEUXIÈME PARTIE

MISSION HYDROGRAPHIQUE DES CÔTES DE FRANCE (1^{er} septembre 1966 - 1^{er} octobre 1968)

par

M. Georges PELUCHON

Ingénieur en chef de l'Armement (hydrographe)

rédigé par M. P. COVILLAUT, Ingénieur Général de l'Armement (hydrographe) (R)

SOMMAIRE

Chapitre I. — GENERALITES

- I.1. — Conditions générales de fonctionnement de la Mission.
- I.2. — Organisation de la Mission.
- I.3. — Personnel.
- I.4. — Les moyens flottants.

Chapitre II. — EQUIPEMENT

- II.1. — Les sondeurs.
- II.2. — Les chaînes de radiolocalisation :
 - II.2.1. — Chaîne Toran 3 D.
 - II.2.2. — Chaîne Toran 3 G.
 - II.2.3. — Installations de bord.
 - II.2.4. — Liaisons radio.
 - II.2.5. — Conditions d'exploitation des équipements de radiolocalisation.
- II.3. — Les marégraphes :
 - II.3.1. — Lampaul.
 - II.3.2. — Audierne.
 - II.3.3. — Camaret.
 - II.3.4. — Port Tudy.
 - II.3.5. — Brest.
 - II.3.6. — Remarques sur l'utilisation des marégraphes OTT R 20 à ruban perforé.
- II.4. — Les courantographes.
- II.5. — Balise acoustique répondeuse (Alcatel).
- II.6. — Gravimètre marin Askania.
- II.7. — Hydrodist.
- II.8. — Matériels utilisés par la Mission et provenant d'organismes étrangers à la Marine :
 - II.8.1. — Magnétomètre Varian.
 - II.8.2. — Drague Rallier du Baty.
 - II.8.3. — Sparker Edgerton.

Chapitre III. — TRAVAUX EFFECTUES

- III.1. — Généralités.
- III.2. — Sondages du large.
- III.3. — Géophysique :
 - III.3.1. — Nature de fond.
 - III.3.2. — Magnétisme.
- III.4. — Courants :
 - III.4.1. — Bilan des mesures.
 - III.4.2. — Conditions d'exécution des mesures.
- III.5. — Marées — Réduction des sondes :
 - III.5.1. — Audierne.
 - III.5.2. — Lampaul.
 - III.5.3. — Camaret.
 - III.5.4. — Port Tudy.
 - III.5.5. — Brest.
 - III.5.6. — Réduction des sondes.
- III.6. — Travaux divers à proximité des côtes :
 - III.6.1. — Sondages hydrographiques.
 - III.6.2. — Mesures de courant.
 - III.6.3. — Sondages sismiques.
 - III.6.4. — Divers.
- III.7. — Essais d'équipements divers :
 - III.7.1. — Photo sous-marine.
 - III.7.2. — Appareil de mesure acoustique.
 - III.7.3. — Sonar latéral.
 - III.7.4. — Hydrodist.
 - III.7.5. — Antenne légère.
 - III.7.6. — Balise répondeuse.
 - III.7.7. — Divers.

Chapitre IV. — CONCLUSION

- IV.1. — Circonstances météorologiques.
- IV.2. — Bâtiments.
- IV.3. — Personnel.

Note de la Rédaction

Ce rapport a été rédigé en 1978 par l'I.G.A. (hydrographe) (R) Covillault d'après les documents d'archives de la Mission et des notes de l'I.C.A. (hydrographe) Peluchon. Monsieur Peluchon a revu le texte avant impression.

La chronologie sommaire des activités principales de la Mission hydrographique des Côtes de France peut être établie ainsi :

1^{er} septembre 1966

- Prise de fonctions de l'I.C.A. Peluchon
- Poursuite des sondages complémentaires des bancs au large de la Bretagne entrepris sous la direction de l'I.C.A. Ortais.

Octobre 1966

- Campagne de prélèvement de sédiments dans la région de Brest.

Janvier 1967

- Fin des sondages des bancs au large de la Bretagne.

15 février 1967 au 29 avril 1967

- Déplacement de la chaîne Toran 3 D

2 mai 1967

- Début des sondages réguliers du plateau continental.

Mai 1967

- Des mesures de magnétisme sont entreprises par le *Beautemps-Beaupré* elles seront poursuivies jusqu'à la fin de l'automne.
- Début d'une campagne de prélèvements de sédiments.

Septembre 1967

- Début de sondages en rade de Brest.

16 novembre 1967

- Fin des sondages réguliers du plateau continental et déplacement de la chaîne Toran 3 D.

Novembre 1967

- Fin des sondages en rade de Brest.

Janvier 1968

- Fin de déplacement de la chaîne Toran 3 D.

Février 1968

- Début des sondages et des mesures de courant en rade et goulet de Brest.

Avril 1968

- Début d'une campagne de prélèvement de sédiments en liaison avec le B.R.G.M.

Juillet 1968

- Mise en service de la chaîne Toran 3 G (Angleterre-Irlande-Bretagne).

1^{er} octobre 1968

- Cessation de fonctions de l'I.C.A. Peluchon.

CHAPITRE I

GENERALITES

1.1. Conditions générales de fonctionnement de la Mission

Au cours des années précédentes, la Mission Hydrographique des Côtes de France avait dû s'adapter à des conditions de travail nouvelles imposées à la fois par l'étendue du levé à effectuer dans la zone des atterrages de Brest et par les moyens matériels dont elle disposait.

L'importance du levé couvrant en détail toute la largeur du plateau continental pouvait être grossièrement évaluée à 10 ou 20 ans de travail pour un seul navire. C'était suffisant pour que soit envisagée l'adoption d'une organisation nouvelle, en cherchant à bénéficier des avantages que pourrait apporter le maintien, plusieurs années durant, de la zone d'activité de la Mission et du port d'attache des navires. Il est bien évident en effet que la mobilité des Missions traditionnelles qui leur permet de disposer de la souplesse nécessaire pour l'exécution de travaux en zones variées, ne présente pas que des avantages. Les inconvénients qui en résultaient sont même apparus inacceptables dans le cadre nouveau des activités de la MHCF compte tenu des moyens matériels dont elle disposait.

L'*Amiral Mouchez*, bâtiment base de la Mission ayant été mis en réserve en novembre 1964, la Mission ne disposait plus à cette époque que des bâtiments Hydrographiques de 2^e classe *Astrolabe* et *Boussole*. Les conditions de travail imposées à des navires de cette taille (sonde au large avec radiolocalisation) ne permettaient pas d'envisager d'entreprendre à leur bord les travaux d'exploitation et de rédaction, alors que se manifestait d'autre part l'intérêt de l'existence d'une infrastructure permanente à terre pour le maintien en service de la chaîne de radiolocalisation.

Aussi mon prédécesseur, l'Ingénieur Hydrographe en Chef Ortais, dut-il se consacrer à la création de cette base à terre devenue indispensable. Trouver des locaux adéquats (salle de dessin, magasins), définir un plan d'armement, proposer une organisation ne furent pas une tâche facile. A mon arrivée, implantation et aménagement étaient réalisés au Fort de Toulbroc'h dans des conditions satisfaisantes, et le mode de fonctionnement proposé ne tarda pas à être adopté officiellement.

Les circonstances avaient cependant déjà changé, puisque depuis juillet 1965 la MHCF disposait du *Beautemps-Beaupré* qui aurait pu jouer à nouveau le rôle de bâtiment base, et qu'elle dispose même, à partir de mai 1966 du *Laperouse*. Mais les avantages présentés par la nouvelle organisation étaient encore

plus évidents à cette époque, notamment en raison du fait que deux Ingénieurs Hydrographes seulement étaient présents à la Mission qui comptait jusqu'à six navires pouvant opérer simultanément (*Beautemps-Beaupré*, *Laperouse*, *Astrolabe*, *Boussole*, *Octant*, *Alidade*). En fait, seule cette solution pouvait permettre d'assurer en permanence l'unité de direction, de contrôle et d'exploitation des travaux en dépit des vicissitudes rencontrées dans la disponibilité des navires.

1.2. Organisation de la mission

La Mission Hydrographique des Côtes de France a donc comporté un échelon terrestre appelé base de la MHCF, comprenant l'ensemble des installations matérielles à terres nécessaires à l'exécution des travaux de la Mission (salles de dessin, magasins, garage, stations de radiolocalisation).

Cette base était implantée dans des baraques en dur au Fort de Toulbroc'h accessible par la route du Conquet et situé à 15 km dans l'Ouest de Brest, en bordure du Goulet. En dehors des locaux abritant le personnel résidant de la Base, limité à une vingtaine de personnes, (alors que la capacité d'accueil des installations (cuisine, sanitaire, couchage) était de l'ordre de 200 personnes), la Base de la MHCF offrait de très grandes possibilités qui furent mises à profit pour aménager dans des conditions relativement satisfaisantes :

- une grande salle de dessin ;
- une petite salle de dessin ;
- une quinzaine de bureaux ;
- un laboratoire de radioélectricité ;

des magasins : instruments scientifiques, matériel radioélectrique, matériel consommable, stockage des échantillons ;

- un vaste garage à véhicules ;

des locaux, alvéoles ou terre-pleins servant d'entrepôts (baraques Toran, matériel de dragage hydrographique, rechanges divers, accus, groupes électrogènes, etc.).

On profita également de l'existence d'ateliers (notamment Atelier-Bois), la remise en route de certaines machines-outils ayant fourni un précieux appoint en maintes circonstances (par exemple confection de panneaux pour réparation des stations d'émission Toran détruites lors d'une tempête).

Enfin, grâce à l'étendue de la Base, il fut possible d'y implanter un certain nombre d'équipements radioélectri-

ques la transformant en un véritable Poste Central où se trouvaient groupés des émetteurs de radiolocalisation, une station de contrôle Toran et un ensemble émetteur-récepteur de radiocommunication de grande puissance pour la liaison directe avec les navires à grande distance.

De telles dispositions offraient de gros avantages pour la surveillance continue du fonctionnement des stations, la centralisation des informations, le déclenchement des opérations de dépannage. La situation excentrique de la Base relativement éloignée des postes à quai des navires de la Mission pouvait apparaître a priori comme un inconvénient sérieux. Ce ne fut pas le cas, compte tenu des dispositions qui furent prises pour maintenir le contact et grâce aussi, bien entendu, aux moyens en véhicules dont disposait la Mission.

1.3. Personnel

La Mission Hydrographique des Côtes de France (MHCF) a fonctionné du 1^{er} septembre 1966 au 1^{er} octobre 1968, sous la direction de l'Ingénieur Hydrographe en Chef de 2^{ème} Classe Peluchon. Les fonctions d'Ingénieur adjoint au Chef de Mission furent assurées pendant la même période, par l'Ingénieur Hydrographe Principal Milard.

Les Ingénieurs Hydrographes de 1^{ère} Classe Boulard et Habert ont effectué un stage à la Mission qui s'est terminé le 30 septembre 1966.

Ont fait partie également de la Mission :

L'Ingénieur Hydrographe Souquièrre à partir du 1^{er} juillet 1968 et l'Ingénieur Hydrographe Thouin du 1^{er} avril au 1^{er} novembre 1967.

Enfin pendant toute la durée de la Mission, on a bénéficié du concours très précieux de l'Ingénieur sur contrat de Kerpoisson. A signaler également que l'Ingénieur Hydrographe de réserve Jocquel a embarqué le 16 avril 1968.

Par ailleurs, les bâtiments ont été commandés par les Officiers nommés ci-après :

Bautemps-Baupré : Capitaine de Corvette Mane jusqu'au 27 octobre 1967, puis Capitaine de Frégate Danguy des Déserts jusqu'au 30 septembre 1968. Le commandement de ce bâtiment en attente de condamnation fut alors confié à titre provisoire au Lieutenant de Vaisseau Lafon.

Bir Hakeim : A son armement, le 20 avril 1967, Capitaine de Corvette Kerjean jusqu'au 19 août 1967 où le commandement est assuré par le Capitaine de Corvette Brusq. Le 7 septembre 1968, ce dernier est remplacé par le Capitaine de Corvette Roy.

Astrolabe : Officier des Equipages Madarn jusqu'au 28 juillet 1967, remplacé à cette date par l'officier des Equipages Nicolas.

Boussole : Officier des Equipage Guena jusqu'au 21 juillet 1967 ; remplacé à cette date par l'Officier des Equipages Le Buselier.

Alidade : Commandement assuré jusqu'au 18 mars 1967 par le Premier Maître Le Floch, remplacé à cette date par le Premier Maître Le Goff.

Le commandement de la base est assuré, à partir du 18 novembre 1966 par l'Officier des Equipages Redon.

En outre a été affecté à la base le 19 mars 1968, l'Aspirant de Réserve Rocher et ont effectué des stages, en mai 1968, l'Enseigne de Vaisseau de Réserve Muller et l'Aspirant de Réserve Raguenet de Saint Albin.

1.4. Les moyens Flottants.

La Mission Hydrographique des Côtes de France a disposé des moyens suivants :

— Le *Laperouse*, rentré de Madagascar à Cherbourg, puis à Brest en mai 1966. Il se révéla dès le début en trop mauvais état pour pouvoir effectuer un travail hydrographique correct : après d'assez longues tergiversations et en raison du coût beaucoup trop élevé d'une remise en état convenable et par suite du manque total de pièces de rechange, ce bâtiment a été mis en réserve spéciale B (prélude de la condamnation) le 9 février 1967.

— Le *Beautemps-Beaupré* (frère du *Laperouse* mais, semble-t-il moins usé) revenu de la côte d'Afrique en juillet 1965. Après un carénage important il fut affecté à la Mission et put dès le début de 1966, participer aux travaux hydrographiques : il devait poursuivre sa tâche encore deux ans, malgré des avaries de plus en plus nombreuses et de plus en plus graves toujours en raison du manque total de pièces de rechange (il fut retiré du service actif à la fin de l'année 1968).

Ses indisponibilités les plus importantes furent :

- Novembre — Décembre 1966 — Janvier 1967 (trois mois).
- 15 Novembre 1967 — 15 Février 1968 (trois mois).

Sans compter les avaries des moteurs principaux, du servo moteur de la barre et des groupes électrogènes, entraînant à chaque fois une indisponibilité de quelques jours.

— Le *Bir Hakeim* dragueur océanique (à coque en bois). Il a été affecté à la Mission des Côtes de France à partir du 1^{er} mai 1967. En réalité ce bâtiment réarmé après une longue période d'immobilisation a été sujet à de multiples avaries : entrée en service retardée du 1^{er} mai au 23 mai 1967, puis longue indisponibilité pour réparer de graves avaries du 23 juin au 17 juillet 1967.

Après ce début difficile, le *Bir Hakeim* a pu assurer dans des conditions correctes son travail (en dehors des carénages d'hiver).

— L'*Astrolabe* et la *Boussole*. Ils se sont révélés être les meilleurs soutiens de la Mission Hydrographique : malgré leur taille réduite et leur faible habitabilité, en raison de leur bonne tenue à la mer et de la robustesse de leurs équipements, ils ont pu fournir un travail considérable.

Mais, la *Boussole*, a quitté la Mission Hydrographique fin novembre 1967, pour subir un grand carénage avant son départ pour la Polynésie.

— L'*Alidade* : Elle a rendu de grands services malgré sa petite taille.

— L'*Octant* : Pour mémoire (En grand carénage pour changement de ses moteurs).

Mais à partir du 1^{er} avril 1967, ces deux bâtiments, *Alidade* et *Octant*, ont cessé d'appartenir à la Mission Hydrographique des Côtes de France.

Ce qui vient d'être dit fait apparaître que, en dehors d'une brève période s'étendant sur août et septembre 1967, la mission n'a pu disposer en fait au maximum que de trois bâtiments simultanément actifs.

— Les vedettes dont disposait la mission et dont le nombre a varié en fonction des bâtiments qui lui étaient

affectés, étaient du type déjà bien connu des vedettes hydrographiques de 8 m 30. Toutes étaient dans un état satisfaisant et, comme les travaux qui leur furent demandés étaient en général dans des lieux abrités, n'exigeant pas de mises à l'eau et des hissages fréquents, leur comportement fut sans histoire.

Nota :

Après le grand carénage de la *Boussole*, préalable à son envoi dans le Pacifique, on a pu constater l'amélioration apportée dans l'habitabilité (revêtements insonorisants, réduction des vibrations). Il fut décidé qu'un travail analogue serait effectué à bord de l'*Astrolabe*, à l'occasion de son prochain carénage.

CHAPITRE II

EQUIPEMENT

2.1. Les sondeurs.

La Mission disposait de sondeurs Kelvin Hughes MS26 dans les 3 gammes F, G et H. Ce matériel, de conception assez ancienne est robuste et fonctionne bien. Toutefois, lorsqu'il s'agit de sonder sur le rebord du plateau continental où la pente est forte, le sondeur MH26H ne donne pratiquement plus aucun écho. D'autres sondeurs ont donc été essayés. Le Deneb (sondeur Elac) installé sur la *Boussole* a donné des résultats très encourageants.

A bord du *Bir Hakeim*, le sondeur d'origine Edo ne pouvait être utilisé pour les travaux hydrographiques : ce sondeur très puissant fonctionne bien, mais les échelles de l'enregistrement rendent ceux-ci difficilement exploitables et, de plus, la vitesse du style n'est pas régulée avec précision. On installa donc sur ce navire deux sondeurs hydrographiques : pour les petits fonds un MS 26 F (sondeur utilisé sur les vedettes) qui donna d'excellents résultats ; pour les grands fonds un MS 26 G, (l'espace disponible entre les couples en bois de ce navire n'ayant pas permis l'installation des bases du sondeur MS 26 H). Ce sondeur s'est révélé pratiquement inutilisable, probablement parce que les bases se trouvaient placées dans le sillage du dôme du SONAR.

A bord de l'*Astrolabe*, le sondeur MS 26 H avait été modifié pour permettre la détection de balises acoustiques immergées (construites par Alcatel) : un dispositif de filtrage à commande sélective appliqué sur les signaux reçus permettait d'identifier chaque balise par sa fréquence propre. Les performances du sondeur s'en trouvaient malheureusement très amoindries. La DCAN de Brest modifia l'installation de manière à rendre au sondeur ses performances normales par manœuvre d'un interrupteur supprimant le dispositif de filtrage.

2.2. Les chaînes de radiolocalisation

La chaîne de radiolocalisation Rana, utilisée par la Mission Hydrographique des Côtes de France et d'Afrique du Nord depuis de longues années (1953, Mission de l'Ingénieur Hydrographe Lacombe*), fut condamnée définitivement le 17 février 1967.

2.2.1. Chaîne Toran 3 D

La Mission disposait donc en fait d'une chaîne Toran 3 D précédemment utilisée sur la Côte Occiden-

tale d'Afrique et qui avait été mise en place dans la région de Brest par le Chef de Mission précédent pendant l'hiver 1965-66.

Les caractéristiques des 3 réseaux, ainsi que les positions et les modalités d'étalonnage sont indiquées dans le rapport de l'Ingénieur en Chef Hydrographe Ortais(**).

Chaîne I — Ouessant (Pen ar Roc'h) — St Mathieu (Les Respects)

Chaîne II — Ouessant (Pen ar Roc'h) — Penhors

Chaîne III — Cap de la Chèvre — Penmarc'h (pointe de la Torche)

Cette chaîne, qui avait servi pour l'exécution du sondage en 1966, devait être conservée pour celle des sondages complémentaires, premier objectif de la Mission à la fin de 1966.

L'achèvement de ces sondages, prévu pour la fin novembre, ne put être réalisé et les travaux durent être poursuivis en décembre et janvier 1967, dans des conditions rendues souvent difficiles par suite du mauvais temps.

Le déplacement de la chaîne, ne put donc s'accomplir avant le 15 février 1967.

Pour effectuer les recalages on continua d'abord à utiliser une grosse bouée qui avait été mouillée par le Service des Phares et Balises. Puis cette bouée ayant été relevée le 8 novembre 1966 par le baliseur de Brest, la Mission étudia l'emploi de bouées plus légères, susceptibles d'être mouillées ou relevées par les bâtiments de la Mission. Ces bouées en matière plastique, dont quelques unes furent équipées de feux scintillants et de mires radarisables, achetées à la coopérative des pêcheurs de Brest, ont donné satisfaction.

Il convient de signaler que fut également essayé l'emploi d'une balise répondeuse mouillée sur le fond (juillet 1968). Mais le mouillage avait été effectué dans de mauvaises conditions (position imprécise) et les essais de repérage au moyen du sondeur MS 26 H de l'*Astrolabe* ne donnèrent aucun résultat.

Le premier déplacement de la chaîne Toran commença le 13 février 1967. Les nouveaux emplacements prévus avaient été déterminés de manière à permettre l'exécution des sondages dans la zone située au Sud du Finistère. Cette mise en place fut très retardée par les tempêtes qui rendirent impossible le transport du matériel d'abord de Ouessant vers le continent (1 station) puis de Lorient vers Belle-Ile (deux stations). Pendant la 2^{ème} quinzaine de février aucun transport ne fut en effet possible entre le continent et les Iles.

(*) *Annales Hydrographiques*, 4^e série, Tome 8 (1957) p. 1

(**) *Annales Hydrographiques*, 4^e série, Tome 17 (1971) p. 223

Pour comble alors que le matériel était enfin en place, le 12 mars 1967, un véritable ouragan causa des dommages considérables :

- 5 baraques soufflées.
- 3 antennes abattues.
- 1 émetteur gravement endommagé.

Il fallut ramener à Brest et Toulbroc'h les matériels avariés afin de les réparer ou les remplacer par les rechanges dont disposait la Mission. En fait, la chaîne ne fut en place, prête à fonctionner, que le 29 avril : les réseaux étaient les suivants :

- I Pointe du Raz — Lesconil (1990 Khz)
- II Pen March — Belle-Ile (Vieux Château — les Poulains) (1975 Khz)
- III Plouharnel — Belle-Ile (Her Hastellic) (1922 Khz)

Une station centrale composée d'un récepteur de compensation et 3 émetteurs de référence avait été installée à Bec Marc'h, mais pour améliorer le fonctionnement du réseau I, un émetteur de référence, dissocié des 2 autres, dut être disposé à la pointe de la Torche.

Tout l'ensemble de la chaîne était alimenté sur le réseau de l'E.D.F. ce qui permettait un fonctionnement continu beaucoup plus sûr.

Au cours de l'été il fut procédé à différentes expériences ayant pour but de faire mieux connaître l'influence sur le fonctionnement de la chaîne de certaines conditions d'installation.

— essais permettant d'apprécier l'influence d'une charpente métallique placée à proximité d'une antenne foyer. Les expériences réalisées à Penmarc'h n'ont mis en évidence que des déphasages très faibles.

— essais d'une antenne légère Lerc (Spirglass 813) dont l'utilisation facilite l'installation d'un émetteur Toran III D sur un phare ou un sémaphore. Une telle antenne apparaît comme étant difficile à immobiliser par vent fort.

Après l'achèvement des sondages de la zone située au Sud du Finistère, la chaîne Toran 3 D fut déplacée afin de permettre le levé d'une zone située au Nord de celle sondée en 1965 et 1966. Les emplacements ayant été choisis à l'avance et triangulés avec soin, le mouvement commencé dès la fin de novembre 1967 fut poursuivi en décembre et achevé en janvier 1968.

La disposition prévue pour la chaîne était alors la suivante :

- Réseau rouge : Kerlouan — Foshuel
- Réseau bleu : Kelerdut — Coumoudoc
- Réseau vert : Rospects — Trépassés

La station de contrôle commune (compensation — référence) aux 3 réseaux devait se trouver à Toulbroc'h.

Malheureusement par suite d'interférences entre la station Toran des Rospects et la Station d'émission Radio-Maritime du Conquet, la réception des signaux Loran se trouvait brouillée à Porspoder. On essaya d'abord de réduire le brouillage constaté à Porspoder au moyen d'un filtre de rejection sur 1990 Khz : le résultat constaté n'ayant pas été satisfaisant, il fallut adopter pour le réseau rouge une fréquence nouvelle, initialement prévue pour la chaîne 3 G (voir § 2.2.2.).

Ce n'est qu'après de longs essais qui durèrent jusqu'au 15 mars 1968 qu'il fut enfin possible de trouver une solution, évitant tout déplacement des foyers ce qui eut posé des problèmes, difficilement résolubles à brève échéance : la solution réalisée a été la suivante :

- Réseau Nord (rouge) : Kerlouan — Foshuel 1755 Khz
référence : 1655 Khz à Kerdalaes (Fort Mengam).
- Réseau Centre (bleu) : Kelerdut — Coumoudoc — 1714,5 Khz référence : 1922 Khz — Toulbroc'h
- Réseau Sud (vert) : Rospects — Trépassés — 1735 Khz
référence : 1990 Khz — Toulbroc'h

2.2.2. Chaîne Toran 3 G.

La Mission Hydrographique des Côtes de France fut d'autre part équipée d'une chaîne Toran 3 G à grande portée (essais de recette effectués chez le constructeur, la Sercel à Nantes en mars 1968). Comme des émetteurs devaient être installés en Irlande et en Angleterre, dès le début de mars l'Ingénieur Hydrographe Milard fut envoyé en mission dans ces deux pays pour étudier avec les autorités intéressées les modalités d'installation. Le matériel une fois livré à Toulbroc'h, la Mission commença l'implantation des stations situées en France, en même temps qu'était recensé et mis au point le matériel (baraques, câbles de liaison, fonctionnement des récepteurs etc.).

Une fois installées en France ces stations émettrices de la chaîne 3 G, furent mises en fonctionnement et il fut procédé (du 16 au 20 juillet) à des étalonnages par visées simultanées sur l'*Astrolabe* à partir de postes d'observation mis en place tout le long de la côte : Ile de Batz — Phare de Pontusval — Ile Vierge — Pointe de Landunevez — Phare du Stiff à Ouessant — Molène — Saint-Mathieu — Pointe de Penhir — Ile de Sein — Pointe du Raz — Clocher de Plouhinec — Phare d'Eckmühl ; on disposa dès lors de 4 couples de stations formant un réseau couvrant l'ensemble de la zone à sonder :

- (3 D) Les Rospects — Trépassés — 1735 Khz
référence Toulbroc'h — 1990 Khz
- (3 G) Kelerdut — Coumoudoc — 1714,5 Khz
référence — Toulbroc'h — 1851 Khz
- (3 G) La chèvre — La Torche — 1788 Khz
référence — Kerdalaes — 1922 Khz
- (3 G) Kerlouan — Tronden — 1902 Khz
référence — Toulbroc'h — 1655 Khz

Nota : Une station de référence avait été installée à Kerdalaes afin de réduire les interférences et intermodulations avec les stations Toran 3 G qui installées dans l'enceinte de Toulbroc'h devaient servir plus tard comme stations de référence des réseaux prévus pour couvrir la zone du large.

La disposition finale de la chaîne 3 G était la suivante :

1. Irlande — Angleterre.

- Foyers — Browhead — Woolpack Point (Scilly) — 1977,5 Khz
référence — Gunwalloe (Cornouailles) — 1823,5 Khz

2. Angleterre — France

Foyers — Blackhead (Cornouilles) — Kelerdut —	1760,5 Khz
référence — Mengam (Kerdalaes) —	1735 Khz

3. France

Foyers — Kerlouan — Tronden —	1902 Khz
référence — Toulbroc'h —	1625 Khz

La station de référence de Toulbroc'h était aussi la station pilote assurant la télécommande, réseau par réseau, du dispositif de levé d'ambiguïté sur les fréquences L A 1 = 1690,5 Khz et L A 2 = 1893,5 Khz.

Ont également été essayées, sur la puissance 300 watts les fréquences suivantes :

1700 Khz (initialement prévue)
1665,5 Khz

qui pourraient être éventuellement, utilisées, en cas de difficultés. Tous les quartz sur les fréquences précédemment indiquées (sauf la dernière) furent approvisionnés.

Remarque

L'expérience a montré qu'en mettant en place sur les 2 foyers d'un même réseau des quartz identiques, donc de même fréquence nominale, il était possible d'obtenir un réglage correct et stable, maintenant le battement recherché à 80 Hz, entre les fréquences émises (réglage facilité par l'emploi d'un fréquence-mètre). Cette expérience a permis la permutation des fréquences foyers et références utilisées jusqu'ici, par l'emploi des quartz existant en rechange, sans attendre l'envoi de quartz taillés aux fréquences nominales + 80 Hz, opération exigeant un délai susceptible de retarder la mise en route de la chaîne Toran.

2.2.3. Installations de bord

Les installations de bord ont en général bien fonctionné à part quelques avaries de courte durée, faciles à réparer.

Dès novembre 1966, sur la *Boussole*, pour faciliter l'identification des hyperboles, on avait monté sur les récepteurs Toran, 2 enregistreurs Rana, qui, bien qu'en médiocre état, ont rendu d'excellents services. Mais, il faut reconnaître qu'en raison de leur usure, ces enregistreurs étaient d'un fonctionnement peu sûr.

A la fin de juillet 1967, la Mission disposa de phase-mètres au 1/100^e équipés de potentiomètres permettant leur branchement sur enregistreurs ENR 3 fournis par la Sercel. Ce matériel installé sur l'*Astrolabe* permit d'obtenir des résultats intéressants, malgré certains défauts de fonctionnement dus à la fragilité de l'équipement. Durant l'hiver 1967-68, le *Beautemps-Beaupré*, le *Bir-Hakeim*, l'*Astrolabe* furent équipés de récepteurs transistorisés munis d'enregistreurs ENR 3. Malheureusement les vitesses de déroulement restèrent mal adaptées, l'une étant trop rapide (consommation de papier prohibitive), l'autre trop lente (impossibilité de lire les enregistrements).

Par ailleurs une amélioration notable du fonctionnement des récepteurs de bord a pu être obtenue en remplaçant les convertisseurs tournants des anciens récepteurs par des alimentations statiques (*Beautemps-Beaupré*, *Boussole*, *Astrolabe* et *Bir-Hakeim* étant dotés de récepteurs transistorisés).

2.2.4. Liaisons radio

Entre les stations à terre, elles furent assurées, comme au cours de la Mission précédente par téléphone hertzien et, avec les bâtiments à la mer, par un émetteur récepteur en ondes hectométriques.

Lorsque la chaîne Toran fut disposée pour les sondages au Sud du Finistère, le téléphone hertzien fut en particulier utilisé pour assurer la liaison avec le réseau téléphonique de la Marine par la pointe du Talut à Lorient. Les liaisons avec les navires furent améliorées grâce à l'utilisation de postes 543, plus puissants que les postes TCS.

A la fin de 1967, un poste TRT, 400 watts fut installé à Toulbroc'h, sur une ancienne antenne Rana de 15 mètres, fonctionnant sur 4255 Khz, il permit d'établir avec les navires des liaisons à grande distance dans des conditions satisfaisantes.

2.2.5. Conditions d'exploitation des équipements de radio-localisation

En dépit de quelques avaries, la plupart de courte durée, le fonctionnement de la chaîne Toran 3 D a été généralement excellent. C'est ainsi qu'en avril et mai 1968 certains navires ont pu opérer à des distances de 150 milles de certains émetteurs. Ces résultats témoignent aussi de la qualité des efforts déployés par le personnel spécialisé qui assurait sans relâche, l'entretien des équipements.

Cet effort apparaîtra encore plus méritoire si l'on veut bien remarquer que pendant la durée de la Mission (octobre 1966 à octobre 1968), il a fallu procéder à deux déménagements complets de la chaîne 3 D et à l'installation nouvelle de la chaîne 3 G. Ces déplacements imposent l'exécution de nombreuses opérations qui s'enchaînent les unes aux autres : Recherche et étude des lieux convenables pour les stations d'émission et de contrôle, obtention des autorisations d'installation, aménagement des accès, obtention de l'alimentation électrique (EDF), transport du matériel avec les servitudes qu'il comporte (camions, conducteurs poids lourds, traversées entre îles et continent souvent très gênées par le mauvais temps imposant des délais de 8 ou même 15 jours) installation des stations, études des possibilités de brouillage par des émetteurs voisins, remède à apporter à ces brouillages, déplacements éventuels de stations de contrôle, étalonnage de la chaîne au moyen de nombreuses stations de radioguidage et enfin, calculs des positions géodésiques et des nappes des réseaux d'hyperboles.

Ainsi chaque déménagement impose des délais relativement importants, qu'il faut coordonner avec les disponibilités des bâtiments et l'exécution des autres travaux.

Il convient de ne pas oublier les destructions causées par des tempêtes d'une violence exceptionnelle (telle celle de mars 1967), qui ont entraîné des avaries qu'il a fallu réparer à Brest (arsenal) et à Toulbroc'h imposant encore de gros efforts et entraînant des délais complémentaires.

2.3. Les marégraphes

En octobre 1966, la Mission a trouvé quatre marégraphes en fonction à Lampaul (Ouessant), Camaret, Audierne et Port Tudy (Groix), (ce dernier installé par la M.H.D.) : sans compter celui de l'OCI de Brest, fonctionnant dans la Penfeld.

2.3.1. Lampaul

Le marégraphe de Lampaul a dû être visité et nettoyé à plusieurs reprises ; emporté par la mer au cours d'une tempête dans la nuit du 31 octobre au 1^{er} novembre 1967, il a été repêché par plongeurs et ramené à Brest pour réparation. En février 1968 il a été remplacé par un marégraphe OTT R 20 à bande perforée : dès le 17 mars ce dernier tomba en panne et fut remplacé par un marégraphe OTT R 16 à tambour. Ce dernier marégraphe fut à son tour arraché à la suite d'un abordage par une vedette. En changeant un élément de tube brisé, on découvrit alors une cause nouvelle de mauvais fonctionnement, en l'espèce une très grosse bernique (mollusque à coquille) qui obturait en partie le tube ! On remit en place un marégraphe à perforation OTT R 20, doté d'un nouvel ensemble codeur et d'une nouvelle matrice de perforation, avec poulie magasin pour le ruban support du flotteur (31 août 1968) : depuis lors le marégraphe a semblé fonctionner correctement. Par ailleurs l'échelle de marée de Lampaul, arrachée par la mer, lors d'une tempête a dû être remplacée et scellée en janvier-février 1966.

2.3.2. Audierne

Le marégraphe d'Audierne, posé par la Mission Hydrographique des Côtes de France au début de la campagne de 1966, a été démonté et enlevé à la fin d'octobre 1966 et n'a pas été remplacé.

2.3.3. Camaret

Le marégraphe de Camaret, monté sur un échafaudage, menaçait ruine. Un puits existait à l'extrémité du quai : entente fut prise avec le service local des Ponts et Chaussées pour déblayer et approfondir ce puits. En septembre, on put y installer un marégraphe OTT R 20. En octobre, était retiré le marégraphe Brillié installé sur échafaudage. Une échelle avait été fixée à proximité du puits en mai 1977.

2.3.4. Port Tudy

Le marégraphe de Port Tudy, installé par la Mission Hydrographique de Dragage était un marégraphe por-

taf américain. Par les soins du Service des Ponts et Chaussées un puits et un abri furent aménagés et une échelle scellée à l'intérieur de la jetée du port : dès la fin de juillet 1967, y furent installés deux marégraphes OTT qui, en octobre, furent remplacés par un marégraphe OTT R 20 à ruban perforé (avec bobine magasin du ruban porte flotteur).

2.3.5. Brest

La Mission compléta l'équipement de l'observatoire situé à l'entrée de la Penfeld en montant sur le puits un 2^e marégraphe. Ce marégraphe, un OTT R 20 à ruban perforé, a été assez long à mettre au point : bien surveillé par un personnel compétent, son fonctionnement est devenu satisfaisant.

2.3.6. Remarques sur l'utilisation des marégraphes OTT R 20 à ruban perforé

Un contrôle suivi et minutieux du fonctionnement de ces appareils a permis d'observer des défauts que l'on a cherché à supprimer.

a) ruban support du flotteur : ce ruban passe sur la poulie calibrée entraînant le dispositif de codage digital des hauteurs. Initialement un contrepoids plongeant dans le puits équilibrait le poids du flotteur. Il est apparu que le brin côté contrepoids entraînait parfois, dans sa remontée, de l'eau de mer et des sa-lissures qui, se déposant sur la poulie, entraînaient à la longue sa corrosion et un dépôt modifiant son diamètre. D'où glissement du ruban hors des picots d'entraînement portés par la poulie.

On a remédié à ce défaut en enroulant le ruban sur une bobine magasin, l'enroulement était assuré par l'effet d'un poids suspendu à un fil enroulé sur une poulie de même axe que la poulie calibrée.

b) système de perforation du ruban. De nombreux essais ont permis de dégager les avantages et inconvénients des solutions étudiées :

— l'emploi d'un dispositif assurant la perforation simultanée des trous d'entraînement du ruban et des trous significatifs semble a priori préférable à l'emploi d'une bande perforée susceptible de déformation et glissement par mauvais accrochage.

— cependant ce dispositif condamne l'usage de bande plastique dont la perforation devient vite difficile par l'usure du tranchant des poinçons, par l'insuffisance de la vitesse de percussion (pile usée, grip-page des glissières).

L'emploi du ruban papier, par contre, présente l'inconvénient de produire des "confettis" qui peuvent par leur accumulation bloquer le défilement de la bande ou s'ils ne se détachent qu'imparfaitement, laisser les trous presque obturés et empêcher ainsi la lecture automatique (électrique ou optique) au moment du dépouillement.

— Si l'on utilise une bande non préalablement perforée, certaines difficultés apparaissent au démarrage lorsque l'entraînement se fait sur une partie vierge de la bande.

En définitive, en prenant les dispositions indiquées, et moyennant quelques précautions, l'emploi systématique des marégraphes OTT R 20 apparaît intéressant compte tenu des avantages suivants :

- fonctionnement satisfaisant du mouvement d'horlogerie.
- fixité du calage en hauteur.
- précision et sensibilité de la mesure (1 cm).
- avantages offerts pour le dépouillement automatisé.

2.4. Les courantographes

La Mission disposait de courantographes Mécaboliér à enregistrement photographique.

Au cours de leur utilisation intensive, quelques uns ont été perdus :

— Un appareil, mouillé sur une bouée, et parti à la dérive, près de l'île Longue en rade Brest, a pu être retrouvé échoué et remis en état.

— En mars 1967 deux courantographes Mécaboliér ont été perdus par rupture de l'émerillon de suspension. Il a fallu réaliser pour les autres une suspension de fortune, en attendant une amélioration du système de suspension.

Un autre courantographe a disparu en mai 1967, probablement dragué par un chalutier.

Ces pertes apparaissent en fait relativement faibles. On le doit certainement, à l'expérience acquise par les équipes chargées du mouillage des appareils.

Le reproche principal fait au courantographe Mécaboliér concerne le mouvement d'horlogerie ainsi que les contacts électriques d'allumage commandés par ce mouvement. Ces contacts se détériorent à l'usage ce qui nuit à la fiabilité de l'appareil. Pour remédier à ce défaut le système de contact fut remplacé par un dispositif transistorisé qui donna satisfaction.

Une nouvelle horloge, à impulsions d'éclairage plus courtes, a donné satisfaction, à condition, de remplacer l'ampoule de 12 volts par une ampoule de 6 volts.

Les courbes de déviation magnétique, très différentes d'un appareil à l'autre, semblent très stables dans le temps.

2.5. Balise acoustique répondeuse (Alcatel)

Une balise de ce type (SH.1) a été mouillée pour essai, en 1968, par fond d'une centaine de mètres. Le mouillage a été effectué dans d'assez mauvaises conditions, de sorte que sa position n'était pas connue avec précision : on avait cependant pris soin de munir cette balise d'un long trainard (1500 mètres d'un câble coaxial usagé, gracieusement fourni par la direction locale des Câbles Sous-Marins).

Cette balise devait répondre sur la fréquence 12 Khz, mais il semblerait que le déclenchement fut prévu sur

10 Khz et 15 Khz. Toujours est-il que, sans qu'il soit possible d'affirmer que la balise ne fut pas en état de marche, il a été impossible d'obtenir une réponse tant sur l'émission du sondeur Edo (12 Khz) que sur l'émission réalisée par le sondeur MS 26 H, modifié Alcatel, installé à bord de l'*Astrolabe*.

2.6. Gravimètre marin Askania

Ce gravimètre se trouvait à Cherbourg, et il avait été envisagé de l'installer à bord du *Laperouse*. Mais après la grave avarie de moteur qui conduisit à décider le passage de ce bâtiment en Réserve Spéciale B, il ne pouvait plus en être question. On renonça aussi à l'installer à bord du *Beautemps-Beaupré* dont la condamnation était prévue à trop brève échéance. Le gravimètre resta donc inutilisé.

2.7. Hydrodist

Cet appareil de radiolocalisation, dérivé du "Tellurometer", permet de déterminer la distance du bâtiment à la mer, à deux points fixes à terre. Il fut essayé du 24 au 27 juillet 1967, à bord de la *Boussole*, après une mise au point assez longue effectuée par le représentant du constructeur. Les deux antennes doubles de l'appareil embarqué avaient été disposées sur la passerelle supérieure et la portée atteinte a été de 38 kilomètres. Pour augmenter cette portée, il faudrait augmenter la hauteur des antennes mais il est difficile de mettre les antennes en tête de mât en raison de la longueur limitée de la ligne reliant l'antenne au "master" (une longueur trop importante entraîne un affaiblissement des signaux émis). L'appareil a été également essayé les 8 et 9 septembre sur une embarcation en rade de Brest.

Il a été aussi utilisé avec succès lors d'une mission effectuée ultérieurement à bord de la plate-forme oscillante de l'entreprise de Recherche et Activité Pétrolière (ERAP), dans le Golfe de Gascogne, devant la Côte des Landes.

2.8. Matériels utilisés par la mission et provenant d'organismes étrangers à la marine

2.8.1. Magnétomètre "Varian" de l'Institut de Physique du Globe (IPG)

Cet instrument, installé à bord du *Beautemps-Beaupré* a permis de recueillir des enregistrements magnétiques sur les profils sondés par ce navire. (Un enregistrement de référence en un point fixe était recueilli simultanément à Toulbroc'h en utilisant comme enregistreur le millivoltmètre du GEK).

Des essais systématiques utilisant un bathygraphe prêté par le Groupe d'Etude de la Guerre des Mines (GEGM) ont permis d'étudier l'influence des condi-

tions de remorquage sur l'immersion de la sonde magnétique. Lors du dépouillement et de la réduction des observations recueillies au cours de la campagne, 3 épaves gisant par des fonds de 110 à 138 mètres ont été découvertes. L'exploration systématique d'une épave déjà connue, celle du "Magdebourg" a permis d'obtenir d'utiles informations sur la signature magnétique d'une telle épave. A été également étudiée systématiquement l'influence du navire remorqueur sur la valeur du champ mesuré (effet de cap et distance sonde-remorqueur).

2.8.2. *Drague Rallier du Baty*

De nombreux échantillons du fond ont été recueillis à bord du *Bir-Hakeim*. Les positions des prélèvements de fond ont été déterminées au moyen des hyperboles Toran. Une équipe de géologues du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a participé à la collecte et les échantillons recueillis ont été expédiés au laboratoire du BRGM à Orléans.

2.8.3. *Sparker Edgerton*

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) fournit un Sparker qui installé sur le *Bir-Hakeim* (Installation d'un transformateur d'alimentation spécial 440-110 volts) fut utilisé pendant les 2 campagnes d'été pour recueillir des mesures sur de nombreux profils.

Le Groupe d'Etude de la Guerre des Mines (GEGM) souhaitant profiter de ces mesures pour étudier les corrélations existant entre les propriétés acoustiques du fond et sa structure géologique fit embarquer sur le *Bir-Hakeim* en 1968 un équipement acoustique qui devait fonctionner en même temps que le Sparker. En fait, le brouillage produit par le bruiteur acoustique sur l'enregistrement Sparker était tel que les 2 appareils ne pouvaient être utilisés simultanément. Les essais d'ailleurs difficiles — le poids de plus d'une tonne du bruiteur rendait sa manœuvre délicate — et qui obligeait à réduire la vitesse à moins de 6 nœuds durent être assez rapidement abandonnés.

CHAPITRE III

TRAVAUX EFFECTUES

3.1. Généralités

D'octobre 1966 à octobre 1968, la Mission Hydrographique des Côtes de France a dû effectuer trois sortes de travaux, à peu près concurremment :

a) Sondages sur le plateau continental jusqu'au talus du plateau et au-delà, par profils d'autant plus serrés que des accidents du fond se manifestaient, afin d'obtenir une topographie aussi exacte et précise que possible de la surface de ce plateau (en continuant bien entendu les travaux antérieurs).

b) Détermination de la nature du fond par dragages des sédiments et par analyse de la couche sous-jacente au moyen d'appareils acoustiques (Sparker Edgerton et Boomer), travaux effectués en coordination avec le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et en liaison avec le Groupe d'Etudes de la Guerre des Mines (GEGM). En outre, relevé de profils magnétiques en coordination avec l'Institut de Physique du Globe (IPG).

c) Sondages et dragages hydrographiques de zones particulièrement importantes en rade de Brest, en liaison avec les Ponts et Chaussées et les Travaux Maritimes, éventuellement, ces derniers travaux étaient effectués par les vedettes de la Mission.

Il convient de rappeler qu'une fraction relativement importante de l'activité de la Mission a dû être consacrée aux deux déménagements et implantations de la chaîne de radiolocalisation Toran 3 D, à l'implantation de la chaîne de radiolocalisation Toran 3 G, et à la mise en route de ces chaînes, ce qui implique :

- l'étude des brouillages entre stations (cas des stations proches et puissantes du Conquet (Station Radiomaritime) et de Porspoder (émetteur Loran)), des essais de fréquences et d'emploi de filtres.

- les déterminations des positions géodésiques des antennes.

- l'étalonnage des réseaux. Le calcul des réseaux et l'établissement des cartes furent assurés par le Service Central Hydrographique.

3.2. Sondages du large

Au cours du dernier trimestre de 1966, la Mission poursuivait le travail de levé des bancs du large commencé sous la direction de l'Ingénieur Hydrographe en Chef Ortais, en sondant suivant des profils intercalaires au-dessus des bancs (Banc Kaiser, Banc Nicolas,

Banc Mouchez) et en comblant quelques lacunes dans le levé de 1965 dans le Sud-Ouest d'Ouessant.

Le *Beautemps-Beaupré* étant tombé en avarie, l'*Astrolabe* et la *Boussole* continuèrent seules ce travail rendu difficile en raison de la brièveté des profils à parcourir et du fait que les profils à suivre ne correspondaient pas aux profils qui avaient été suivis lors du levé original par suite d'un changement intervenu dans le réseau de localisation.

La recherche des hauts-fonds sur le Banc Mouchez avait été confiée à la *Boussole* à bord de laquelle l'utilisation d'enregistreurs Rana reliés au récepteur Toran permettait une localisation plus sûre en facilitant le repérage de sauts d'hyperboles éventuels.

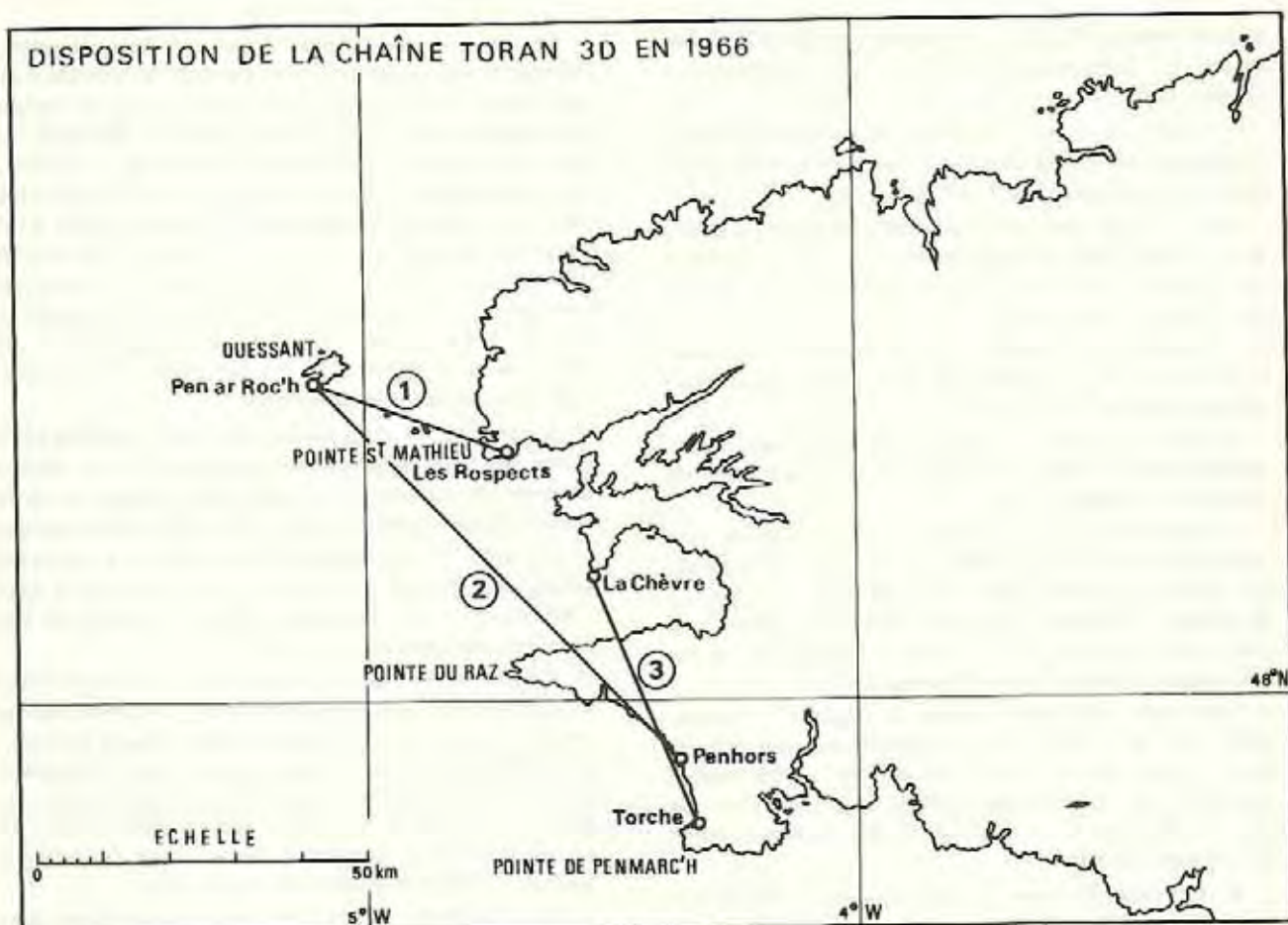
Il ne fut cependant pas possible d'achever ce travail avant la fin de l'année, du fait de circonstances défavorables : condition du temps et de mer (gros temps, tempêtes, orages ayant troublé le fonctionnement du Toran), entretien et carénage des bâtiments. Il fallut donc attendre jusqu'au 15 février 1967 pour entreprendre le déplacement de la chaîne Toran. Le travail avait pu cependant être préparé : choix des emplacements, détermination des positions géodésiques des émetteurs et des stations de contrôle, aménagement des accès, alimentation des stations émettrices à partir du réseau EDF.

Le transport des stations dura du 13 février au 4 mars : les opérations furent souvent difficiles : en raison du mauvais temps continu : bien que démontée dès le 15 février la station d'Ouessant ne put être ramenée sur le continent par la *Boussole* que le 2 mars et le transport de Lorient à Belle-Ile ne put être réalisé que grâce au concours d'un Edic de la force amphibie qui assura le transport des matériels des stations du Vieux Château et de Her Hastelic. La mise en place à Beg Morc'h de la station de contrôle ramenée du Menez-Hom fut retardée de plusieurs jours, le chemin d'accès étant trop détrempé pour permettre le passage des camions.

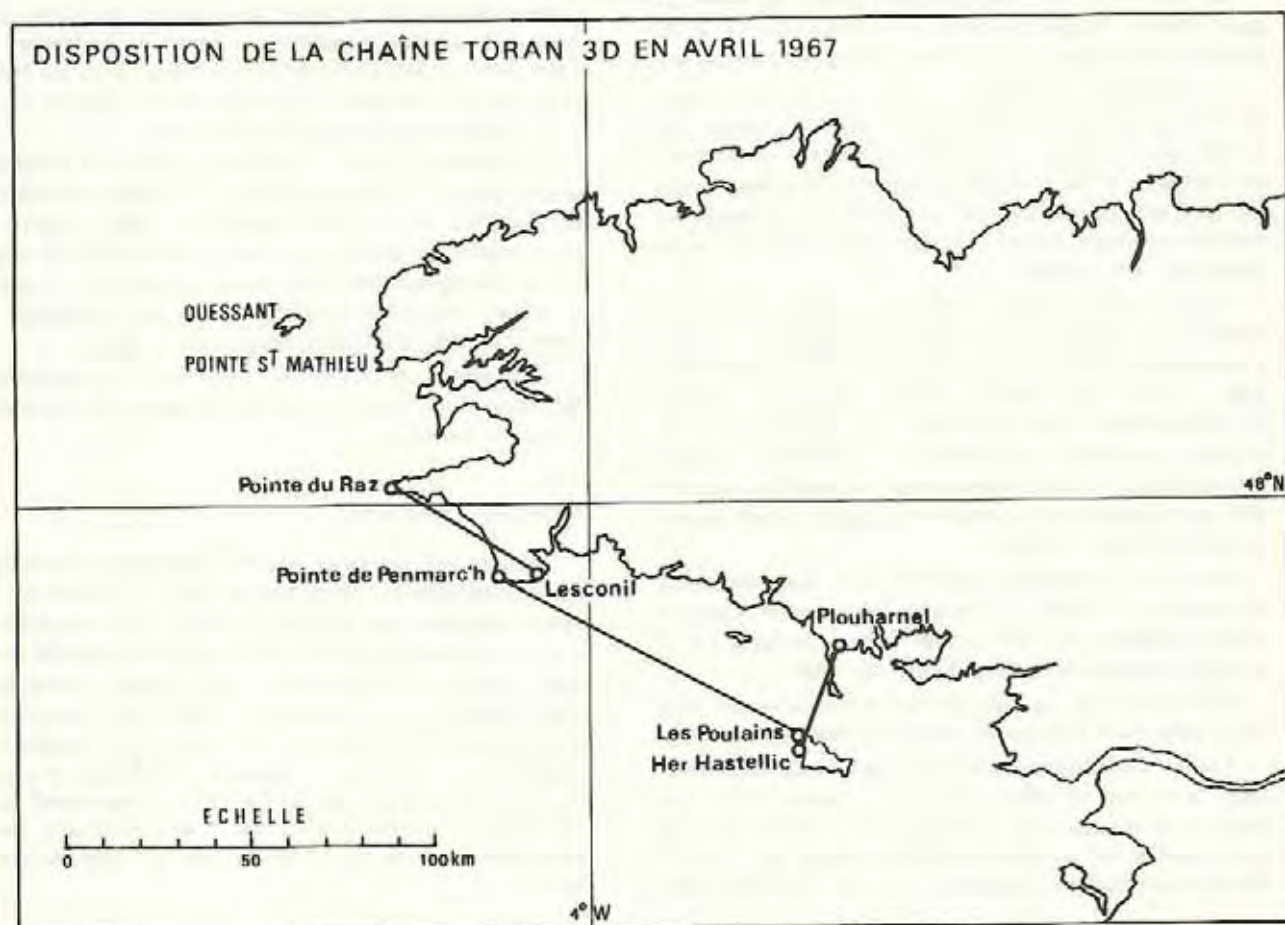
Les installations étaient à peine terminées que survint une tempête d'une exceptionnelle violence (le 12 mars 1967) : 5 baraques furent soufflées, trois antennes abattues, un émetteur gravement endommagé.

Un retard considérable fut ainsi apporté au démarrage de la chaîne qui ne put entrer en activité que le 29 avril.

Les bâtiments, disponibles depuis le 15 mars, *Beautemps-Beaupré*, *Astrolabe* et *Boussole*, consacrèrent leurs activités à des expériences de mouillage de bouées



PL. 1.



PL. 2.

légères (recalage Toran), à des mesures océanographiques (courants — bathymétrie) et à la lutte antipollution (*Torrey Canyon*).

A partir du 2 mai, le travail de sondage fut mené rondement par les 3 bâtiments, les profils suivis étant des hyperboles du réseau II (cf. § 2.2.1).

Vers le large, des profils intercalaires étaient ajoutés, afin de garder une densité homogène sur toute l'étendue du plateau continental, soit à peu près un profil de sonde tous les 500 mètres.

Le temps resta, dans l'ensemble assez favorable, à part 5 ou 6 coups de vent du secteur Ouest assez violents mais de courte durée.

Le fond sur toute la zone sondée s'est révélé parfaitement plat et régulier, rendant inutile l'exécution de recherches de hauts-fonds.

L'étalonnage de la chaîne Toran fut obtenu par exploitation des visées faites sur la *Boussole* à partir, de stations à terre situées sur Belle-Ile, Groix, Les Birvideaux, Penfret, Lesconil, Penmarch, Pointe du Raz, entre le 30 mai et le 2 juillet. Les calculs ont été effectués au Service Central Hydrographique.

Une autre série de visées sur la *Boussole* fut effectuée plus tard pour vérifier l'étalonnage qui eût pu être modifié du fait de l'érection par la Compagnie Générale de Géophysique (CGG) d'une antenne de 32 mètres à moins de 300 mètres de l'émetteur Toran de la Pointe de Raz.

Il fut procédé aussi à l'étalonnage de l'Hydrodist installé à bord de la *Boussole*.

Au cours de l'été, les sondages furent interrompus pour chaque navire pendant une durée de 15 à 20 jours correspondant à leur indisponibilité pour entretien.

En septembre, l'*Astrolabe* se vit confier des travaux de sondage en rade de Brest, tandis que la *Boussole*, impropre aux sondages sur le talus du plateau continental se consacrait à des mesures de courants. Le *Beautemps-Beaupré* qui poursuivait de son côté les sondages fut malheureusement arrêté (courant septembre) par suite d'une avarie de moteur.

Il fallut donc sonder encore en octobre, malgré un temps plus incertain puis en novembre, avant de songer à déplacer la chaîne Toran. Cependant, le 15 novembre 1967, date de début d'une nouvelle période d'indisponibilité des bâtiments, les sondages sur le plateau continental pouvaient être considérés comme terminés. Sur le talus continental les résultats avaient été assez décevants, les échos sur la pente n'étant perçus que relativement rarement.

Dès le 16 novembre, commençait le déménagement de la chaîne Toran 3 D vers les emplacements prévus pour permettre en 1968 la reprise des sondages sur la zone jouxtant au Nord celle du levé de 1966.

On profite de ce déplacement pour effectuer une visite générale et une remise en état du matériel.

Toutes les stations étaient en place le 20 décembre. Leur alimentation électrique par le réseau EDF fut réalisée qu'au cours du mois de janvier 1968. Il fallut alors étudier les phénomènes de brouillage des stations Radio maritime du Conquet et Loran de Porspoder.

Le mois de février tout entier dut être consacré à l'étude de ces problèmes. Une solution acceptable pour tous ayant enfin été trouvée les sondages réguliers purent commencer le 11 mars. A cette date la "*Boussole*" ne faisait plus partie des moyens flottants de la Mission : destinée au Pacifique elle subissait alors un grand carénage à Cherbourg. Le *Beautemps-Beaupré*, quant à lui, voyait ses avaries se multiplier, entraînant des périodes d'immobilisation de plus en plus longues. En février, des sondages et des mesures de courant ont été effectués en rade de Brest et dans le goulet puis les bâtiments ont participé aux essais de la chaîne Toran 3 D dans la mesure où le temps le permettait.

A partir du 11 mars les sondages ont progressé à une allure régulière, interrompus cependant par de courtes périodes de mauvais temps assez nombreuses, les conditions météorologiques ayant été plutôt défavorables.

En avril, le *Bir-Hakeim* a participé aux sondages, tandis que, durant la deuxième quinzaine de ce mois l'*Astrolabe* et le *Beautemps-Beaupré* étaient de leur côté indisponibles, pour entretien.

A partir du 15 mai, les conditions de temps ont été en moyenne assez favorables et la sonde a progressé régulièrement. Ce fut surtout l'*Astrolabe* qui assura le travail. Le rendement du *Beautemps-Beaupré* resta acceptable malgré de nombreuses avaries, le bord parvenant à en assurer lui-même la réparation, au prix d'un dur travail. Le *Bir-Hakeim* se consacrait durant cette période aux travaux d'océanographie et de géophysique.

Les bâtiments furent tous trois indisponibles pour entretien pendant la 2^{ème} quinzaine de juillet. Il fallut ensuite assurer le transport des stations du Toran 3 G vers l'Angleterre (Penzance — Scilly — Devonport — Falmouth) et vers l'Irlande (Brow Head). Il fallut également assurer les essais et l'étalonnage de la chaîne Toran 3 G : ce fut l'*Astrolabe* qui en fut chargée.

Les sondages étaient cependant poursuivis selon des profils axés suivant les hyperboles du réseau Kelerdut — Coumoudoc. A la fin de septembre 1968 la partie la plus proche de terre étaient sondée au 50 000 au large, où la divergence des hyperboles s'accroissait, il restait à sonder des profils intermédiaires pour respecter la norme imposée d'un profil tous les 500 mètres.

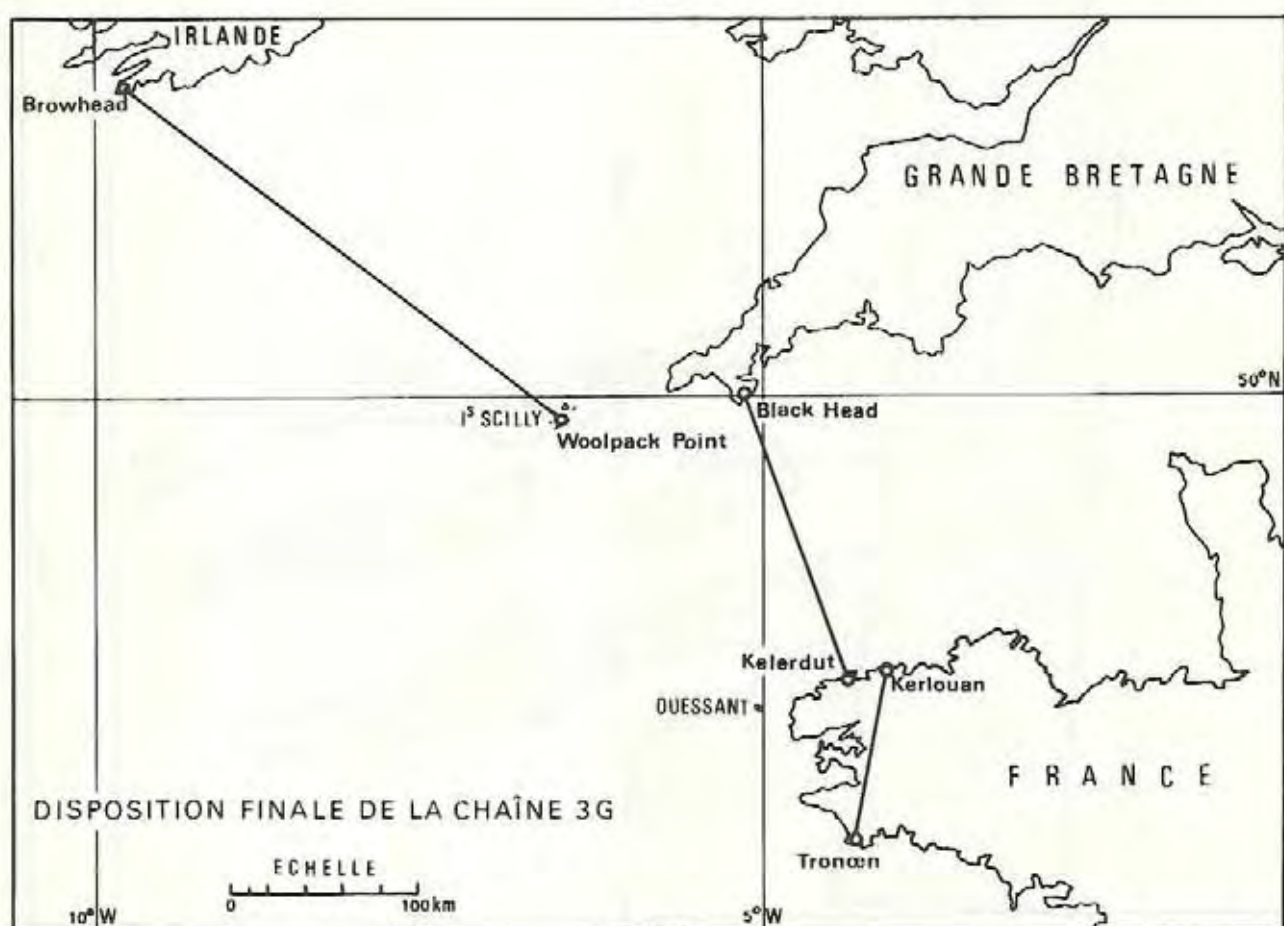
Restaient à entreprendre, également, les recherches de hauts-fonds dans les zones localisées sur les bancs (Castor — Parsons...).

Remarque importante

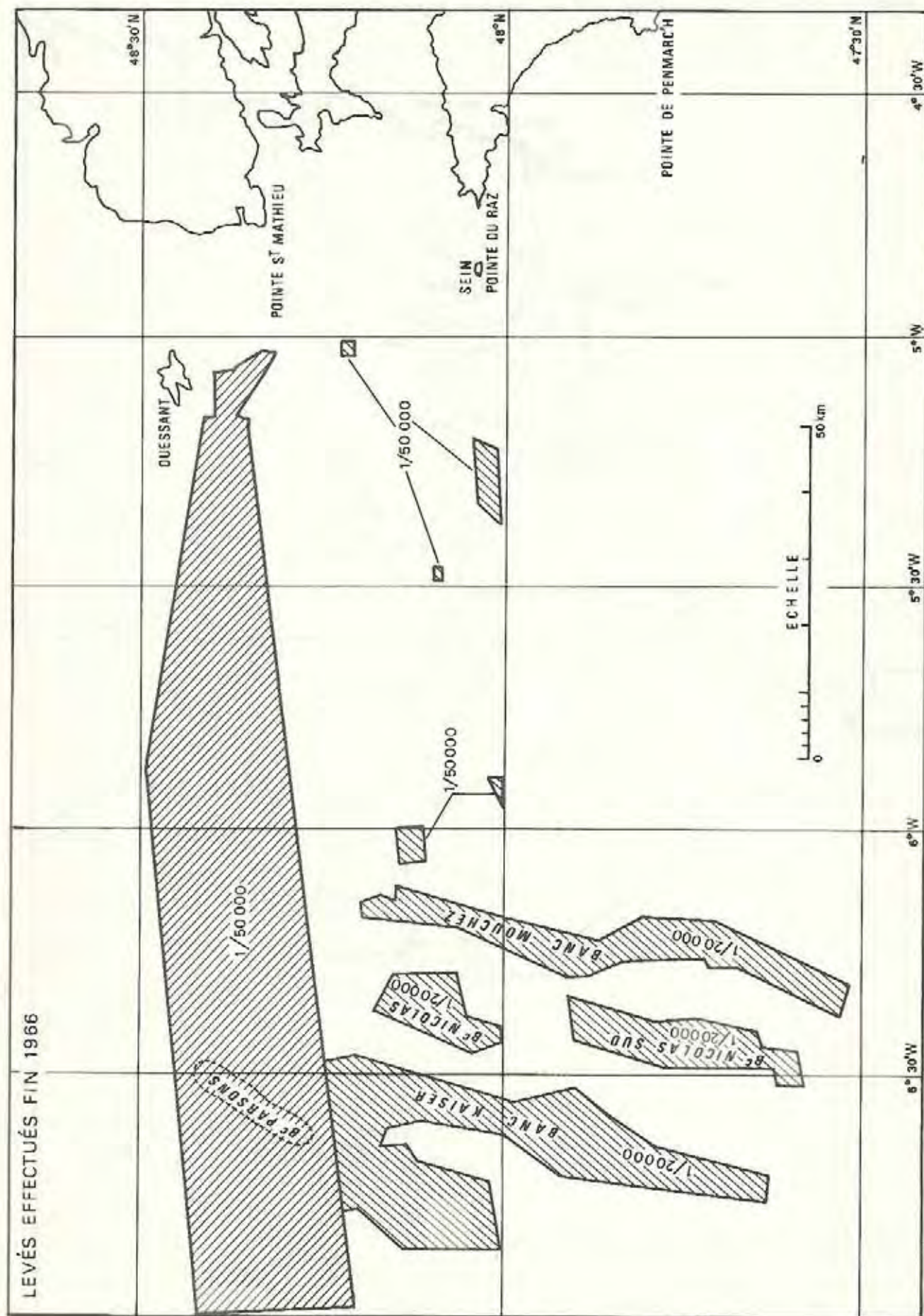
Lorsque les sondages réguliers montrent l'existence de relèvements du fond (quelle que soit d'ailleurs la valeur adoptée pour le seuil d'alerte), leur exploration par leur seules méthodes classiques vient considérablement ralentir le déroulement des travaux. Ainsi une année entière a été nécessaire (1966) pour sonder sur profils écartés de 100 mètres les bancs qui avaient été décelés lors de la sonde régulière (c'est-à-dire un profil tous les 500 mètres) du levé de 1965. Or ce travail peut apparaître lui-même comme insuffisant et il sera, peut être, nécessaire de le compléter par un levé au sonar latéral.



PL. 3.



PL. 4.



PL. 5.

Il ne semble pas très rationnel, dans ces conditions, d'abandonner une zone de levé pour couvrir rapidement un autre secteur, surtout quand cela nécessite un déplacement de la chaîne de radiolocalisation.

De sérieux problèmes se posant d'ailleurs lorsqu'au retour sur la première zone il n'est plus possible de retrouver la même implantation pour la chaîne de radiolocalisation.

3.3. Géophysique

3.3.1. Natures de fond

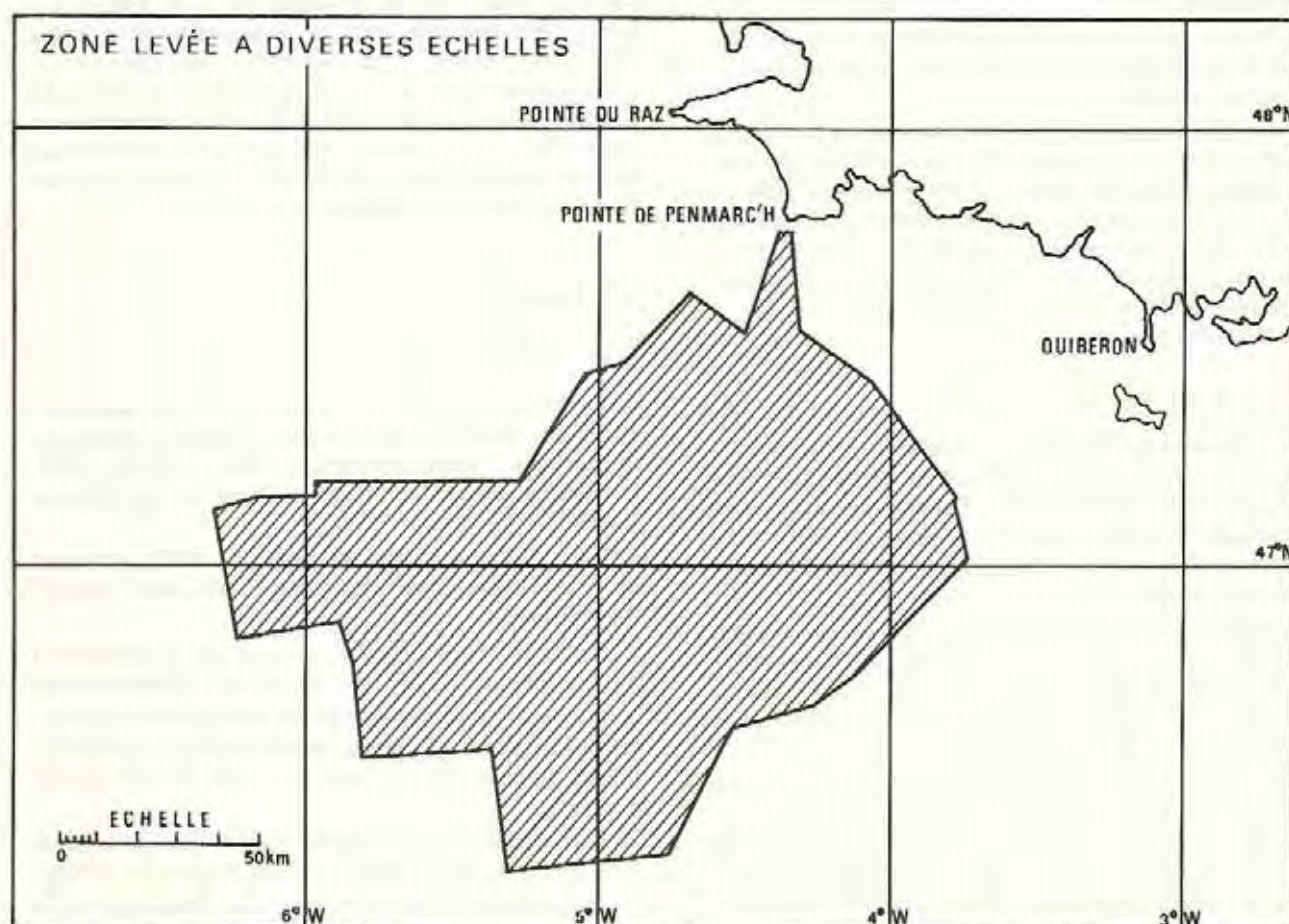
La Mission Hydrographique des Côtes de France s'est efforcée de compléter le levé hydrographique régulier par une étude des fonds marins, entreprise avec le concours du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et effectuée, en liaison également avec le Groupe d'Etudes de la Guerre des Mines (GEGM), au profit de la Défense Nationale.

Le BRGM fournissait le matériel de travail (drague Rallier du Baty pour les prélèvements de sédiments, Sparker Edgerton, pour les mesures sismiques du sous-sol marin, Boomer...) ainsi que les équipes spécialisées, l'apport de la Mission étant constitué par le bâtiment et son équipage, une équipe d'hydrographes assurant la

localisation (Toran ou stations à terre suivant les cas). A partir du moment où le *Bir-Hakeim* fit partie de la Mission, ce fut ce bâtiment qui fut plus particulièrement affecté à ce travail, en raison de ses caractéristiques propres et notamment de la puissance électrique dont on pouvait disposer à bord.

Mais auparavant et dès octobre 1966, un bâtiment de la Mission, l'*Alidade*, fut chargé d'exécuter des prélèvements de sédiments de fond à la drague Rallier du Baty. En décembre de cette même année, les Ponts et Chaussées, assistés par des spécialistes de la Compagnie Générale de Géophysique (CGG) exécutèrent des sondages sismiques en utilisant un sparker installé sur le baliseur de Brest ; la Mission apporta son concours à ces travaux en assurant une localisation précise par la méthode du radioguidage. Furent ainsi étudiés l'entrée de Brest (étude d'un chenal pour super-pétroliers), puis, à la demande des Travaux Maritimes, les abords de l'Île Longue en rade de Brest. Le Groupe d'Etude de la Guerre des Mines (GEGM) compléta les mesures par la mise en œuvre d'un système acoustique constitué par un bruiteur suspendu sous le bâtiment en sondes et un hydrophone remorqué à 100 mètres sur l'arrière.

En mai et juin 1967, le *Bir-Hakeim*, remis en service et affecté à la Mission, effectua à son tour avec la participation du BRGM des dragages de sédiments ; 395 échantillons de fond ainsi prélevés furent envoyés au



PL. 6.

laboratoire du BRGM, à Orléans. Le *Bir-Hakeim* fut ensuite équipé d'un sparker Edgerton type modulaire (24 000 joules) dont l'alimentation fut réalisée grâce à l'installation à bord d'un transformateur triphasé 15 Kva. Le GEGM profita aussi des sorties du *Bir-Hakeim* pour mettre en œuvre son système de mesure de propagation acoustique au voisinage du fond.

En août 1967, après une période d'immobilisation le "*Bir-Hakeim*", exécuta à nouveau des sondages au Sparker sur 11 profils régulièrement espacés sur l'étendue du levé en cours. On profita de ce travail pour faire des essais sur l'emploi simultané du Sparker et du magnétomètre remorqué : ces essais montrèrent que, les 2 équipements peuvent être utilisés simultanément.

Pendant cette même période, la Mission fournit son concours pour une campagne de carottage de roches sous-marines effectuée à bord du "*Job Hazelian*" par le BRGM (Embarquement d'une équipe assurant la localisation).

En septembre, le "*Bir-Hakeim*" continua ses sondages sparker en réalisant notamment au profil Brest-Bayonne au cours duquel le fonctionnement à pleine puissance (24 000 joules) fut essayé par grands fonds (4 000 joules suffisaient pour les travaux sur le plateau continental).

En 1968, d'avril à septembre, eut lieu une nouvelle campagne (toujours en liaison avec le BRGM) où furent effectués des dragages de sédiments (332 échantillons, envoyés au laboratoire du BRGM) et un levé sparker sur 22 profils régulièrement espacés sur l'étendue du levé en cours.

Certains profils furent explorés également en utilisant le système acoustique du GEGM afin d'obtenir des éléments de comparaison.

L'emploi successif de ces deux appareils au cours d'un même profil, reste difficile, la manœuvre du bruiteur acoustique étant très délicate : cet instrument pèse en effet plus d'une tonne, son remorquage à profondeur relativement importante (plusieurs dizaines de mètres) limite la vitesse du bâtiment sondeur à 5 ou 6 nœuds, alors que le remorquage du sparker peut être fait à 8 nœuds sans difficulté.

3.3.2. Magnétisme

Les mesures de magnétisme à la mer ont été conduites avec l'aide de l'Institut de Physique du Globe (IPG) auquel d'ailleurs appartenait l'appareil embarqué (sonde remorquée et enregistreur) ainsi que l'appareil fixe installé à Beg Morc'h (enregistreur du champ pour réduction des mesures).

Le bâtiment sondeur a toujours été le *Beautemps-Beaupré*. Les mesures ont commencé le 12 mai 1967 et le travail a été poursuivi pendant tout l'été et l'automne, en fonction, évidemment, des possibilités et des avaries du bâtiment sondeur.

En principe, sur toute l'étendue du levé, tant en 1967 qu'en 1968, le *Beautemps-Beaupré* suivait en sondant un profil sur trois : ceci devait assurer une répartition assez homogène des mesures magnétiques, mais les magnétomètres eux-mêmes étaient aussi sujets à des pannes (ainsi en août 1967) ! A la fin de l'année

1967, les deux appareils furent renvoyés à l'IPG en vue de leur complète remise en état. A cette occasion un Officier de la Mission (E.V. Grandjean) suivit un stage à Paris afin d'étudier ces appareils (magnétomètre Varian marin et magnétomètre fixe à terre) de manière à pouvoir remédier autant que possible aux pannes, malgré tout en mai 1968, il fallut encore renvoyer à l'Institut de Physique du Globe le magnétomètre fixe dont la réparation ne pouvait être faite par les moyens locaux.

Il fut procédé aussi à des mesures magnétiques sur profils traversiers (une demi-douzaine sur le levé de 1968 comme sur celui de 1967) afin de pouvoir contrôler les variations du champ magnétique en fonction du temps, et recalcr les mesures recueillies sur les profils réguliers.

Divers essais ont en outre été effectués :

Tout d'abord, en août 1967, où le *Beautemps-Beaupré*, pour étalonnage, a effectué des routes diverses et remorqué deux sondes à des distances différentes, afin de déterminer l'influence du champ perturbateur du navire remorqueur.

D'autre part des essais systématiques ont été faits à l'aide d'un bathygraphe pour déterminer l'immersion de remorquage de la sonde magnétique dans diverses conditions : longueurs variables de la remorque, allures différentes, girations, évolutions. Ceci afin de recueillir des données permettant d'éviter les accidents de crochage sur le fond. Enfin des mesures complémentaires ont été effectuées au voisinage de trois épaves qui avaient été détectées, grâce au magnétomètre, au cours des levés réguliers. La réduction des observations recueillies au voisinage de ces épaves doit permettre de préciser l'allure de l'anomalie magnétique observée dans chaque cas. Les 3 épaves décelées se trouvent situées par des fonds de 110 à 130 mètres et ont pu être détectées à des distances supérieures à 200 mètres.

3.4. Courants

3.4.1. Bilan des mesures

La Mission a effectué d'octobre 1966 à septembre 1968, une assez grande quantité de stations de mesure de courant : principalement pendant l'été de 1967. L'emplacement de ces stations figure sur les planches 7 et 8.

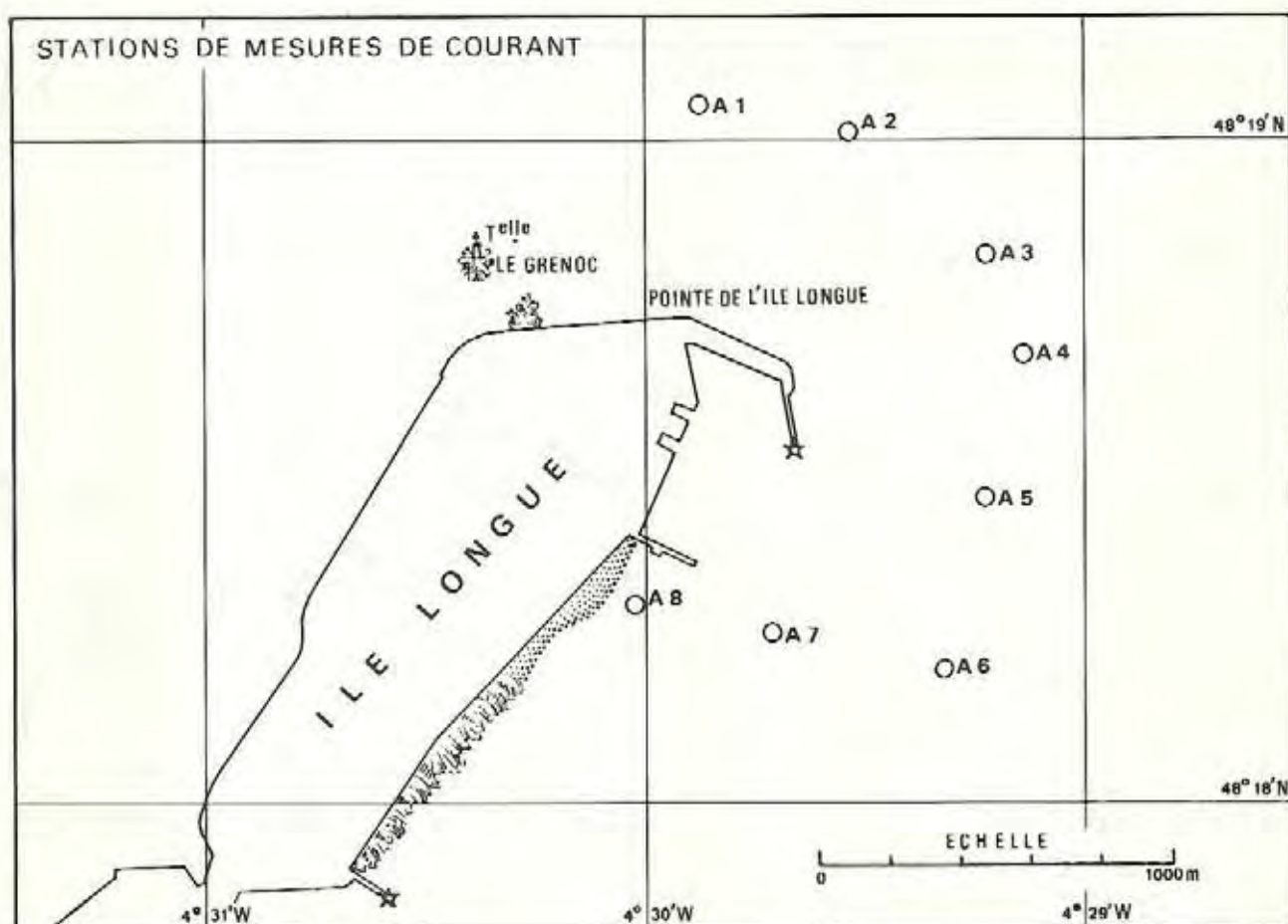
Deux stations furent effectuées en 1966, une près de l'île Longue, en rade de Brest, l'autre dans l'anse de Berthéaume.

En 1967 il fut procédé, surtout par la *Boussole* à 37 stations localisées en 23 points prédéterminés.

La plupart des mesures ont été effectuées aux immersions 5 mètres et 50 mètres, quand le fond le permettait. L'une, au point B1 fut faite à toucher le fond, à 150 mètres.

Trois stations furent faites dans le goulet de Brest à la demande du Groupe d'Etudes Atomiques (GEA).

Des courantomètres et du personnel spécialisé furent également mis, en 1968, à la disposition du GEA (20



PL. 7.

stations) et à la disposition du Service des Ponts et Chaussées (onze stations dans l'Odé, estuaire et cours inférieur).

3.4.2. Conditions d'exécution des mesures

Les appareils utilisés étaient des courantographes Mécabolier à enregistrement photographique. Deux appareils furent perdus en avril 1967, par suite de la rupture de l'émerillon de suspension. En attendant le remplacement des émerillons en service on réalisa la suspension des appareils en l'assurant à l'aide d'un bout en nylon.

Un troisième appareil disparut avec sa bouée de mouillage, probablement dragué par un chalut.

Par trois fois, un courantomètre et sa bouée partirent en dérive, mais ils furent heureusement récupérés pratiquement sans dommage.

Des essais nombreux permirent d'améliorer le procédé de mouillage réalisé sur bouée légère en plastique. On peut d'ailleurs observer qu'à la fin de la mission, grâce aux améliorations apportées et aussi grâce à l'entraînement du personnel, la manœuvre se faisait beaucoup plus aisément et le pourcentage des mesures inutilisables étaient tombé à moins de 10 %.

L'ensemble des observations dépouillées a été transmis au Service Central Hydrographique pour analyse des résultats et tracé des hodographes.

3.5. Marées — Réduction des sondes

Comme nous l'avons indiqué plus haut (§ 3.3) la Mission Hydrographique des Côtes de France a trouvé en octobre 1966 quatre marégraphes en fonction : un à Audierne, un à Lampaul, un à Camaret et un à Port Tudy (Groix) — qui avait été installé antérieurement par la Mission Hydrographique de Dragage — On disposait en outre des observations du marégraphe de Brest, installé à l'entrée de la Penfeld, surveillé et entretenu par le Service OCI.

Nous ne reviendrons pas sur la description déjà donnée, des conditions de fonctionnement des différents appareils. Nous reprenons ci-dessous les indications utiles pour l'exploitation des observations.

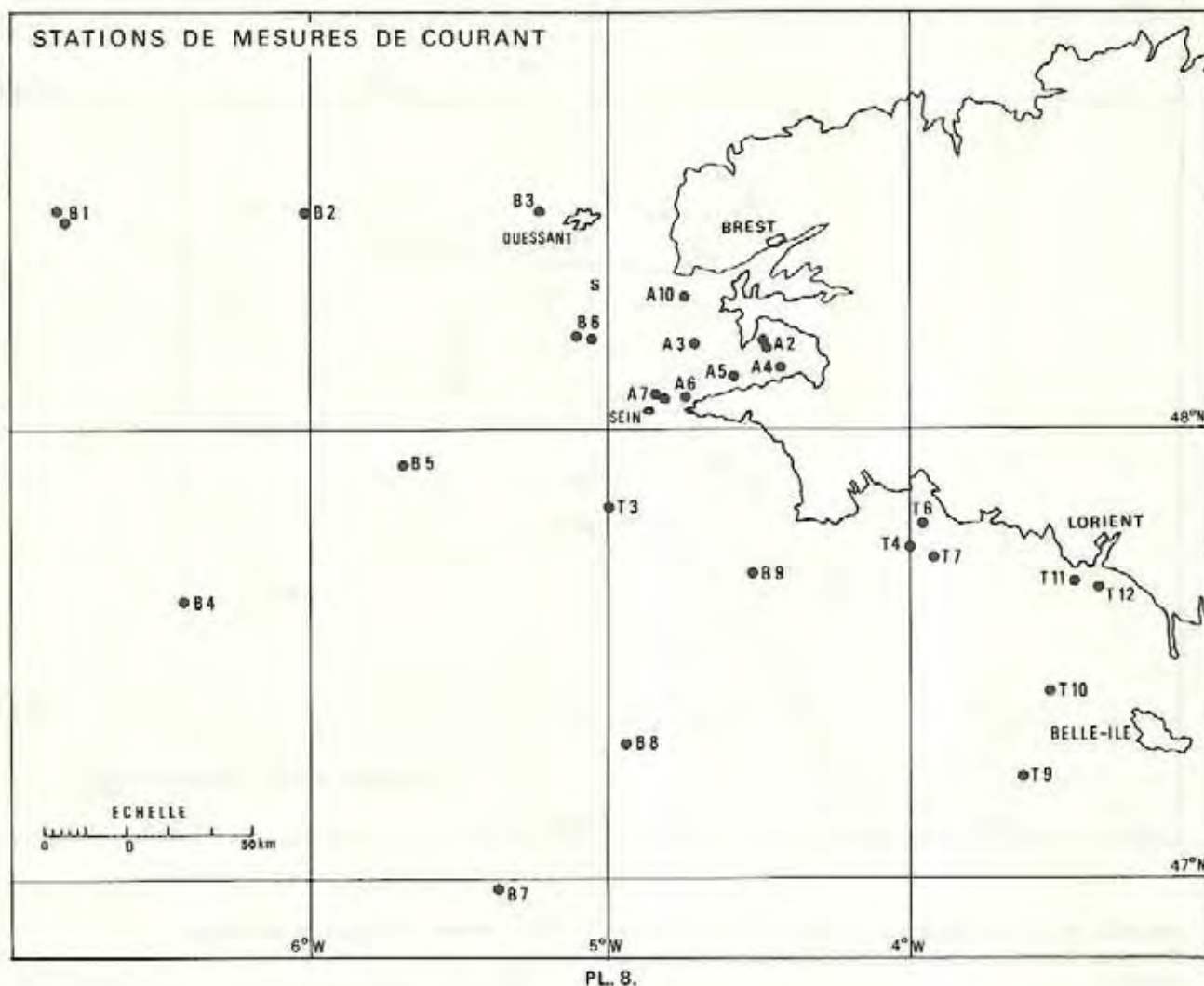
3.5.1. Audierne : pas d'exploitation — Appareil démonté en octobre 1966.

3.5.2. Lampaul : implantation et repérage (nivellement) précisés dans le rapport de l'Ingénieur Hydrographe en Chef Ortais (*).

Marégraphe OTT R 16 à tambour utilisé avec de nombreux incidents jusqu'à février 1968 :

Anomalies de fonctionnement dès octobre 1966,

(*) *Annales Hydrographiques*, 4^e série, tome 17 (1971) p. 296.



Echelle de marée arrachée et remplacée en janvier 1967 (25 janvier),

Nouvelle intervention le 18 février 1967,

Nouveau réglage le 22 mars 1967,

Révision en septembre 1967,

Marégraphe emporté par la tempête le 31 octobre 1967, repêché le 8 novembre.

Mise en place d'un OTT R 20 à bande perforée en février 1968.

Tombé en panne le 17 mars.

Remplacé le 15 mai 1968 par un OTT R 16 à tambour.

Fonctionnement défectueux (clapet dans le puits, blocage du contrepoids).

Marégraphe arraché le 29 août par abordage d'une vedette.

Remplacé le 31 août par un OTT R 20 à perforation (modèle amélioré).

Remarque :

Chaque hiver, le marégraphe installé à Lampaul est balayé par la grosse houle de tempête : la baie de

Lampaul est un entonnoir ouvert au Sud-Ouest où s'engouffre la houle, et il n'est aucun moyen de mettre le marégraphe vraiment à l'abri. C'est pourquoi ayant appris l'existence de projets d'aménagements de port au Stiff (ainsi qu'au Conquet et à Roscoff), le Chef de Mission a transmis les plans de ces projets au Service Central Hydrographique en suggérant que soit étudiée l'installation d'un marégraphe permanent en l'un de ces lieux, beaucoup mieux protégés que Lampaul.

3.5.3. *Camaret* : Implantation et repérage précisés dans le rapport de l'Ingénieur Hydrographe en Chef Ortais(*) et de l'Ingénieur Hydrographe en Chef Roubertou(**).

Jusqu'en février 1967, marégraphe Brillé.

Nouvelle échelle fixée en mai 1967.

Marégraphe OTT R 20 installé le 6 octobre 1967 dans le puits aménagé par les Ponts et Chaussées tout proche de l'emplacement précédent.

(*) *Annales Hydrographiques*, 4^e série, tome 17 (1971) p. 293.

(**) *Annales Hydrographiques*, 5^e série, (1973) n° 740 p. 28.

Rappelons la formule utilisée pour calculer la hauteur d'eau à Camaret à partir de la marée de Brest, dans le cas d'une défaillance des mesures à Camaret.

$$H_t = H' (t + 6 \text{ minutes}) - 0,40 \text{ m}$$

où H_t est la hauteur de la marée à Camaret à l'instant t .

H' la hauteur de la marée à Brest à l'instant t .

3.5.4. *Port Tudy* : implantation et repérage précisées dans le rapport de l'Ingénieur Hydrographe en Chef Roubertou(***).

Juin 1967, dès livraison de l'abri et du puits, mise en place de 2 marégraphes OTT l'un à tambour (R16), l'autre à ruban perforé (R 20).

Enlèvement du marégraphe portatif américain le 22 juillet.

Octobre 67 enlèvement du OTT R 16, tombé en panne et remplacement du OTT R 20 par un appareil version améliorée.

3.5.5. *Brest* : l'installation qui comporte un marégraphe à tambour de grande précision a été complétée par la mise en place d'un marégraphe OTT R 20 à ruban perforé qui a servi à la mise au point de ce type d'appareil.

(***) *Annales Hydrographiques*, 5^e série, (1973), n° 740 p. 47.

3.5.6. Réduction des sondes

Les sondes ont été réduites de la marée dans les conditions suivantes :

— Campagne de 1966 : les dispositions adoptées ont été celles déterminées par l'Ingénieur Hydrographe en Chef Ortals (voir à ce sujet le rapport de cet Ingénieur(*)).

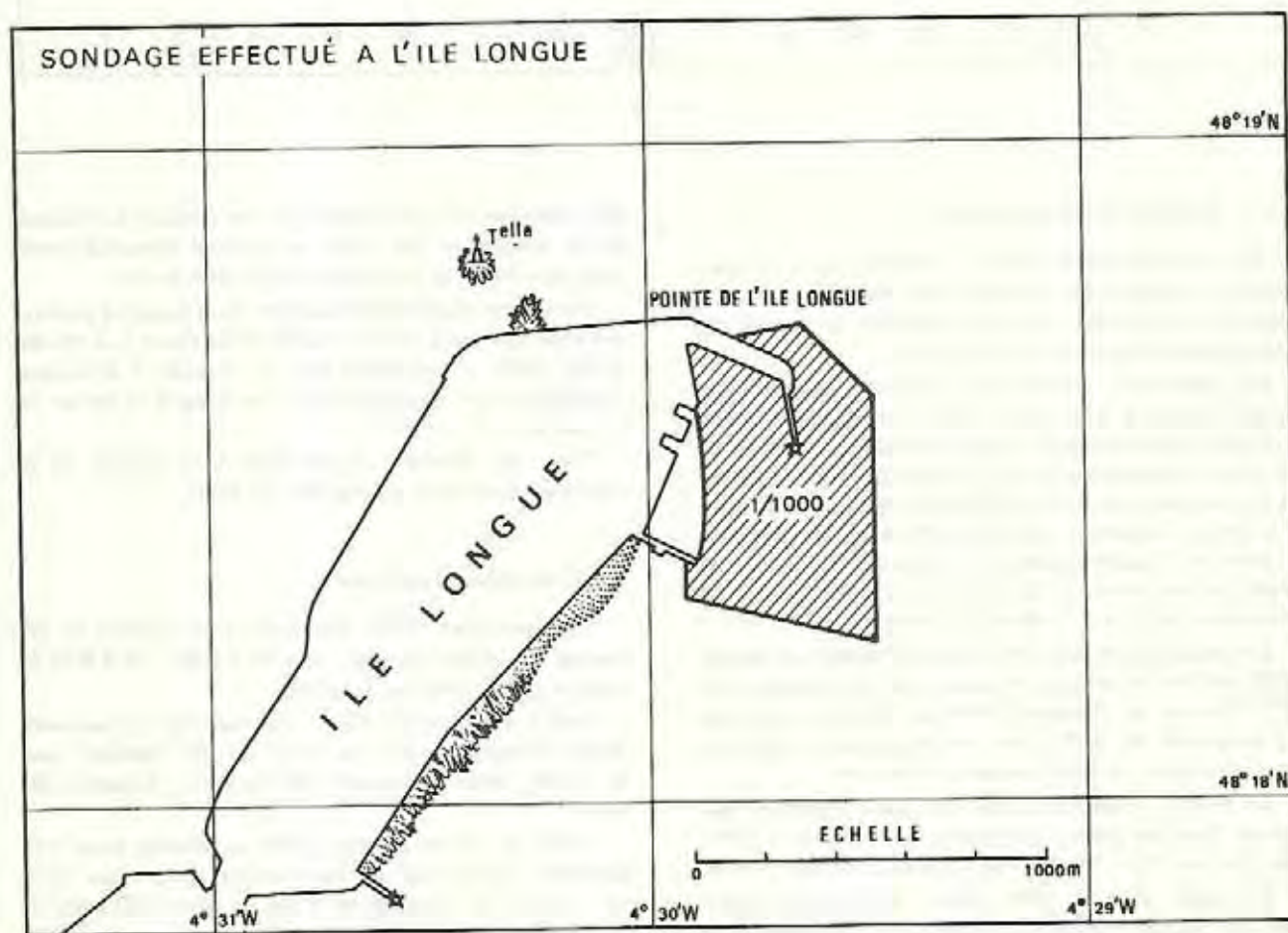
— Campagne de 1967 (Zone au Sud du Finistère) : les sondes ont été corrigées de la marée à Port Tudy sur l'ensemble du levé.

— Campagne de 1968 : la marée utilisée pour la réduction des sondes a été celle de l'observatoire de Camaret.

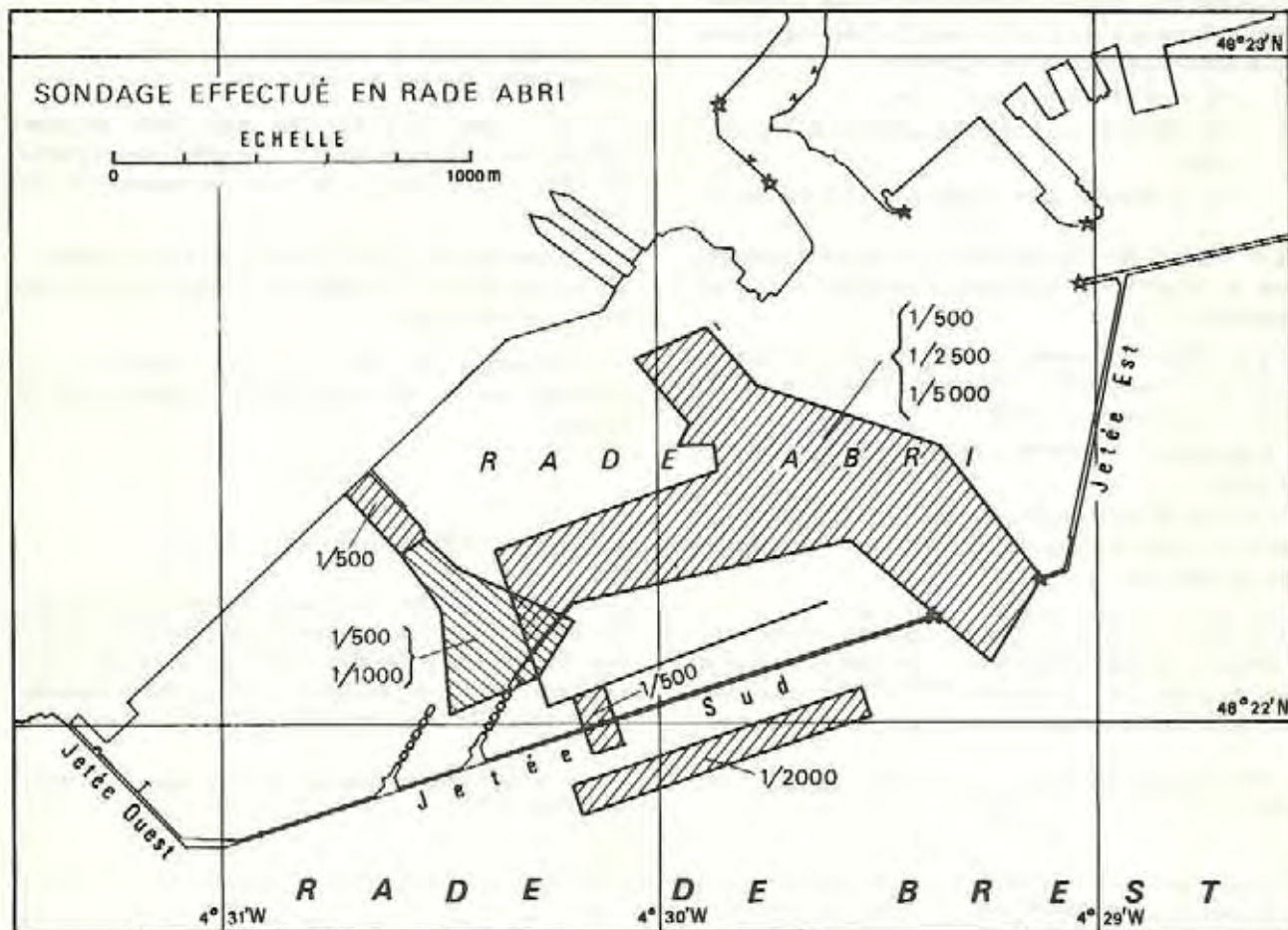
3.6. Travaux divers à proximité des côtes

A diverses reprises, au cours de la Mission, des travaux lui ont été demandés par les autorités maritimes locales, avec l'accord de la Direction Centrale. Il s'agissait dans la plupart des cas de sondages en rade de Brest, exécutés à très grande échelle, complétés parfois par des dragages.

(*) *Annales Hydrographiques*, 4^e série, tome 17 (1971), pp. 299 et 300.



PL. 9.



PL. 10.

3.6.1. Sondages hydrographiques

Du 10 au 20 octobre 1967, l'*Astrolabe* avec ses deux vedettes effectua des sondages près de l'Île Longue, à l'échelle de 1/1 000, ce qui impliquait le travail par radioguidage à partir de stations à terre.

En septembre, octobre et novembre de la même année pendant 6 jours en tout, deux vedettes sondèrent, d'une part deux zones de petites surfaces (70 mètres sur 80 mètres) situées de part et d'autre de la grande jetée de la Rade Abri, au droit du Pilier Est (échelle 1/500) et, à la même échelle, la fosse du *Richelieu* en rade abri le long de l'appontement de la Grande Rivière) — et enfin en décembre, à l'échelle de 1/1 000, l'accès de cette fosse jusqu'aux fonds de 12 mètres.

Ces sondages en Rad Abri furent complétés en janvier 1968 par des recherches effectuées par des plongeurs du 2^{ème} Groupe de Plongeurs-Démineurs (GPD), aidés par du personnel de la Mission, en raison de la présence, dans cette zone, de nombreuses obstructions.

En février, l'*Astrolabe* avec ses deux vedettes, alla sonder, dans les mêmes conditions qu'en octobre 1967, une zone au Nord-Est de l'Île Longue (échelle 1/1 000).

En mars et avril 1968, après creusement réalisé par une drague à godats, la Mission eut à exécuter de nouveau les sondages à grande échelle de la souille du

Richelieu en les complétant par un dragage au moyen d'une drague au rail, mais, le plafond demandé étant trop près du fond, ce plafond ne put être assuré.

Après une nouvelle intervention de la drague à godets, ces sondages de la souille, furent donc repris à la fin de juillet 1968 et complétés par un dragage à la drague hydrographique depuis cette zone jusqu'à la sortie de la rade abri.

Tous ces sondages furent réduits au moyen de la marée enregistrée au marégraphe de Brest.

3.6.2. Mesures de courants

Dès novembre 1966, une mesure de courant de 25 heures fut effectuée près de l'Île Longue (à 1 430 m dans le 123 du mât des Torpilles).

Les 6 et 7 février 1968, des mesures de courants furent effectuées, par les soins du *Bir Hakeim* dans le goulet pour le compte de l'antenne Brestoise du GEA.

Enfin en juillet et août 1968, la Mission prêta son concours (personnel et instruments) pour une série de mesures de courant en Rade de Brest (20 stations au bénéfice du GEA) et dans l'embouchure de l'Odé (11 stations au bénéfice des Ponts et Chaussées).

3.6.3. Sondages sismiques

En décembre 1966, la Mission procéda à une série de sondages sismiques au profit des Ponts et Chaussées et avec le concours de la Compagnie Générale de Géophysique (CGG) qui fournit le Sparker installé à bord du navire baliseur. Le Groupe d'Etude de la Guerre des Mines (GEGM) apporta son concours (matériel de mesures acoustique à proximité du fond). La Mission fournit le personnel et les instruments pour 5 stations à terre de radioguidage : ce travail avait pour but l'étude d'un chenal d'accès pour super-pétroliers. En complément, sur demande des Travaux Maritimes, des sondages sismiques furent également effectués aux abords de l'Île Longue.

3.6.4. Divers

A cette occasion, la Mission dut intervenir pour lever une ambiguïté qui s'était manifestée au sujet des positions géographiques en raison des confusions qui s'étaient introduites entre les différents systèmes de coordonnées (Lambert Allemand, Lambert I et II, compensés et non compensés).

Enfin la Mission fournit son concours pour la détermination des positions géodésiques des antennes RAGEP (août 1968) à la demande des autorités maritimes locales.

3.7. Essais d'équipements divers

D'octobre 1966 à octobre 1968, la Mission Hydrographique des Côtes de France a eu l'occasion de procéder à un certain nombre d'essais intéressants d'appareils nouveaux (ou nouvellement acquis).

3.7.1. Photo sous-marine

La Mission a pu essayer en octobre 1966 à bord de l'*Alidade* un appareil de photographie sous-marine prêté par le Laboratoire de Biologie sous-marine de Roscoff. Cet appareil présente des possibilités intéressantes, mais il exige, pour que son emploi soit valable, des conditions de transparence du milieu marin qui, il faut bien le dire, sont assez rarement réalisées dans la zone de travail.

3.7.2. Appareil de mesure acoustique des propriétés du fond sous-marin

Essayé d'abord en décembre 1966 par le Groupe d'Etude de la Guerre des Mines, cet appareil, comprenant un bruiteur situé sous le bâtiment qui l'utilise et un hydrophone remorqué, à proximité du fond, à 100 mètres environ sur l'arrière de ce bâtiment, fournit des renseignements qui, conjugués avec les sondages sismiques, sont fort intéressants.

Renouvelés en juin 1967, les essais permirent d'obtenir certains résultats malgré la difficulté qui résultait de l'impossibilité de mettre en œuvre simultanément les 2 procédés (acoustique et sparker).

3.7.3. Sonar latéral

En mai 1967, il a été loisible de suivre les essais du sondeur latéral de l'Institut Français du Pétrole (Sonal), à bord du *Florence* sur les atterrages de Brest : la mission a fourni les équipes de radioguidage pour déterminer les positions du bâtiment. En juin de la même année, la Mission a pu suivre les essais de ce sonar latéral, à bord du même bâtiment aux abords de Groix et de Belle Île, en fournissant récepteur et équipe pour déterminer les positions à la mer au moyen de la chaîne de radiolocalisation — Toran III D —. Le Sonal semble devoir être d'une utilisation extrêmement intéressante pour la recherche des hauts-fonds et de leurs têtes.

En septembre-octobre 1967, a été essayé, à bord de vedettes, le Sonar latéral Edgerton, présenté par la maison Codevintec, en rade de Brest. L'utilisation de cet appareil semble très prometteuse. Il y aurait indéniablement intérêt à ce que le Service Hydrographique se rende acquéreur de ces appareils dont la mise en œuvre systématique, permettrait d'améliorer considérablement la connaissance des fonds du plateau continental. A noter que, en ce qui concerne l'appareil pour grand bâtiment il faudrait prévoir l'aménagement du bâtiment sondeur en raison des dimensions et du poids de la partie immergée de ce sonar latéral.

3.7.4. Hydrodist

En juillet 1967, la maison De Natt a envoyé un ensemble Hydrodist et deux ingénieurs pour effectuer les essais et l'étalonnage de l'appareil : l'opération a eu lieu à bord de la *Boussole* et la portée obtenue a été de 38 kilomètres. Pour aller plus loin il eut fallu placer l'antenne émettrice plus haut, au-dessus de la passerelle du bâtiment, ce qui n'était pas possible sans augmenter la longueur du câblage, opération qui eut entraîné une réduction de la puissance de l'émission.

L'utilisation de cet appareil paraît très intéressante, notamment lors des opérations d'étalonnage d'une chaîne de radiolocalisation. En septembre 1968, d'autres essais de cet équipement ont pu être effectués dans le Golfe de Gascogne à bord du navire *Astragale*, qui déterminait ses déplacements par rapport à une plateforme fixe mouillée au large. Pour cette dernière opération la Mission a fourni l'aide d'un Officier-Marinier Hydrographe.

3.7.5. Antenne légère

En février 1967, la Mission a procédé aux essais d'une antenne en fibre de verre (Lerc) dont l'intérêt réside en ce que, du fait de sa légèreté, cette antenne (qui peut servir d'antenne émettrice Toran) devrait pouvoir être facilement installée sur un sémaphore ou un phare. Le premier essai a montré cependant que l'antenne est trop souple pour qu'il soit possible de la haubanner de manière à la rendre immobile comme il serait nécessaire pour cet emploi.

3.7.6. Balise répondeuse Alcatel

En vue de matérialiser un repère pour le recalage d'un bâtiment travaillant sur une chaîne Toran, une telle balise a été mouillée, en septembre 1968. Le mouillage a été fait dans de mauvaises conditions. Cependant la balise était dotée d'un trainard de grande longueur (coaxial hors d'usage fourni par le service local des câbles sous-marins) en vue de sa récupération éventuelle.

Les essais de repérage entrepris à bord de l'*Astrolabe* utilisant un sondeur MS 26 F modifié dans ce but ont été infructueux.

3.7.7. Divers

La Mission a participé aux expérimentations "Skubermor" du GEGM en septembre 1968. (poisson remorqué susceptible de déceler la présence sur le fond d'une mine).

La Mission a également participé aux campagnes de mesure et d'étude du rayonnement du radio-phare de Creach : tout d'abord en mars 1968, grâce au concours de l'*Astrolabe* placé au moyen de la chaîne

Toran 3 D, puis en fournissant un récepteur et une équipe d'hydrographes embarqués pendant quelques jours à bord du baliseur *Georges de Joly*. La Mission a également procédé aux essais d'un télémètre Laser dont l'emploi pourrait être envisagé pour l'exécution de mesures très précises en mer : mais ces essais doivent encore être complétés pour en éprouver non seulement la précision mais aussi la fiabilité de l'appareil.

Remarque

La Mission a également participé à l'étude du nombre des bâtiments passant journallement au Nord-Ouest d'Ouessant (positions — caps — et vitesse). La suite de cette étude a été confiée au sémaphore d'Ouessant, ce qui évite l'immobilisation d'un bâtiment ou d'une équipe de la Mission.

Enfin, en 1966 (novembre) un nivellement (5 kilomètres) a été poussé jusqu'au fort du Talud. Le temps et les circonstances n'ont pas permis d'effectuer les visées doubles pour transporter le niveau de référence du Nivellement Général de la France jusqu'à l'île de Groix.

CHAPITRE IV

CONCLUSION

De septembre 1966 à octobre 1968, la Mission Hydrographique des Côtes de France, a pratiquement exécuté tous les travaux qui lui avaient été prescrits par les Instructions Techniques. Cependant son travail a été souvent entravé pour des raisons diverses.

4.1. Circonstances météorologiques

Elles ont été, en général, celles qu'on pouvait attendre, suivant les saisons à cette extrémité de la Bretagne, mise à part la très violente tempête qui, à la mi-mars 1967, a dévasté les installations de la chaîne Toran 3 D et, de ce fait, a retardé d'un bon mois le début des opérations hydrographiques de la campagne 1967.

4.2. Bâtiments

La Mission n'a pas été gâtée : le *Mouchez* n'existait plus, le *Beautemps-Beaupré* n'a pu assurer l'exécution du travail qui lui était confié qu'au prix d'un effort constant et épuisant de la part de l'équipage, ce qui n'empêchait pas la répétition des avaries nécessitant le retour au port, avaries qui allaient en se multipliant au fil des mois.

Le *Laperouse* n'a pu être remis en état de prendre la mer et la Mission n'a pu en aucune façon compter sur sa participation. L'*Alidade* a été retirée de la flottille de la Mission dès 1967 pour une destination autre. Il en a été de même de la *Boussole* dès le début de 1968. Le *Bir Hakeim*, bien que remis en état après une longue immobilisation, est tombé en avarie dès sa sortie de carénage, ce qui a retardé pratiquement de trois mois son entrée en service.

Seule, l'*Astrolabe* a toujours été fidèle et c'est elle qui, de loin, a rendu les meilleurs services.

Il convient de remarquer, à ce sujet, que la perte du *Torrey Canyon*, a motivé le détachement à plusieurs reprises, d'un ou de tous les bâtiments de la Mission pour la lutte anti-pollution.

4.3. Personnel

La Mission, à quelques exceptions près, a toujours eu le personnel prévu au plan d'armement.

Un détail toutefois : par suite de la déficience du personnel conducteur de camions "poids lourds", il a fallu, au moment des transports des émetteurs de radiolocalisation Toran, combler les vides à l'aide des gradés hydrographes titulaires du permis P.L. Cet expédient est évidemment préjudiciable à la bonne marche des travaux de rédaction.

D'autre part, il convient de remarquer qu'à bord des BH.2 (*Astrolabe* et *Boussole*) il n'est pas prévu d'embarquer un supplément d'effectif pour assurer la navigation sans faire appel au personnel des équipes hydrographiques régulières. Il manque alors, à bord de chacun de ces bâtiments, un chef de quart dont la présence serait bien utile pour faciliter la vie à bord des sorties de longue durée au large, et surtout pour améliorer la sécurité de la navigation dans des zones très fréquentées (long-courriers et chalutiers) alors que le bateau hydrographe suit souvent des routes traversières à la direction générale du trafic.

Bien que poursuivi régulièrement, le travail de rédaction n'était pas achevé, lorsque, le 1^{er} octobre 1968, l'Ingénieur Hydrographe en Chef Roubertou, prit la direction de la Mission : il restait encore à rédiger une partie des sondages exécutés en juillet, août et septembre 1968.

MISSION OCÉANOGRAPHIQUE DE L'ATLANTIQUE (octobre 1974 - septembre 1975)

par

M. Antoine DEMERLIAC

Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe)

SOMMAIRE

Chapitre 1. — Généralités

- 1.1. — Introduction
- 1.2. — Moyens de la Mission
 - A. — Moyens flottants
 - B. — Personnel
 - C. — Moyens de transport
 - D. — Base à terre
- 1.3. — Travaux effectués

Chapitre 2. — Levé côtier entre les Iles de Glenan et Groix

Chapitre 3. — Levé bathymétrique en méditerranée au large des côtes espagnoles (en coopération avec la MOM)

- 3.1. — Généralités
- 3.2. — Préparation des travaux
- 3.3. — Remarque sur la triangulation espagnole
- 3.4. — Exécution des sondages (14 avril — 1^{er} août 1975)
- 3.5. — Remarques sur l'exécution des sondages

3.6. — Problèmes logistiques

- A. — Trident et Toran
- B. — Bâtiments de la MOM : *Recherche et Origny*
- C. — *D'Entrecasteaux*
- D. — Comparaison de l'activité et du rendement des bâtiments
- E. — Utilisation de l'hélicoptère

Chapitre 4. — Travaux divers

- 4.1. — Travaux hydrographiques divers
- 4.2. — Essais de matériel :
 - a. — Bathysonde Guildeline
 - b. — Courantomètre Doppler Thomson — CSF
 - c. — Sotad

Annexe 1. — Caractéristiques des réseaux Toran

Annexe 2. — Coordonnées des antennes Toran et Trident en Espagne et aux Baléares.

CHAPITRE I

GENERALITES

1.1. Le présent rapport décrit l'activité de la Mission Océanographique de l'Atlantique (MOA) au cours de la période du 1^{er} Octobre 1974 au 30 Septembre 1975. Il décrit également l'activité de la Mission Océanographique de la Méditerranée (MOM) concernant le levé bathymétrique du talus continental au large des côtes méditerranéennes espagnoles, levé exécuté en coopération par les deux Missions.

L'Ingénieur en Chef de l'Armement (Hydrographe) Demerliac, Directeur de la Mission durant cette période, succédait à l'Ingénieur en Chef de l'Armement (Hydrographe) Schruppf.

1.2. Moyens de la Mission

A. Moyens flottants

La Mission était embarquée à bord du Bâtiment Océanographique d'*Entrecasteaux* commandé successivement par MM. Marqueze Pouey jusqu'au 7 Décembre 1974 et de Blois de la Calande, Capitaines de Frégate.

Ce bâtiment récent est décrit dans le rapport de M. Comolet-Tirman(*). Il est très bien équipé pour tous les travaux d'hydrographie et d'océanographie, et a reçu, au début de l'année 1975, un ensemble informatique SATAD (Système d'Acquisition et de Traitement Automatique de Données). Ce navire a été utilisé de façon assez intensive durant la période considérée : 200 jours de mission en dehors de sa base de Brest, et 137 jours de mer dans l'année au cours desquels 30 000 milles ont été parcourus.

Les points faibles de ce navire sont :

- 1) stabilisation antiroulis inefficace ;
- 2) plage arrière entièrement organisée autour du Sonal IFP, et absolument inutilisable pour tout autre chose ;
- 3) fragilité et manque de souplesse de toute l'hydraulique : treuils lourds, portiques, grues et guindeau ;
- 4) mauvais état des vedettes hydrographiques de 8 mètres de récupération ; le prototype des nouvelles vedettes en plastique de 9 mètres n'a été livré que durant l'été 1975 et n'a pu être essayé avant le 1^{er} Octobre ;
- 5) complexité et manque de fiabilité de l'appareil moteur ;

(*) *Annales Hydrographiques*, N° 743, 5^{ème} série, Volume 4, fascicule 1, 1976.

6) fragilité et *vulnérabilité* des propulseurs auxiliaires ;

7) manque de souplesse de la climatisation.

Tous ces points, à l'exception du dernier, ont légèrement diminué le rendement de la Mission. En particulier, le point 1 a empêché d'exécuter plusieurs stations hydrologiques durant la mission sur le polygone acoustique des Açores ; les points 2 et 3 ont conduit à imaginer un bricolage pour remorquer un poisson de mesures océanographiques de façon peu orthodoxe ; le point 4 a arrêté prématurément la petite sonde au Sud de la Bretagne en novembre 1974, le point 5 a retardé plusieurs fois l'appareillage du bâtiment de quelques heures, les génératrices de la propulsion principale refusant de s'amorcer, et a diminué la vitesse de sonde par houle moyenne par suite de disjonction intempestive ; enfin le point 6 a empêché le bâtiment d'entrer dans des petits ports espagnols de faible profondeur.

B. Personnel

Le Directeur de Mission a été secondé par M. Guyon, Ingénieur de l'Armement. En outre, MM. Guével, Ingénieur de l'Armement, et Gouraud, Ingénieur de réserve, ont participé aux travaux jusqu'à leur débarquement au mois de Décembre 1974.

Le plan d'armement en Officiers-mariniers hydrographes (4 PMS et 5 MTS) était largement honoré, et il n'y a pas eu de problèmes de personnel, tant pour les travaux de levé que pour la rédaction ou la mise au point du SATAD.

La situation était moins satisfaisante pour le personnel électronicien : l'Ingénieur des Etudes et Techniques d'Armement Pellé, embarqué depuis plusieurs années à la MOA, a été remplacé durant l'automne 1974 par un agent sous contrat. Ce dernier, même avec l'aide d'un Aspirant de réserve de la branche scientifique effectuant son Service National, n'arrivait pas à assurer la maintenance de la totalité du matériel électronique de la Mission, surtout depuis l'embarquement du SATAD ; un choix a dû être opéré durant le levé bathymétrique de Méditerranée, et la remise en état de l'ensemble de gravimétrie en panne a été différée. L'embarquement d'un nouvel Ingénieur des Etudes et Techniques d'Armement, M. Mondot, en Septembre 1975, devrait résoudre au moins partiellement le problème.

C. Moyens de transport

Les véhicules affectés à la Mission, soit 2 breaks Peugeot et 2 camions tous terrains Saviem, en bon état, ont assuré durant toute la période considérée un bon service. Ils étaient en nombre suffisant pour le programme prescrit et n'ont pratiquement jamais été indisponibles sauf pour de courtes périodes durant la mission en Espagne où les routes, en dehors des autoroutes, sont très mauvaises, et les dépanneurs rares, surtout pour les véhicules Peugeot, cette marque étant peu répandue dans la péninsule ibérique.

Enfin, durant toute la durée du levé bathymétrique de Méditerranée, un hélicoptère Alouette II fourni par la flottille 22 S de Lanvéoc-Poulmic a été embarqué sur le B.O. D'Entrecasteaux et a rendu les plus grands services.

D. Base à terre

La base de Toulbroc'h n'a pas été utilisée par la Mission Océanographique de l'Atlantique durant la période objet de ce rapport, sauf comme dépôt des

gros matériels peu utilisés. L'utilisation des alvéoles de la base protégée de la deuxième Escadrille de Dragage, à laquelle la MOA est organiquement rattachée, était en générale plus pratique.

1.3. Travaux effectués

Après une escale de représentation à Bordeaux du 1^{er} au 7 octobre 1974 à l'occasion d'OCEANEXPO 74, le B.O. D'Entrecasteaux a poursuivi le levé bathymétrique régulier au sud de la Bretagne entre les Iles de Glenan et l'Île de Groix en octobre et novembre 1974 jusqu'à l'entrée du bâtiment en Indisponibilité Périodique pour Entretien et Réparations (IPER) en décembre 1974 et janvier 1975.

La mission au polygone acoustique des Açores (AFAR) a été exécutée en février - mars 1975, puis le levé bathymétrique de Méditerranée au large des côtes espagnoles d'avril à juillet 1975.

Dès le retour à Brest, en août 1975, la préparation de la reprise du levé au sud de la Bretagne a été entreprise, après les permissions d'été du personnel et durant l'indisponibilité DISAC du D'Entrecasteaux.

CHAPITRE II

LEVE COTIER ENTRE LES ILES DE GLENAN ET L'ILE DE CROIX

Ce levé a été entrepris en avril 1974 sous la direction de l'ICA Schrumpf, mais il avait été bientôt interrompu pour des tâches plus urgentes. Il a été repris en octobre et en novembre 1974, mais l'automne est peu favorable aux travaux de petite sonde en vedettes et ceux-ci ont été rapidement arrêtés, le mauvais temps rendant tout travail en embarcation impossible.

Seuls ont été effectuées les travaux suivants :

- 1/ Reprise des profils de sonde qui avaient dû être annulés au cours de la rédaction du levé du printemps ;
- 2/ Détermination de la totalité des natures de fonds dans la zone déjà sondée ;
- 3/ Recherches de roches et hauts fonds dans la même zone ; deux recherches dans la zone sondée en vedette sont restées incomplètes ;
- 4/ Recherches d'épaves au sondeur et magnétomètre.

Outre la détermination de la nature du fond avec un plomb suiffé aux nœuds d'un réseau de longueur de maille d'un kilomètre, deux douzaines d'échantillons ont

été prélevés à l'aide du ramasseur Léger et deux carottes ont été faites avec l'appareil Kullenberg.

La zone sondée ainsi que les méthodes de localisation utilisées étant décrites dans le rapport de l'ICA Schrumpf (*), elles ne seront pas reprises ici.

Les documents envoyés au SHOM durant l'hiver 1974-75 sont :

- 3 minutes de bathymétrie ;
- 3 minutes de recherche de roches ;
- 19 fiches géodésiques ;
- 2 fiches d'observatoire de marée.

Pour éviter la multiplication des documents d'archives, la rédaction a été effectuée sur les minutes mêmes de M. Schrumpf qui les a signées : toutes les archives concernant ce levé sont donc à son nom.

La reprise des sondages dont la préparation a été faite en septembre 1975 est prévue en octobre 1975.

(*) *Annales Hydrographiques*, 5^e série, vol. 6, fasc. 2-1978 (n° 749-ZTG) p. 29.

CHAPITRE III

LEVE BATHYMETRIQUE EN MEDITERRANEE

3.1. Généralités

La zone à lever, le talus continental au sud des îles Baléares et au large des côtes espagnoles des provinces d'Alicante, de Murcie et d'Almería, est comprise approximativement entre les méridiens 2° 10' W, 5° E et les isobathes 1000 et 2300 mètres. Ce levé est la suite de celui exécuté par la Mission Hydrographique des Côtes de France et d'Afrique du Nord en 1961 sous la direction de l'Ingénieur Hydrographe en Chef Briet(*).

Comme l'exécution de ce levé nécessitait la mise en place d'une chaîne de radionavigation à grande portée en territoire espagnol, donc de frais d'exploitation élevés, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) décida, pour diminuer la durée des implantations hors de France, de joindre les moyens de la Mission Océanographique de l'Atlantique à ceux de la Mission Océanographique de la Méditerranée (MOM), la direction générale du levé étant assurée par le plus ancien des Directeurs, qui se trouvait être celui de la MOA.

Les bâtiments hydrographiques espagnols n'ont pas participé à ce levé.

3.2. Préparation des travaux

a) Les premiers contacts avec le Service Hydrographique Espagnol ont été pris au printemps de l'année 1974 par l'Ingénieur en Chef de l'Armement Poujol, de la Direction du SHOM, lors d'une mission à Madrid et à Cadix.

Une réunion des Directeurs des Missions concernées avec l'Ingénieur Général, Chef du Bureau "Etablissement-Missions" eut lieu au début de l'été à la Direction du SHOM à Paris pour étudier le programme et les moyens à mettre en œuvre en Espagne. Pour accélérer les délais de mise au point de la chaîne de radionavigation Toran 3 G après son implantation en Espagne, et diminuer le volume des installations à terre, il a été décidé que cette chaîne n'aurait pas de levé d'ambiguïté, le calage et l'étalonnage étant obtenus à l'aide de balises Trident, matériel léger et rapide à mettre en œuvre qui sera également utilisé au voisinage des côtes où le recoupement des hyperboles sera mauvais. Enfin, la responsabilité de la préparation de la campagne, notamment de la mise en place initiale des stations Toran et Trident par voie maritime à partir de Toulon, est confiée à la MOM.

b) En septembre 1974, une nouvelle mission en Espagne du Directeur de la MOM, l'I.C.A. Bonnot, et de l'adjoint au Directeur de la MOA, l'I.A. Guyon, reprit contact à Madrid avec la Marine Espagnole et l'"Instituto Geografico y Cadastral", et, à Cadix avec l'"Instituto Hidrografico". Cette mission permit de préciser aux Espagnols le projet de campagne, de réunir les documents nécessaires pour sa préparation technique : schémas de triangulation, listes de coordonnées, fiches géodésiques et cartes diverses, enfin, de préparer la mission de reconnaissance du terrain.

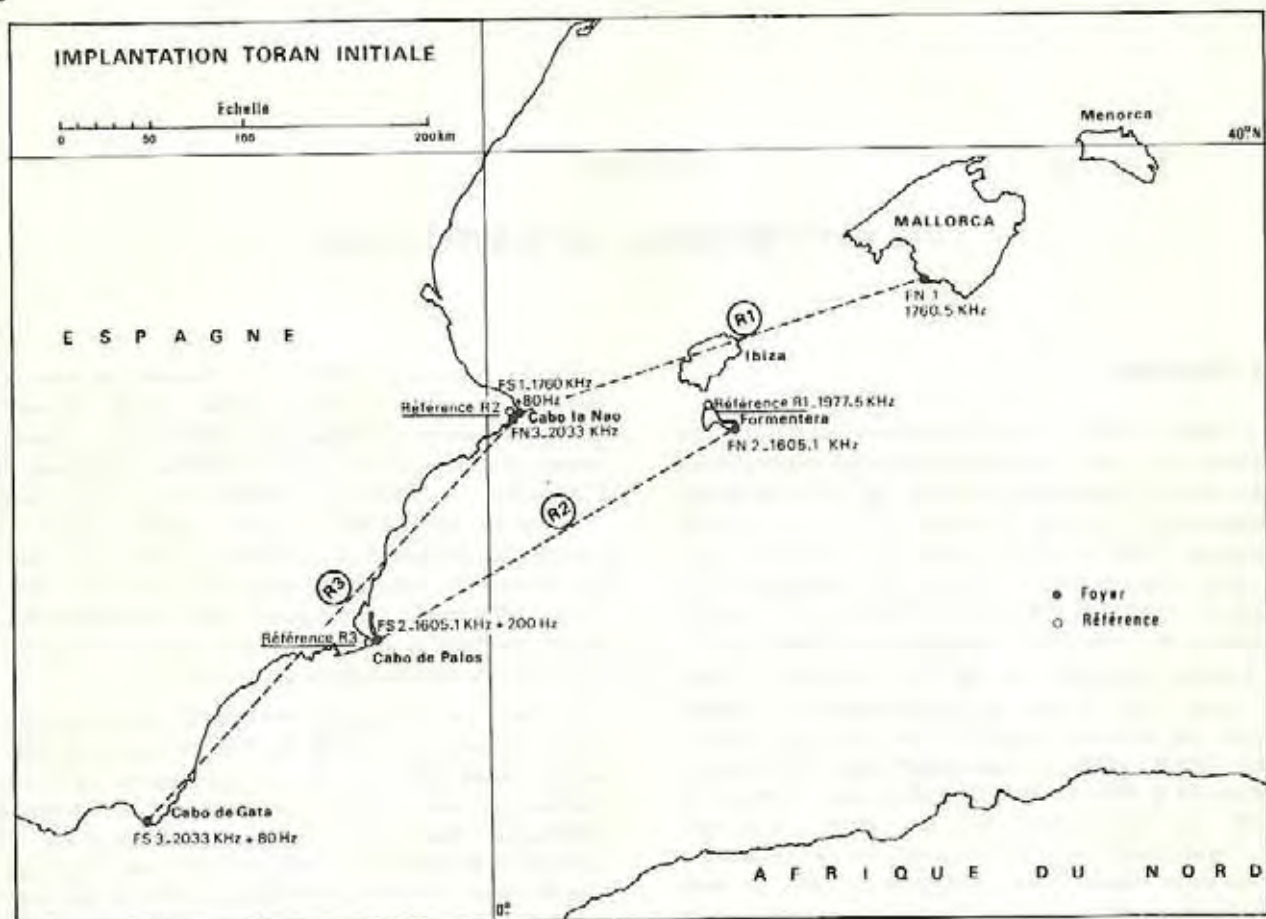
c) Cette reconnaissance a été faite le mois suivant par l'I.P.A. Habert de la MOM et l'I.A. Guyon de la MOA en compagnie d'Officiers de marine espagnols : MM. Les Lieutenants de Vaisseau De Lara de la Marine à Carthagène, Nuche de l'"Instituto Hidrografico" et Zarandona du bâtiment hydrographique *Juan de la Cosa*. Ces Officiers ont été des partenaires actifs et des intermédiaires indispensables auprès des autorités et des particuliers espagnols. La côte entre le Cap de Gate et le Cap de la Nao, les îles de Majorque, Ibiza et Formentera ont été reconnues, permettant une première implantation Toran couvrant toute la zone à l'Ouest du méridien de Majorque. Le temps a manqué pour achever la reconnaissance à Majorque et entreprendre celle de Minorque ainsi que pour la plupart des mesures géodésiques.

d) Le matériel de localisation à grande portée Toran 3 G (7 stations d'émission : 2 réseaux en mode X, soit 4 stations, et 1 réseau en mode Z, soit 3 stations) ainsi que les véhicules ont été transportés dans les ports les plus voisins des points d'implantation par la gabarre *Marcel le Bihan* du 19 janvier au 15 février 1975. Ce bâtiment servait en outre de base à l'équipe de la MOM dirigée par l'I.C.A. Bonnot en personne. Cette équipe mit en place les stations et effectua les travaux géodésiques nécessaires. Une équipe réduite, dirigée par l'I.P.A. Habert est restée en Espagne pour terminer les travaux, tant géodésiques qu'électroniques.

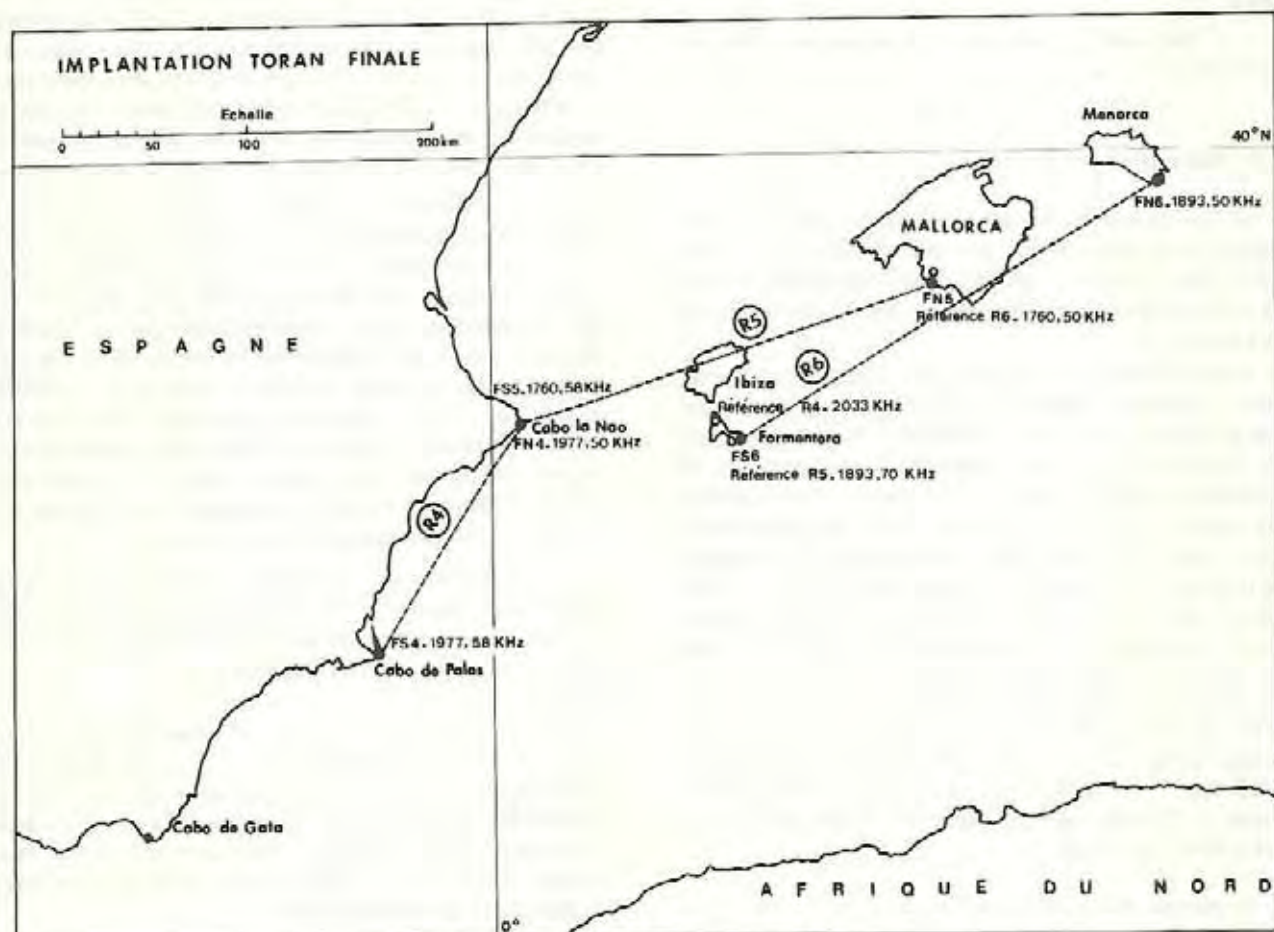
e) Le B.O. *Origny* et le B.H.1 *La Recherche* de la MOM ont effectué du 10 au 28 mars une mission dans la zone du levé pour la mise en place des balises Trident, pour essayer la chaîne et l'étalonner à l'aide de ces balises.

Début mars, une liste de coordonnées définitives avait été envoyée à l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (EPSHOM) pour calculer les mappes Toran et Trident nécessaires aux sondages. Les caractéristiques des réseaux Toran, les coordonnées des antennes et des sites Trident sont données en annexe.

(*) *Annales Hydrographiques*, 4^e série, Tome XV, 1969, p. 1.



PL. 2.



PL. 1.

f) Après le début des sondages, une équipe de la MOA dirigée par l'I.A. Guyon achèva la reconnaissance des Iles Baléares et prépara le déplacement des stations Toran pour les sondages à l'Est du méridien de Majorque, et l'implantation du Trident au Nord et à l'Est de Minorque pour couvrir une zone relativement proche de l'île où il n'est pas possible d'obtenir de bons recouvrements Toran et pour permettre aux bâtiments sondeurs de travailler pendant la mise au point de la deuxième configuration Toran.

3.3. Géodésie

Les opérations géodésiques qui ont abouti à la détermination des coordonnées des antennes furent effectuées du 21 janvier au 1^{er} mars 1975 simultanément aux opérations d'implantation et de mise en route de la chaîne Toran.

Les antennes Toran et Trident furent placées à partir des points de 1^{er}, 2^e et 3^e ordre de la triangulation espagnole, dont les coordonnées nous avaient été fournies gratuitement par le "Servicio Geografico y Cadas-tral" de Madrid. Aucun point d'une autre provenance (service Hydrographique, Service Géographique des Armées) n'a été utilisé.

D'une façon générale, tous les points retenus pour y installer une antenne se trouvent à proximité immédiate d'un point de la triangulation espagnole, les opérations de triangulation se sont alors réduites à un rattachement par cheminement à la mire invar de l'antenne au point géodésique.

Chaque fois que cela était possible et ne retardait pas outre mesure l'avancement des travaux nous nous sommes efforcés de placer l'antenne à partir de 3 points de la triangulation espagnole éloignés de 10 à 20 kilomètres. Ce fut notamment le cas pour leurs points du Cap de Gate, du Cap de Palos et du Cap de la Nao. A chaque fois, après avoir corrigé un certain nombre d'erreurs dues à la précipitation qui nous avaient causé quelques inquiétudes, nous avons obtenu des résultats corrects et suffisants, tous les lieux observés pour un point se coupant à l'intérieur d'un cercle d'un mètre de diamètre.

Un certain doute subsiste toutefois sur la précision absolue des points placés, et il n'a pas été possible de l'éliminer ce n'était d'ailleurs pas notre but, sinon il aurait fallu organiser une campagne géodésique de grande envergure, hors de proportion par rapport aux objectifs de la campagne.

Pour le comprendre, il est nécessaire de revenir sur l'origine des coordonnées fournies par les Espagnols, la nature de l'infrastructure géodésique et la qualité des fiches descriptives des points géodésiques :

L'origine exacte des coordonnées des points géodésiques espagnols est assez floue et peut varier suivant les régions et les provinces.

La triangulation espagnole dans les régions qui nous intéressaient est ancienne et les observations avaient été calculées sur l'ellipsoïde de Struve défini en 1858. Dans

un passé relativement récent le Servica Géographique Espagnol a adopté l'ellipsoïde international et a fait convertir sur ordinateur sans reprendre la triangulation, les coordonnées des points anciens dans le système Europe 50, en projection Mercator et U.T.M. Ces nouvelles coordonnées ne sont donc pas supérieures du point de vue de la précision aux anciennes.

Elles se réfèrent de plus, à des points bornés très anciens. Ces bornes qui représentent l'infrastructure géodésique se présentent sous la forme de gros piliers stationnables très visibles de 2 à 3 mètres de haut. Malgré le pessimisme du Service Géographique de Madrid qui nous avait laissé entendre que nous avions peu de chances de les retrouver, pratiquement tous les piliers ont été retrouvés. Ils étaient de plus en général dans un excellent état. Il nous a été rapporté que l'entretien de ces piliers géodésiques revient aux communes et par suite les piliers détruits ou en mauvais état dont du être reconstruits, à l'insu, semble-t-il, du service géographique central. Ont-ils été reconstruits exactement au même point ? Il n'a pas été possible d'obtenir une confirmation valable, différents avis recueillis semblant indiquer qu'ils ont été reconstruits à peu près au même endroit que l'ancien pilier.

Il n'a pas été possible, étant donné le calendrier imposé pour effectuer les opérations géodésiques préliminaires au levé, d'approfondir plus avant ces problèmes.

Par contre, en 1974, les Baléares ont été rattachées optiquement au continent espagnol par fermeture de deux grands triangles à cheval sur le continent et les Baléares, (Ibiza, Majorque).

Le calcul des nouvelles coordonnées des points géodésiques des Baléares était en cours au mois de janvier 1975. L'attente de la fourniture de ces coordonnées a retardé l'exécution de nos calculs et l'adoption des coordonnées des antennes placées sur les Baléares. Les coordonnées des points qui nous étaient nécessaires ont été calculées tout spécialement pour nous, et communiquées à titre provisoire et avec précaution, car la fermeture d'un des triangles de rattachement optique des Baléares au continent n'était pas excellente et de l'ordre de quelques secondes.

Les calculs ont été effectués en projection UTM fuseau 30 et 31.

La liste des coordonnées des antennes déterminées au cours de cette phase préparatoire est fournie en annexe 2.2. Aucune fiche géodésique n'a été établie.

Une erreur sur les coordonnées des antennes situées à Cabo Blanco a été détectée au cours du levé par la M.O.A. Cette erreur, si erreur il y a, n'a pu être réduite à cause du fait que les visées entre les points de 1^{er} ordre avoisinant le phare de Cabo Blanco et le phare lui-même ne passaient pas au ras du sol et qu'il aurait fallu ériger des tours pour effectuer des visées de vérification.

Le phare de Cabo Blanco étant point géodésique, et n'ayant retrouvé aucun pilier géodésique alentour, nous avons admis que les coordonnées fournies se rapportaient à l'axe du phare.

En résumé, la précision des coordonnées UTM fournies par les Espagnols est de l'ordre du mètre. Une incertitude de 5 mètres environ subsiste sur les coordonnées attribuées par la MOM à Cabo Blanco (Majorque) que l'étude des différentes observations n'a pas permis de diminuer, les autres résultats dans cette île paraissent assez satisfaisants.

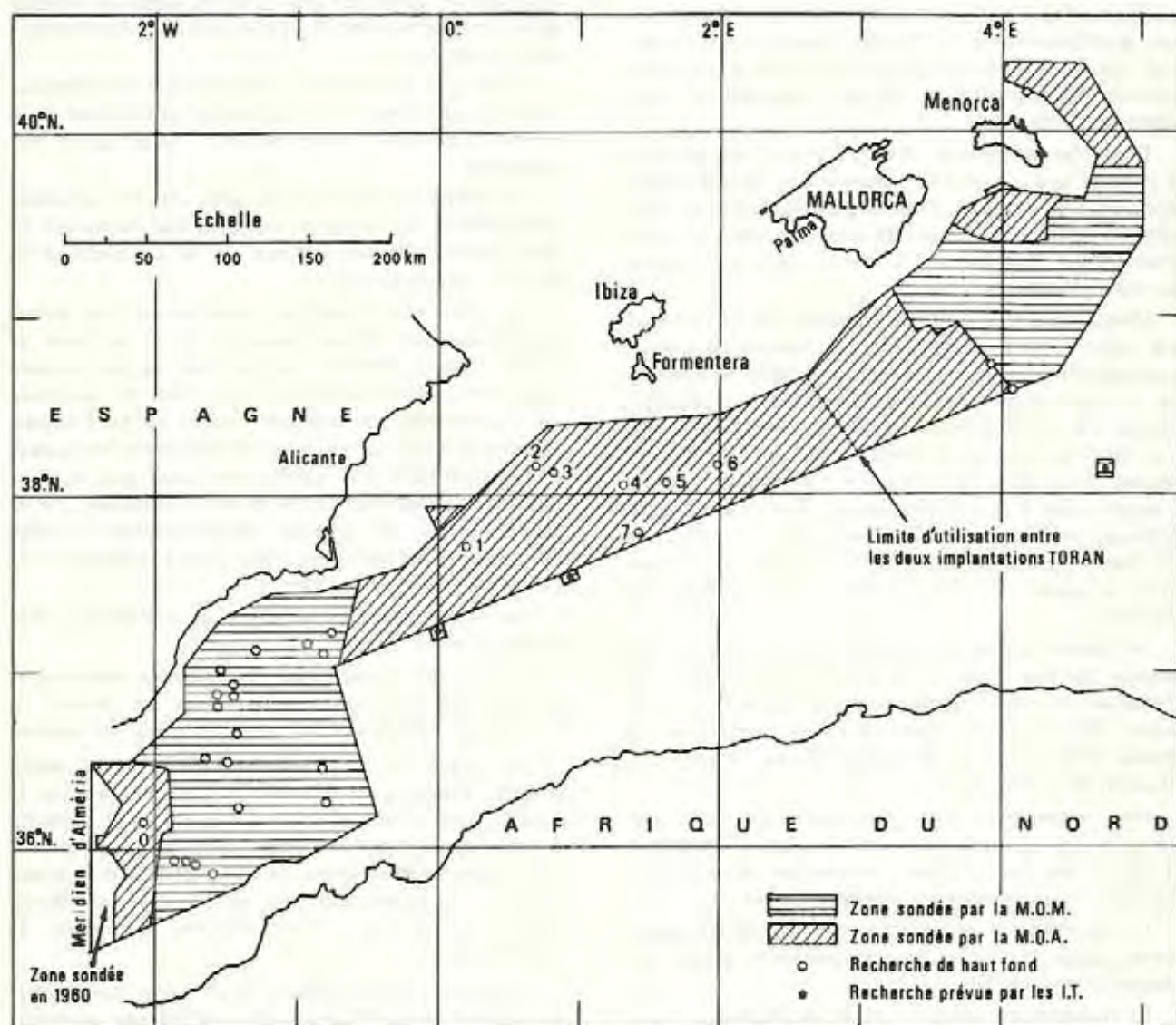
Les travaux à Minorque, où les bornes sont très nombreuses et semblent bien conservées, ont montré que les coordonnées de deux d'entre elles (Anglado et Binisaida) étaient erronées de plus de 100 mètres. Ces deux points n'ont donc pas servi pour les calculs.

Le levé bathymétrique étant rédigé à l'échelle de 1/100 000^e, et le Toran 3 G utilisant de grandes lignes de base, il n'a pas été nécessaire d'améliorer l'homogénéité des points géodésiques utilisés ce qui d'ailleurs aurait été un travail énorme dépassant les moyens normaux d'une mission hydrographique.

3.4. Exécution des sondages

Le levé bathymétrique proprement dit a été effectué du 14 avril au 31 juillet 1975 par les trois bâtiments suivants : B.O. *Origny* et B.H.1 *La Recherche* de la MOM, et B.O. *d'Entrecasteaux* de la MOA.

Comme les Instructions techniques prescrivaient que, dans la mesure du possible, les levés exécutés par les deux missions ne soient pas imbriqués pour que chaque Directeur garde la responsabilité entière de la qualité des travaux exécutés par sa Mission, la zone couverte par la première implantation Toran a été partagée en deux parties sensiblement égales : la partie Ouest, allant du méridien d'Almería, limite du levé Brie de 1961, au Cap Palos étant confiée à la MOM qui disposait de deux bâtiments sondeurs, et la partie Est à la MOA qui n'avait qu'un seul bâtiment mais cette dernière zone pouvait être levée aussi bien avec la première qu'avec la deuxième configuration Toran tandis que celle



PL. 3.

confiée à la MOM ne pouvait être levée qu'avec la première configuration et devait donc être impérativement terminée avant le déplacement des stations.

En fait, les deux bâtiments de la MOM ont eu un mauvais rendement dès le mois d'avril 1975 à cause d'avaries entraînant des séjours prolongés à Almería, où à cause d'escalas à Toulon entraînant de grands transits et des séjours prolongés au port de base, en sorte que la MOA avec le d'*Entrecasteaux* avait fini sa zone avant que la MOM n'ait achevé la sienne, contrairement aux prévisions. Le d'*Entrecasteaux* alla donc aider ses collègues toulonnais en sondant la partie la plus Ouest de la zone, celle comprise entre le méridien du Cap de Gate et le levé Brie. Cette zone fut achevée fin juin, et le démontage de la station Toran du Cap de Gate entrepris immédiatement. Celle-ci fut transportée à Port Mahon (Minorque) le 2 juillet par le d'*Entrecasteaux* ainsi que les véhicules et les balises Trident ; elle fut mis en place le jour suivant par du personnel de l'*Origny*. Tandis que le d'*Entrecasteaux* entreprenait les sondages au Nord et à l'Est de l'île à l'aide des balises Trident, le Toran n'étant pas encore réglé et couvrant mal cette région, la Recherche et l'*Origny* rentraient de nouveau à Toulon.

La chaîne Toran étant opérationnelle le 10 juillet, elle a été utilisée de façon intensive par les trois bâtiments permettant d'achever le levé le 28 juillet.

Le démontage des stations Toran commença immédiatement mais il ne fut pas achevé avant la période de permission — gardiennage des bâtiments de la MOM chargés du rapatriement à Toulon du matériel. L'*Origny* étant de nouveau en avarie en septembre, le matériel a été ramené à Toulon à l'aide de la gabarre de mer *Scarabée*.

A partir du mois de Juin, un Officier de liaison de la Marine Espagnole avait été embarqué sur le B.O. d'*Entrecasteaux* : M. le lieutenant de Vaisseau Zarandona puis le Lieutenant de Vaisseau Antonio Salgado Alaez ; leurs relations avec le bord ont été très cordiales et leur action efficace bien que ni l'un ni l'autre ne parlât le français.

3.5. Remarques sur l'exécution des sondages

a) Localisation Toran — Précision — Calage

La chaîne Toran 3 G utilisée en Méditerranée est celle qui avait été achetée par le SHOM en 1967 pour le levé du plateau continental au large de Brest. Pour alléger les stations, diminuer les délais de mise au point, et éviter d'installer une station de contrôle et de télécommande, elle a été utilisée sans levé d'ambiguïté.

Pour diminuer le nombre des émetteurs, deux des trois réseaux ont été montés en mode X, réduisant donc le nombre des émetteurs de neuf à sept ; de plus, une antenne était commune aux réseaux X et Z, diminuant donc leur nombre à 6. Cette réduction des points d'implantation a beaucoup facilité la maintenance.

Cette chaîne a très bien marché, la plupart des arrêts étant dus à des pannes de secteur suivies de panne sèche

du groupe électrogène quand le courant n'était pas revenu en temps utile.

Les constantes de calage des réseaux Toran ont été obtenues en couplant les lignes d'ombre d'une part, et par construction graphique à partir du point Trident d'autre part. Comme les constructions étaient faites au $1/100\,000^e$ et que la largeur des chenaux était de l'ordre de l'hectomètre, l'erreur fournie par un point de calage était de plusieurs dixièmes de chenal et l'on peut estimer que la précision de l'étalement dans une zone donnée où l'on moyenne de nombreux points est de l'ordre du dixième de chenal. Tous les points ont été par la suite calculés par le centre de calcul de l'EPSHOM à titre de vérification et pour le calcul des courants, mais la rédaction en temps réel ne pouvait pas en tenir compte, sauf en cas d'erreur grossière où les lignes correspondantes ont alors été corrigées.

Dans la plus grande partie de la zone à lever, l'effet de l'onde de ciel durant la nuit était très sensible, rendant la chaîne inexploitable dès le coucher du soleil jusqu'à l'aube, ce qui fait que le travail de nuit dut être fait sauf dans la zone centrale uniquement au Trident. Il était alors possible, en organisant correctement le travail, de sonder 24 heures sur 24 en quittant la zone couverte par le Trident 1 à 2 heures après le lever du soleil et en y rentrant une demi-heure avant le coucher ; cette organisation du travail a été facilitée par le fait que le levé a été exécuté de Mai à Juillet, période de l'année où les jours sont de longueur maximale. De plus, d'excellentes conditions météorologiques ont permis d'atteindre le plus souvent la portée maximale de 100 kilomètres permise par l'appareil Trident 1, ce qui fait que dans la plus grande partie du levé, une balise Trident était presque toujours à portée, donnant une vérification immédiate du calage. On peut estimer que le rendement de l'ensemble Toran-Trident utilisé a été le double de celui du seul Toran avec levé d'ambiguïté, ce dernier ne permettant pas la sonde de nuit d'une part, ni un rendement total durant le jour d'autre part, à cause du temps de calage comme on a pu l'observer durant des années au large de Brest, et cela justifie l'option Trident prise au départ.

b) Comparaison Toran Z et Toran X

Un réseau Z, avec foyers au Cap de la Noa et à Cabo Blanco (Majorque), et référence à Formentera a été utilisé avec la première configuration Toran : la réception de ce réseau était excellente dans toute la zone, sauf de nuit au sud d'Almería.

Ce réseau, dans la deuxième configuration, a été transformé en mode X avec les mêmes fréquences, la station du Cabo Blanco étant "référence" d'un réseau Formentera-Minorque. Ces réseaux étaient inexploitable, de jour comme de nuit, entre Majorque et Formentera, c'est-à-dire, en gros, au voisinage des antennes foyers modulés. Or, la seule modification importante du réseau Cap de la Noa — Cap Blanco entre les deux configurations a été la modulation de l'antenne du Cap Blanco ; le fonctionnement d'un réseau en mode X est donc moins bon que celui d'un réseau en mode Z établi dans les mêmes conditions.

c) Rédaction

A bord du "D'Entrecasteaux" disposant de vastes locaux et d'un personnel nombreux, on a cherché à faire la rédaction "en temps réel" : la sonde était dépouillée sur le sondeur même par le matelot secrétaire tandis que le gradé hydrographe chef d'équipe faisait la construction immédiatement, et la sonde était écrite le lendemain en salle de dessin. Comme en plus du sondeur, il fallait surveiller simultanément le récepteur Toran, l'interrogateur Trident, le magnétomètre, le loch pour le calcul des courants, et assurer la veille radio sur l'onde de groupe des bâtiments hydrographes, il a été nécessaire de maintenir un quart continu au P.C. scientifique de 2 gradés hydrographes et de 2 matelots.

Les hauteurs caractéristiques étaient portées au crayon sur la minute de construction par le chef d'équipe pour fixer les limites du levé, vérifier la régularité des courbes de niveau et avoir les éléments nécessaires pour entreprendre immédiatement les recherches de hauts fonds. Des recherches complémentaires étaient entreprises quelques jours plus tard, après examen de la minute de sonde si c'était nécessaire. Malgré cette double vérification, des relèvements n'ont été décelés qu'au moment du tracé définitif des lignes de niveau, et les recherches entreprises alors, mais cela n'était possible que si le bâtiment se trouvait encore dans la même zone. En particulier, une recherche a été omise dans la région d'Almería ($36^{\circ}24'N$ et $1^{\circ}56'W$) dans une zone sondée de nuit juste avant le déplacement du matériel de radiolocalisation du Sud de l'Espagne vers Minorque, l'importance du relèvement n'ayant pas été décelée et signalée sur le moment.

La Recherche et l'Origny ont cherché également à faire leur rédaction "en temps réel" comme le D'Entrecasteaux mais les résultats ont été moins heureux, notamment à cause de l'exiguïté de leurs locaux spécifiques.

d) Le D'Entrecasteaux a eu, pendant tout le levé, son magnétomètre à protons en route. La zone sondée par la MOA est donc également couverte par un levé magnétique qui a été rédigé, comme la sonde, au 1/100 000 pour ne faire qu'une seule construction.

3.6. Problèmes logistiques

A. Toran et Trident

Six stations Toran, dont une double, et dix balises Trident ont été utilisées. Au début du levé, ce matériel était réparti en Espagne continentale (3 stations Toran, dont une double, et 9 balises), Formentera (2 stations et une balise) et Majorque (1 station). La principale équipe de maintenance était en Espagne, comprenant un Lieutenant de Vaisseau, deux techniciens à statut ouvrier, spécialistes Toran ou Trident, un gradé hydrographe et un matelot, disposant de 3 véhicules (un break Peugeot, une camionnette Citroën et un camion tout terrain Saviem) était basée à la Menga, près du

Cap Palos tandis que deux équipes réduites (1 gradé + 1 quartier maître) étaient stationnées à Majorque ou à Formentera. Les liaisons radios entre ces équipes et les bâtiments étaient assurées par B.L.U. (Bande Latérale Unique) sur l'onde de groupe par vacations car seuls les bâtiments assuraient la veille continue. Ce personnel assurait la maintenance des diverses stations Toran et Trident mais n'était pas assez nombreux pour les garder, ce qui n'a pas entraîné d'inconvénients majeurs sauf au Cap de la Nao où un réseau Toran a été en panne pendant plusieurs jours par suite du vol du récepteur de compensation.

Toutes les stations Toran étaient reliées au secteur électrique, mais la distribution du courant en Espagne est très intermittente, et les pannes ne sont jamais réparées durant les week-end, ce qui a entraîné une marche sur groupe électrogène dans beaucoup de stations, et des arrêts des émetteurs, par panne sèche, quand le courant était trop long à revenir et que l'équipe de maintenance n'était pas sur place.

Le point faible de la première implantation était le Cap de la Nao où l'antenne était commune au trois réseaux, un émetteur foyer du réseau Z et un émetteur foyer modulé du réseau X débitant dans le même coupleur ; un coup de foudre sur l'antenne au mois d'Avril mit tout hors d'usage pendant quelques jours.

Dans la seconde configuration, une quatrième équipe a été installée à Minorque tandis que celle d'Espagne était allégée, toutes les balises Trident ayant été installées dans les Iles.

Pour les balises Trident, la plupart des sites retenus n'étaient pas électrifiés et la marche sur batteries a été le fonctionnement normal, d'où, comme ces batteries ne pouvaient être chargées sur place, des transports continus, et les véhicules ont beaucoup souffert d'un usage intensif sur de mauvaises routes.

B. Bâtiments de la MOM

La Recherche et l'Origny travaillant en moyenne à 36 heures de route de leur base principale de Toulon ne se sont guère absentes plus d'un mois de ce port :

— La Recherche

- du 14 Avril au 23 Mai (dont 11 jours en panne à Almería du 20 Avril au 2 Mai)
- du 5 Juin au 2 Juillet
- du 10 au 31 Juillet ;

— Origny

- du 14 Avril au 21 Mai (dont 6 jours en panne à Almería)
- du 10 Juin au 4 Juillet (dont 9 jours en panne à Ibiza et à Palma)
- du 11 au 29 Juillet.

Ces deux bâtiments ayant une faible endurance à la mer, aucune sortie à la mer n'a dépassé huit jours et n'était le plus souvent que de six, ces sorties étant séparées par des escales de ravitaillement de 2 ou 3

jours. Les deux bâtiments ont eu de plus des indisponibilités assez longues à Almería où les possibilités de réparation sont nulles.

C. D'Entrecasteaux

Ce bâtiment a appareillé de Toulon le 11 Avril, n'a pas quitté la zone de travail du 12 Avril au 1^{er} Août, et a rejoint sa base à Brest le 7 Août. Son rythme de travail normal a été de 11 jours de mer et de 3 jours d'escale un week-end sur deux.

Les escales de ravitaillement et de détente ont toujours eu lieu dans le port le plus proche du levé pour augmenter le rendement, tous les vivres frais et le gaz-oil étant pris sur place sauf pour quelques articles envoyés de Toulon par des moyens Marine, soit les bâtiments en escale aux Baléares (*Frondeur*, *Dugay-Trouin*), soit les bâtiments de la MOM. Ces derniers ont également assuré du transport de personnel.

Notons que la nécessité d'avoir tribord à quai pour pouvoir utiliser les moyens de levage du *D'Entrecasteaux* est une servitude gênante dans certains ports. D'autre part, l'augmentation de tirant d'eau, due à l'utilisation des propulseurs auxiliaires pour les manœuvres de port, ont interdit l'usage du port d'Ibiza, où il n'y a pas de remorqueur, ce qui a légèrement réduit le rendement du navire.

D. Comparaison de l'activité et du rendement des bâtiments

Les différences d'utilisation des bâtiments sont résumées dans le tableau suivant concernant la période

du 14 Avril au 31 Juillet inclus, soit 109 jours, durant lesquels les trois bâtiments ont sondé 103, 4 jours pour achever le levé, la répartition entre bâtiments étant :

	Jours de sonde	Surface sondée
<i>D'Entrecasteaux</i>	54,2 %	55,3 %
<i>La Recherche</i>	29,3 %	27,7 %
<i>Origny</i>	16,5 %	17,0 %

Le pourcentage des jours de sonde et de la surface sondée sont très voisins ce qui est normal, le *D'Entrecasteaux* et *La Recherche* ayant pratiquement sondé à 12 nœuds et l'*Origny* à 10,5 nœuds.

E. Utilisation de l'hélicoptère

Une Alouette II, fournie par la formation 22 S, a été embarquée sur le B.O. *D'Entrecasteaux* le 11 Avril, au départ de Toulon, jusqu'au 7 Août, arrivée à Brest.

Cet appareil a rendu les plus grands services pour les liaisons avec la terre : mise en place de balises Trident, transport de matériel, de techniciens dépanneurs aux stations en avarie, de blessés ou de malades à l'hôpital, du courrier, préparation des escales, etc., malgré ses limites d'utilisation à la mer. En effet, cet appareil ne peut s'éloigner à plus de 20 milles nautiques d'une aire d'atterrissage, c'est-à-dire effectuer des traversées de plus de 40 nautiques au-dessus de la mer, et ne pouvant naviguer qu'à vue, n'ayant pas de

Activité des bâtiments du 14.4 au 31.7.75

	<i>D'Entrecasteaux</i>	<i>La Recherche</i>	<i>Origny</i>
Jours de sonde	56,0	30,34	17,04
Transit Toulon Espagne	0	} 25,21	15,29
Transit normaux	10		} 10,83
Attente calage Toran	2		
Attente panne Toran	6		
Attente météo	1	3,83	
Total jours de mer	75 dont 4 au mouillage	59,4	43,1
Milles parcourus	20 500 environ	17 240	11 118
Escale en Espagne	34	16,58	19
Jours de panne en Espagne	0	11,33	16
Escale à Toulon	0	21,71	31
Total jours d'escale	34	49,6	65,9
Rendement en %			
J. mer/J. totaux	69 %	55 %	40 %
J. sonde/J. mer	75 %	51 %	40 %
Rendement en sonde au mille parcouru (*)	78,6 %	50,7 %	44,1 %

(*) Pour calculer ce rendement, on suppose qu'une journée de sonde correspond à 288 milles utiles, la vitesse moyenne de sonde étant 12 nœuds.

moyens de radionavigation. Le temps d'utilisation de l'hélicoptère a été de 84 heures, soit 20 heures par mois.

La mise en œuvre de cet appareil n'a pas posé de problème particulier, la plate-forme du *D'Entrecasteaux* étant excellente, et ses mouvements très réduits, non pas grâce à la stabilisation qui est complètement inefficace, mais grâce au beau temps habituel en cette saison en Méditerranée. La liaison V.H.F. Navire-Hélicoptère était excellente et l'appareil était en général détecté par le radar Raythéon de 10 centimètres

de longueur d'onde à 15 milles nautiques du bâtiment, ce qui facilitait l'approche finale en cas de mauvaise visibilité. Notons cependant la présence indispensable d'un lot de maintenance indispensable mais nettement trop volumineux pour être mis dans l'atelier aviation, et qui ne peut être mis en cale car il n'y a pas de moyens de manutention pour du matériel volumineux entre la cale et le niveau de la plateforme hélicoptère. Ce matériel, entièrement en containers étanches, a donc été stocké sur l'avant de la plate-forme, de chaque côté du hangar, donc dans une zone non abritée.

CHAPITRE IV

TRAVAUX DIVERS

4.1. Travaux hydrographiques divers

a) *Reconnaissance d'amers*

Le transit Bordeaux-Brest, après Océanexpo en Octobre 1974, a été mis à profit pour exécuter une reconnaissance d'amers entre la Pointe de la Coubre et l'Île d'Yeu. L'hélicoptère Alouette II, embarqué pour cette sortie, n'a pu être utilisé à cause du mauvais temps.

b) *Recherches d'épaves en Iroise et en Manche*

Des recherches d'épaves au magnétomètre et au sondeur ont été faites en Iroise en Octobre 1974 et en Manche Occidentale, en Novembre 1974, les études précédentes de ces épaves étant insuffisantes. Le Sonal I.F.P. n'a pu être utilisé pour ce travail, les prises multiples sur le touret étant avariées.

c) *Bathymétrie — Gravimétrie — Magnétométrie*

Durant les transits Brest-Ponta Delgada en Février 1975, Ponta Delgada-Gibraltar en Mars 1975 et Palma de Majorque-Brest en Août 1975, le sondeur, le gravimètre et le magnétomètre étaient en fonction. Les routes à suivre avaient été fixées d'après les indications fournies par l'EPSHOM pour boucher les blancs des minutes GEBCO. La localisation hors de vue de terre était obtenue soit à l'aide des satellites Transit, soit par les méthodes classiques, estime et points astronomiques, l'utilisation des réseaux Oméga ayant été décevante. La rédaction est faite au 1/1 000 000^e, échelle des minutes GEBCO.

4.2. Essais de matériel

a) *Bathysonde Guildeline*

Une station hydrologique complète a été effectuée en Octobre 1974 avec bouteille, thermomètre et bathysonde Guildeline pour étalonner cette dernière jusqu'à trois mille mètres de profondeur. Cette station a confirmé les excellents résultats obtenus avec ce matériel durant la campagne Océanographique de Norvège de l'été 1974 sous la direction de l'I.C.A. Schrupf.

Un panier multiéchantillonneur Codévinetec avec ses accessoires a été livré en Octobre 1974. Ce matériel se marie assez mal avec la bathysonde Guildeline, le diamètre de cette dernière étant trop important pour se mettre au milieu du panier, et deux bouteilles ont dû être sacrifiées pour mettre la bathysonde : le poids

de cette dernière déséquilibre alors complètement l'ensemble. Malgré ce "bricolage", les résultats sont bons, mais le point faible de l'ensemble est toujours le câble multiconducteur.

b) *Courantomètre Doppler (Thomson-CSF)*

L'étude d'un courantomètre à effet Doppler a fait l'objet d'un contrat de la Direction des Recherches et Moyens d'Essais (D.R.M.E.) auprès de la Thomson-CSF de Brest, l'organisme pilote étant l'EPSHOM.

Le principe de cet appareil est analogue à celui du loch à effet Doppler travaillant en réverbération de volume, mais tandis que ce dernier n'effectue qu'une seule mesure sur la couche située à 60 mètres d'immersion, le courantomètre effectue 32 mesures successives à cadence très rapide (période de base 0,25 s) sur chacune des 32 couches de 3 mètres d'épaisseur situées sous la base d'émission-réception. Ce qui revient à faire 4 coupes de courant à la seconde de 100 mètres d'épaisseur environ si les mouvements de la base sont connus par ailleurs.

Pour vérifier la validité du principe de ce courantomètre, la Thomson-CSF de Brest a réalisé une maquette qui a été expérimentée sur le B.O. *D'Entrecasteaux* en Octobre et Novembre 1974. Cette maquette n'est qu'un appareil expérimental visualisant, au choix de l'opérateur, l'une des trois composantes sur l'une des 32 couches, la base utilisée, semblable à celle du loch du même fournisseur, étant montée sur un bâti hors bord qui ne pouvait être laissé en place que bâtiment stoppé ou en marche très lente : il ne s'agit donc pas d'un appareil opérationnel.

Après réglage à quai, les essais ont eu lieu au mouillage en grande rade de Brest par 25 mètres de fond, mais la variance des mesures était si forte que, pour éliminer l'influence des embardées du bâtiment, les essais ont été repris à l'embossage en baie de Roscarvel quelques jours plus tard, deux coffres ayant été mouillés dans ce but par la Direction du Port de Brest. Puis, pour vérifier la portée de l'appareil, les essais ont été poursuivis en Iroise, au mouillage, par fond de près de 100 mètres.

Ces essais ont montré que le principe de l'appareil était excellent et que la portée prévue était obtenue avec les puissances d'émission envisagées. Les mesures des composantes longitudinales et transversales sont cohérentes avec celles obtenues par les moyens classiques. Par contre, la mesure de la composante verticale pour laquelle on ne peut éliminer l'influence des mouvements de plate-forme n'a aucun sens physique.

Ces résultats ont permis de définir les spécifications d'un nouvel appareil, opérationnel cette fois, dont l'étude et la réalisation ont été confiées au même industriel. Il est nécessaire en particulier de combiner la base du courantmètre avec celle du loch pour diminuer l'encombrement des fonds du bâtiment, de prévoir l'utilisation simultanée des deux appareils pour pouvoir obtenir directement les mouvements de la base par rapport au fond pour l'utilisation sur le plateau continental, et de faire la sortie de cet appareil sur le Satad, la mesure du courant de façon continue et quasi simultanée à 32 profondeurs différentes ne pouvant être traitée que par des moyens informatiques. Par ailleurs, la sortie de la composante verticale, non significative, peut être omise.

c) Satad

Le Système d'Acquisition et de Traitement Automatique des Données (Satad) construit par la Société de Fabrication d'Instruments de Mesures SFIM a été installé à bord du B.O. *D'Entrecasteaux* en Janvier 1975 pour essais et évaluation.

Dans le contexte général des projets d'automatisation des levés et de la cartographie du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, le Satad doit assurer la saisie, le contrôle et l'exploitation des données hydrographiques et océanographiques à bord des bâtiments spécialisés tandis que le système Cartas doit transformer ces données en carte, à l'EPSHOM.

Le Satad est organisé autour de deux ordinateurs interconnectés, un Marina développé par la SFIM pour résoudre les problèmes d'acquisition à cadence rapide de paramètres de natures variées, et un Mitra 15 de la CII pour le traitement de l'information en temps réel. Les grandeurs saisies et traitées par le système sont :

- la profondeur, à l'aide de sondeurs petits fonds

Atlas ou grands fonds, à base, stabilisée ou non, EDO ;

- la température, la pression, la conductivité, informations délivrées par une bathysonde Guildeline ;
- la gravité fournie par un gravimètre Askania ;
- le magnétisme total mesuré par un magnétomètre à protons Varian ;
- etc.

Ces grandeurs, acquises en temps réel, sont localisées à partir des informations de cap et de vitesses ainsi que de radiolocalisateurs Trident, Toran, Oméga et Transit. La mesure de profondeur est corrigée à partir des paramètres caractéristiques de l'attitude instantanée du bâtiment : roulis, tangage et pilonnement.

La capacité d'entrée du système avec la configuration actuelle est, outre la sonde, de — 32 paramètres analogiques continus, 8 paramètres de synchro-détection, — 32 informations numériques à 16 digits.

Etant donné les "maladies de jeunesse" de l'appareil, en particulier du calculateur Mitra 15 dont le logiciel fourni par la CII n'est pas au point, il est encore trop tôt pour avoir un avis définitif sur ce matériel. Cependant, tous les problèmes d'acquisition des données par Marina semblent résolus, sauf celui de l'enregistreur magnétique, car les unités à cassette SFIM ne sont pas valables et devront être remplacées par un dérouleur classique compatible avec ceux du centre de calcul de l'EPSHOM. Le traitement en temps réel de la navigation par Mitra 15 n'a jamais fonctionné dans son ensemble, mais il ne s'agit, semble-t-il, que d'un simple problème de mise au point et de coordination, chaque programme élémentaire fonctionnant parfaitement.

En résumé, le Satad est un système très ambitieux, qui n'a pas encore fonctionné mais, à la date du 1^{er} Octobre 1975, il est très vraisemblable que la réussite soit imminente.

ANNEXE I

CARACTERISTIQUES DES RESEAUX TORAN EN ESPAGNE ET AUX BALEARES

Réseau	Stations	Type	Fréquences
I mode Z	Phare de Cabo Blanco Cap de la Nao Sabina de Formentera	Foyer N Foyer S Référence	1760,500 1760,580 2033
II mode X	Phare de Formentera Cap de Palos Cap de la Nao	Foyer N Foyer S Référence	1893,500 1893,700 1977,500
III mode X	Cap de la Nao Cap de Gate Cap de Palos	Foyer N Foyer S Référence	1977,500 1977,580 1893,700
IV mode Z	Cap de la Nao Cap de Palos Sabina de Formentera	Foyer N Foyer S Référence	1977,500 1977,580 2033
V mode X	Phare de Cabo Blanco Cap de la Nao Phare de Formentera	Foyer N Foyer S Référence	1760,500 1760,580 1893,700
VI mode X	Batterie de Biniancola Phare de Formentera Phare de Cabo Blanco	Foyer N Foyer S Référence	1893,500 1893,700 1760,500

Les réseaux I, II et III ont été en place de Janvier à Juin 1975, les réseaux IV, V et VI en Juillet 1975 uniquement.

Dans les deux configurations, l'antenne du Cap de la Nao était commune pour deux émetteurs, étant

antenne foyer d'un réseau Z et une antenne foyer des réseaux X, modulé dans la première configuration, non modulé dans la deuxième, ce qui fait que dans la première configuration, cette antenne était commune aux trois réseaux I, II et III, aux réseaux IV et V dans la seconde.

ANNEXE II

COORDONNEES DES ANTENNES TORAN ET TRIDENT
UTM – EUROPE 50 – FUSEAU 30 OU 31

A. Antennes Toran

Points	X	Y	Fuseau
Cap de Gate, Foyer S III	572 282,8	4 064 649,9	30
Cap de Palos – Foyer S II,			
Référence III, Foyer S IV	704 042,0	4 167 795,8	30
Cap de Palos – Compensation III	703 658,1	4 167 636,2	30
Cap de la Nao – Foyers S I et			
V, N III et IV, réf. II	259 313,9	4 291 069,0	31
Cap de la Nao – Compensation II	259 150,7	4 291 355,7	31
Salina de Formentera			
Référence I et IV	363 058,9	4 288 526,4	31
Sabina de Formentera			
Compensation I et IV	363 350,0	4 288 770,6	31
Phare de Formentera			
Foyers N II et S VI et			
Référence V	376 849,9	4 280 664,3	31
Phare de Formentera			
Compensation V	376 888,3	4 281 105,2	31
Cabo Blanco – Foyers N I			
et V, réf. VI	481 926,6	4 357 290,1	31
Cabo Blanco – Compensation VI	481 723,9	4 357 628,2	31
Biniancola – Foyer N VI	609 185,0	4 409 207,5	31

B. Balises Trident (fuseau 31 jusqu'à Nao, 30 ensuite)

Points	X	Y	Z
<i>Minorque</i>			
Favaritz (Phare)	608 237	4 428 417	55
Caballeria	593 209	4 438 407	80
Monte Toro	595 148	4 426 879	357
Dartruch	570 534	4 419 688	55
La Mola	613 180	4 415 014	90
Biniancola	609 676	4 409 230	90
Cala Morele	574 384	4 433 852	110
<i>Majorque</i>			
Cap de Pera	541 027	4 396 509	55
San Salvador	516 060	4 367 543	510
Gosta	505 601	4 347 228	55
Cabo Blanco	481 809	4 357 349	65
<i>Formentera</i>			
Phare	376 876	4 280 572	
<i>Espagne</i>			
Phare de la Nao	259 340	4 290 967	
Alicante	720 377	4 247 696	
Santa Pola	717 796	4 232 196	
Torre del Moro	706 324	4 288 746	
Cap de Palos	703 915	4 168 003	
Timoso	667 210	4 156 160	
Aguilas	625 861	4 140 577	
Mojaca	602 206	4 111 357	
Roldan	597 474	4 089 168	
San Jose	579 818	4 067 957	
Gate	572 185	4 064 507	
Castel del Ray	544 915	4 076 137	
Sabinal	526 797	4 060 383	

MISSION HYDROGRAPHIQUE DE L'ATLANTIQUE (septembre 1974 - avril 1976)

par

M. Michel DARS
Ingénieur en Chef de l'Armement (hydrographe)

SOMMAIRE

Chapitre 1. — Généralités

- 1.1. — Organisation générale
- 1.2. — Personnel
- 1.3. — Moyens à terre et moyens de transport
- 1.4. — Moyens flottants
- 1.5. — Matériels divers
 - 1.5.1. — Sondeurs
 - 1.5.2. — Liaisons radio
 - 1.5.3. — Courantographe
- 1.6. — Travaux effectués

Chapitre 2. — Radiolocalisation

- 2.1. — Généralités
- 2.2. — Chaînes Toran
 - 2.2.1. — Toran-3G
 - 2.2.2. — Toran-3D
 - 2.2.3. — Toran-P10
- 2.3. — Chaîne Trident
 - 2.3.1. — Configuration et utilisation
 - 2.3.2. — Évaluation de la précision
 - 2.3.3. — Commentaires

Chapitre 3. — Vérification du chenal d'accès à Dunkerque

- 3.1. — Généralités
- 3.2. — Caractéristiques et déroulement des travaux
 - 3.2.1. — Localisation
 - 3.2.2. — Levé au sondeur latéral et au magnétomètre
 - 3.2.3. — Recherches proprement dites
- 3.3. — Résultats

Chapitre 4. — Levé du Pas-de-Calais et en Mer du Nord

- 4.1. — Généralités
 - 4.2. — Caractéristiques et déroulement des travaux
 - 4.2.1. — Localisation
 - 4.2.2. — Sondages
 - 4.2.3. — Epaves
 - 4.2.4. — Courants
 - 4.3. — Rédaction
- Annexe : Points utilisés

Chapitre 5. — Levé entre Gris Nez et Le Touquet

- 5.1. — Généralités
 - 5.2. — Caractéristiques et déroulement des travaux
 - 5.2.1. — Localisation
 - 5.2.2. — Sondages
 - 5.2.3. — Epaves
 - 5.3. — Rédaction
- Annexe : Points utilisés

Chapitre 6. — Levé en Manche Sud-Orientale

- 6.1. — Généralités
- 6.2. — Caractéristiques et déroulement des travaux
 - 6.2.1. — Localisation
 - 6.2.2. — Sondages
 - 6.2.3. — Recherche de l'épave d'un chaland
 - 6.2.4. — Epaves
- 6.3. — Rédaction

Chapitre 7. — Travaux à Cherbourg

- 7.1. — Généralités
 - 7.2. — Caractéristiques des travaux
 - 7.2.1. — Localisation
 - 7.2.2. — Bathymétrie
 - 7.2.3. — Recherches de haut-fonds et d'épaves
 - 7.3. — Rédaction
- Annexe : Points déterminés ou utilisés

Chapitre 8. — Levé à l'entrée de la Manche

- 8.1. — Généralités
- 8.2. — Caractéristiques et déroulement des travaux
 - 8.2.1. — Localisation
 - 8.2.2. — Sondages
- 8.3. — Rédaction

Chapitre 9. — Courantométrie en rade-abri de Brest

- 9.1. — Généralités
- 9.2. — Caractéristiques et déroulement des travaux
 - 9.2.1. — Concours locaux
 - 9.2.2. — Déroulement des travaux
- 9.3. — Matériel utilisé
 - 9.3.1. — Dispositifs de mouillage
 - 9.3.2. — Courantomètres Mecabolier

Chapitre 10. — Travaux au large de Brest

- 10.1. — Vérification de profondeur sur la Basse de l'Iroise
 - 10.1.1. — Généralités
 - 10.1.2. — Localisation
 - 10.1.3. — Sondages
 - 10.1.4. — Dragages
 - 10.1.5. — Rédaction
- 10.2. — Levé au sud des Pierres Noires
 - 10.2.1. — Généralités
 - 10.2.2. — Localisation
 - 10.2.3. — Bathymétrie
 - 10.2.4. — Courantométrie
 - 10.2.5. — Rédaction

Chapitre 11. — Travaux à Lorient

- 11.1. — Généralités
- 11.2. — Caractéristiques et déroulement des travaux
 - 11.2.1. — Localisation
 - 11.2.2. — Sondages
 - 11.2.3. — Recherches d'obstructions ou d'épaves
 - 11.2.4. — Courants
- 11.3. — Résultats obtenus
 - 11.3.1. — Bathymétrie
 - 11.3.2. — Epaves ou obstructions
- 11.4. — Rédaction

Annexe : Points utilisés

Annexe. — Evaluation du sondeur latéral Edgerton (par ICA Dars et IPA Souquière)

- 1. — Introduction
- 2. — Mise en œuvre de l'appareil au cours du levé
 - 2.1. — Description de l'appareil
 - 2.2. — Mise en œuvre
 - 2.3. — Fonctionnement de l'appareil
 - 2.4. — Améliorations souhaitées
- 3. — Exploitation des enregistrements
 - 3.1. — Echos significatifs
 - 3.2. — Position de l'écho et hauteur au-dessus du fond
- 4. — Résultats obtenus
- 5. — Conclusions

LISTE DES PLANCHES

- Pl. 1 — Travaux effectués
- Pl. 2 — Implantation de la chaîne Toran P10 entre Boulogne et Berck
- Pl. 3 — Implantation des balises Trident entre Calais et Boulogne
- Pl. 4 — Levé de vérification du chenal de Dunkerque
- Pl. 5 — Chaînes de radiolocalisation en Mer du Nord
- Pl. 6 — Zone sondée en Mer du Nord et Pas-de-Calais
- Pl. 7 — Zone sondée entre le Cap Gris-Nez et le Touquet
- Pl. 8 — Observatoire de marée de Boulogne
- Pl. 9 — Zone sondée en Manche Sud-Orientale
- Pl. 10 — Implantation des chaînes Hi-Fix et Toran Baie de Seine
- Pl. 11 — Zone sondée à Cherbourg
- Pl. 12 — Observatoire de marée de Cherbourg
- Pl. 13 — Zones sondées à l'entrée de la Manche
- Pl. 14 — Stations de courantométrie en rade-abri de Brest
- Pl. 15 — Schéma de mouillage de courantographe avec bouée GM 1
- Pl. 16 — Schéma de mouillage de courantographe en rade-abri de Brest
- Pl. 17 — Zone sondée au sud des Pierres Noires (au large de Brest)
- Pl. 18 — Courantométrie au sud des Pierres Noires (schéma de mouillage)
- Pl. 19 — Zone sondée devant Lorient
- Pl. 20 — Observatoire de marée de Port-Louis (Locmalo)
- Pl. 21 — Zone explorée au sondeur latéral devant Antifer

CHAPITRE I

GENERALITES

Le présent rapport décrit l'activité de la Mission Hydrographique de l'Atlantique (MHA) au cours de la période s'étendant du 20 Septembre 1974 au 20 Avril 1976 durant laquelle j'ai assuré les fonctions de Directeur de la Mission.

1.1. Organisation générale

Durant la période ci-dessus, l'organisation générale est demeurée pratiquement identique à celle décrite par les directeurs antérieurs. Les remarques de mon prédécesseur, M. Pasquay(*), concernant l'embarquement des ingénieurs, le rôle du Directeur en tant que chef de corps et la répartition des officiers-mariniers hydrographes restent entièrement valables. Je souligne de plus que la proximité de l'Etablissement Principal du Service Hydrographique (EPSHOM) et de son centre de calcul a permis de réduire les délais de transmission, d'alléger le travail de rédaction et par suite d'en accélérer l'exécution.

L'élément naval de la Mission, appelé "Groupe des Bâtiments Hydrographiques de l'Atlantique" (GBHA), était initialement composé de trois bâtiments. Il a été réduit à deux par suite de la mise en réserve du BH1 *La découverte* à partir du 18 Novembre 1974.

Le rattachement organique du GBHA à la Deuxième Escadrille de Dragages et des Forces Côtières (ESDRA DEUX) a eu dans l'ensemble des effets bénéfiques. Les avantages apportés par le soutien logistique et administratif de cette Force Navale me paraissent l'emporter largement sur quelques inconvénients mineurs grâce à l'excellent esprit de coopération que j'ai rencontré auprès de son Commandant et de son état-major.

La Mission a été constituée en Centre de responsabilité doté d'un budget de fonctionnement d'unité (BFU) à compter du 1^{er} Janvier 1976. L'expérience est trop récente pour que l'on puisse porter un jugement.

1.2. Personnel

L'Ingénieur en Chef de l'Armement (Hydrographe) Dars, Directeur de la Mission, était assisté de deux ingénieurs adjoints :

- M. Souquière, Ingénieur de l'Armement (Hydrographe), jusqu'en Novembre 1974.

- M. Ancelin, Ingénieur de l'Armement, à partir de Novembre 1974.

- M. Auffret, Ingénieur des Etudes et Techniques d'Armement, spécialité "Hydrographie", en complément de formation à sa sortie de l'ENSIETA, à partir de Septembre 1974.

La base de la Mission (BMHA), échelon terrestre disposant des locaux de Toulbroc'h, a été commandée par M. Thomas, Officier des Equipages, jusqu'au 1^{er} Juillet 1975, puis par M. Abguillem, Officier des Equipages, à partir du 1^{er} Novembre 1975.

Comme les années précédentes, des officiers de réserve de la branche "Recherche Scientifique" ont été affectés à la BMHA pour mise à la disposition directe du Directeur de la Mission : à savoir MM. Pinart et Poreya puis MM. Geeraert et Pons. Ils ont rendu d'excellents services pour la maintenance et l'exploitation du matériel scientifique et électronique de la Mission (chaînes de radiolocalisation et sondeur latéral notamment) et pour le traitement informatique des données recueillies à la mer. La diversification du matériel visé ci-dessus m'a conduit à les embarquer sur les bâtiments de la Mission beaucoup plus fréquemment que ne l'avaient été leurs prédécesseurs.

Le plan d'armement de la Mission comportait initialement 17 officiers-mariniers hydrographes, nombre ramené à 13 en 1975. L'effectif réel a été heureusement constamment supérieur au plan d'armement ; il a été ainsi possible de conserver presque en permanence une équipe, de volume variable, en salle de dessin, mesure sans laquelle les travaux de rédaction auraient pris un retard notable, compte-tenu en particulier de l'importance des travaux de dépouillement découlant de la campagne de courantométrie en rade-abri de Brest (Novembre 1974 à Avril 1975).

La Mission disposait de plus de M. de Kerpoisson, Ingénieur sous contrat des Constructions Navales, chargé d'assurer la maintenance du matériel électronique de la Mission et notamment du matériel de radiolocalisation. Son expérience nous a été particulièrement précieuse pour assurer la disponibilité et l'utilisation de ces matériels.

La Mission a, à plusieurs reprises, fait appel aux plongeurs de Brest, Lorient et Cherbourg pour mouillage et relevage de courantographes et vérification d'épaves ou obstructions. Etant donné la nature des travaux effectués par la Mission durant la période concernée par le présent rapport, la présence de plongeurs aurait été très profitable notamment au cours des travaux en Manche et devant Calais et Dunkerque.

(*) *Annales Hydrographiques* 5^{ème} série Vol. 6 fasc. 1 (1978) n° 748.

1.3. Moyens à terre et moyens de transport

Bien qu'il ne soit guère possible de remédier à l'aspect extérieur vétuste des locaux de Toulbroc'h, des améliorations sensibles ont été apportées dans le domaine du confort et du sanitaire grâce à l'action dynamique des commandants successifs de la base.

Le plan d'armement de la Mission en véhicules, dont la modification avait été demandée par mon prédécesseur, a été fixé en définitive à :

- 3 voitures de liaison (Break Peugeot 404).
- 3 camionnettes (2 HY Citroën — 1 Peugeot 404 C).
- 1 camion (SAVIEM 4 x 4).

Sa composition et son volume sont bien adaptés aux besoins actuels de la Mission. Le matériel a été maintenu en bon état dans l'ensemble malgré de durs services grâce au concours efficace du Centre Auto Principal (CAP) de Brest. La zone principale de travail de la Mission étant la Manche et le Pas-de-Calais et les bâtiments ne pouvant embarquer les véhicules nécessaires aux travaux à terre, ceux-ci devaient rallier par voie terrestre au prix de longs transits. Autant que possible, ils étaient gardiennés au sémaphore de Boulogne pendant les périodes de non-utilisation. Le ravitaillement en carburant dans les stations civiles n'a posé aucun problème grâce aux cartes ELF obtenues par mon prédécesseur pour plusieurs véhicules de la Mission.

N'ayant plus de stations de radiolocalisation en Irlande et en Grande-Bretagne, la Mission n'a pas eu à faire appel aux moyens de transport de l'Aéronavale. Seules, quelques missions de dépannage ont été assurées par hélicoptère vers la station d'Ouessant avant son démontage en Juin 1975.

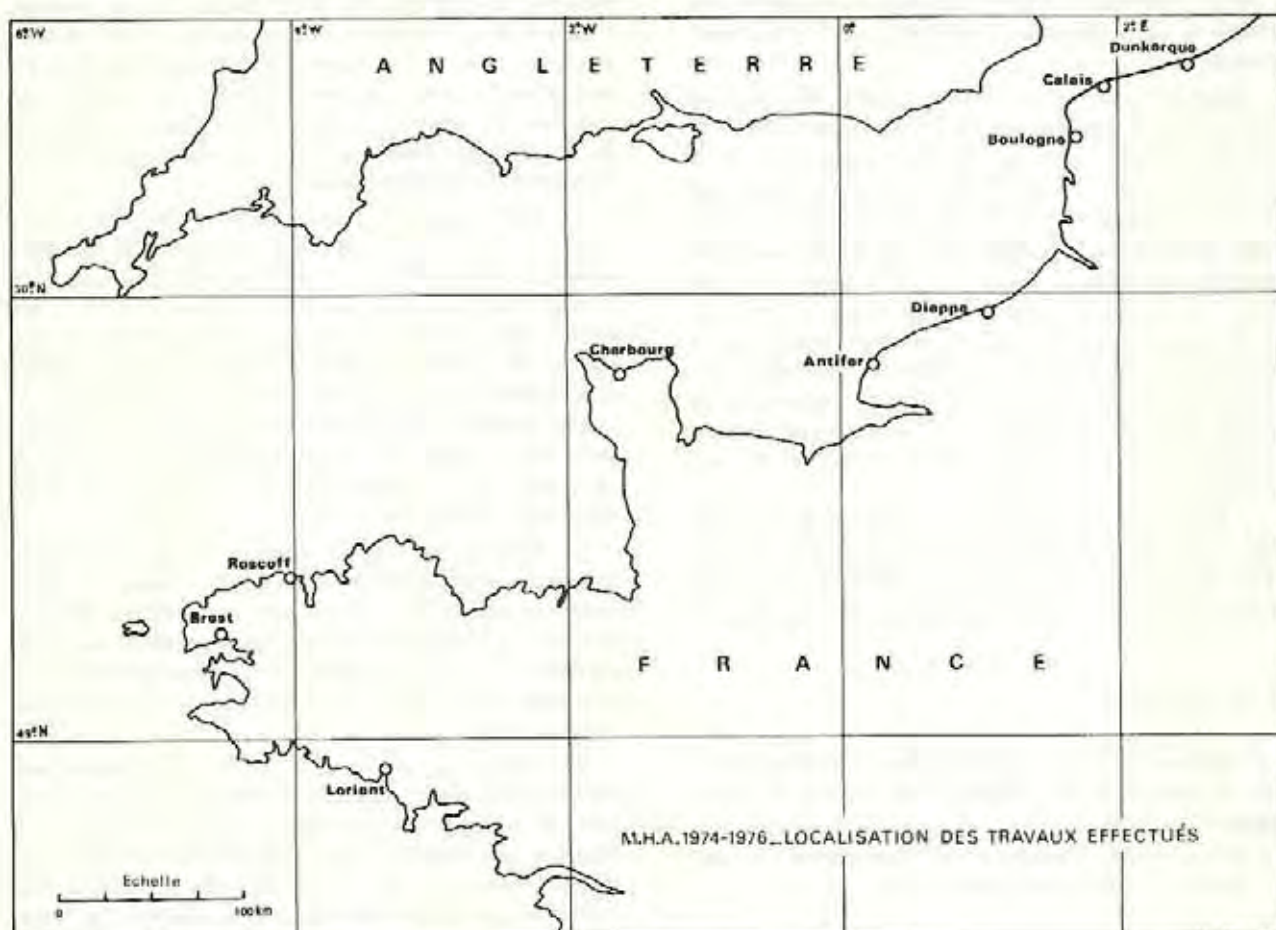
1.4. Moyens flottants

L'ensemble des moyens flottants de la Mission, constitué par le GBHA, a comporté trois puis deux bâtiments durant la période concernée :

— Le BH1 *La Découverte*, bâtiment vétuste et gros consommateur de gazole, a accompli sa dernière sortie à la mer en travaux hydrographiques côtiers devant Calais, de septembre à novembre 1974. Ce bâtiment a été retiré du GBHA le 18 novembre 1974 pour mise en réserve spéciale. Il était commandé par M. Dalibot, Lieutenant de Vaisseau.

— Le BH1 *L'Espérance* fut commandé successivement par M. Guillou, Lieutenant de Vaisseau puis Capitaine de Corvette, jusqu'au 8 mars 1976 ; puis par M. Ferri, Lieutenant de Vaisseau. Il a été parfaitement décrit dans le rapport de mon prédécesseur, M. Pasquay.

Ce bâtiment, bien adapté aux travaux de grande sonde au large, présente quelques déficiences quant à l'utilisation de ses embarcations et en particulier du



Pl. 1. —

système de mise à l'eau. La flèche trop courte de la grue ne permet pas de déborder suffisamment les embarcations d'où chocs fréquents et risque de dégâts pour les coques et superstructures déjà fragiles à cause de leur vétusté. Les boulons de fixation de la boîte de jonction des commandes hydrauliques de la grue, soumis à de fortes pressions, sont sous-dimensionnés et ont cédé à plusieurs reprises. Enfin l'absence de tangons pour embarcations obligeait à hisser les embarcations après chaque séance de travail pour raisons de sécurité.

— Le BH2 *Astrolabe* fut commandé successivement par M. Corbel, Officier des Equipages, jusqu'au 19 septembre 1975 : puis par M. Benoît, Officier des Equipages. Je rappelle deux défauts de ce petit bâtiment : un certain manque de stabilité, nécessitant la proximité d'un abri en cas de mauvais temps, et une capacité insuffisante de logement, d'autant plus gênants que ce bâtiment est souvent appelé à travailler pendant de longues périodes loin de son port de base et en autonomie.

J'ajouterai deux remarques valables pour les deux bâtiments :

— Les vedettes hydrographiques ont plus de dix ans de services dans des conditions particulièrement sévères, leur état de vétusté devient inquiétant, compte tenu de la faiblesse des crédits d'entretien attribués par la DCAN.

— Le programme de la Mission m'a amené à faire remorquer de petits matériels (sondeur latéral Edgerton, magnétomètre) par l'un ou l'autre des bâtiments. La nécessité de modifier fréquemment l'immersion de ces appareils et la longueur de ligne filée obligeait à maintenir pratiquement en permanence sur la plage arrière une ou deux personnes. Il serait très souhaitables, pour réduire le personnel nécessaire et éviter d'endommager câbles et appareils, que ces deux bâtiments soient équipés d'un petit treuil à contacts tournants, commandé à distance du PC scientifique.

1.5. Matériels divers

1.5.1. Sondeurs

L'équipement de la Mission en sondeurs ATLAS — DESO 10 a été poursuivi. Au 15 avril 1976, toutes les embarcations ainsi que les deux bâtiments étaient équipés avec un tel matériel qui donne pleine satisfaction tant par sa précision que par sa fiabilité.

1.5.2. Liaisons radio

L'attribution des postes TRPP-13 marque un progrès certain dans le domaine du matériel radio portatif.

1.5.3. Courantographes

Pour l'observation des courants la Mission a utilisé de manière intensive et exclusive des courantographes à enregistrement photographique Mécabolier. Fragiles, de fonctionnement souvent aléatoire, ces appareils sont d'utilisation délicate au stade de l'emploi, complexe et longue au stade du dépouillement et de l'exploitation.

1.6. Travaux effectués

a) Levé de vérification d'obstructions dans le chenal d'accès au nouvel avant-port de Dunkerque.

b) Levé côtier du Pas-de-Calais entre Calais et le Cap Gris-Nez.

c) Levé côtier entre le Cap Gris-Nez et le Touquet.

d) Levé en Manche sud-orientale.

e) Sondages à Cherbourg.

f) Levé à l'entrée de la Manche.

g) Courantométrie en rade-abri de Brest.

b) Travaux divers au large de Brest et à Lorient.

CHAPITRE II

RADIOLOCALISATION

2.1. Généralités

A mon arrivée, en septembre 1974, la Mission disposait du matériel de radiolocalisation Toran — 3D (utilisé depuis 1966) et Toran — 3G (utilisé depuis 1968). Les rapports de MM. Roubertou(*) et Pasquay(**) donnent des indications très complètes sur ces matériels, leurs caractéristiques et leur utilisation. On ne parlera dans ce chapitre que des modifications survenues en 1974 et 1975.

La Mission a également utilisé d'une part des chaînes Toran de radionavigation dont elle n'avait pas la charge (Iroise, Baie de Seine, Dunkerque), d'autre part des chaînes et du matériel Decca Hi-Fix (Manche Est, Mer du Nord) dans le cadre de la convention franco-britannique pour le levé de la Manche. Toutes ces chaînes ont été décrites dans le rapport de M. Pasquay.

La Mission a reçu, fin 1974, une chaîne Trident à courte portée immédiatement mise en place pour le levé côtier du Pas-de-Calais et progressivement en 1975 du matériel Toran P 10 dont les émetteurs ont été mis en place début 1976 entre Boulogne et Berck.

2.2. Chaînes Toran

2.2.1. Toran — 3G

Le réseau 3, seul réseau restant en fonction en septembre 1974, a été démonté à la fin de l'année. Toutefois les sites ont été conservés pour utilisation éventuelle ultérieure notamment par la Compagnie Générale de Géophysique pour ses travaux en mer d'Iroise. L'ensemble du matériel Toran — 3G a été envoyé à la Mission Océanographique de Méditerranée.

2.2.2. Toran — 3D

Aucun changement n'est intervenu dans la configuration et les caractéristiques des réseaux 8, 9 et 10. La chaîne a été utilisée pour terminer les travaux complémentaires prescrits à l'entrée de la Manche. Elle a été ensuite démontée en juin 1975 et stockée en l'état dans les locaux de la base de Toulbroc'h.

2.2.3. Toran P 10

La chaîne de radiolocalisation Toran — P 10, utilisée

(*) *Annales Hydrographiques* 5^{ème} série Vol. 1 fasc. 1 (1973) n° 740.

(**) *Annales Hydrographiques* 5^{ème} série Vol. 6 fasc. 1 (1978) n° 748.

par mon prédécesseur pour le levé aux abords des îles de Glenan, avait été démontée et expédiée en 1974 à la Mission Océanographique du Pacifique.

Un nouvel ensemble de récepteurs et émetteurs type P a été recetté et livré progressivement au cours de l'année 1975.

Les récepteurs ont été utilisés, dès 1975, à deux reprises en réception des réseaux civils :

- pour les travaux dans le chenal d'accès au nouvel avant-port de Dunkerque.
- pour les travaux au sud de la chaussée des Pierres Noires, au large du Goulet de Brest.

La chaîne a ensuite été mise en place début 1976 pour le levé côtier entre Boulogne et le Touquet. Deux réseaux en mode V ont été implantés avec un émetteur foyer commun au Feu de Camiers.

La configuration et les caractéristiques de la chaîne sont indiquées dans les tableaux ci-dessous :

Réseau 1	Emetteur Nord	Emetteur Sud	Référence
Nom	Cap d'Alprech	Feu de Camiers	Dannes
Coordonnées Lambert I	X = 545.292,8 Y = 333.496,2	X = 548.109,6 Y = 316.751,9	X = 549.825 Y = 321.190
Fréquence	2 032,92 KHz	2 033,00 KHz	1 605,10 KHz

Réseau 2	Emetteur Nord	Emetteur Sud	Référence
Nom	Feu de camiers	Hôpital de Berck	Dannes
Coordonnées Lambert I	X = 548.109,6 Y = 316.751,9	X = 544.532,6 Y = 300.497,1	X = 549,825 Y = 321,190
Fréquence	2033,00 KHz	2033,20 KHz	1605,10 KHz

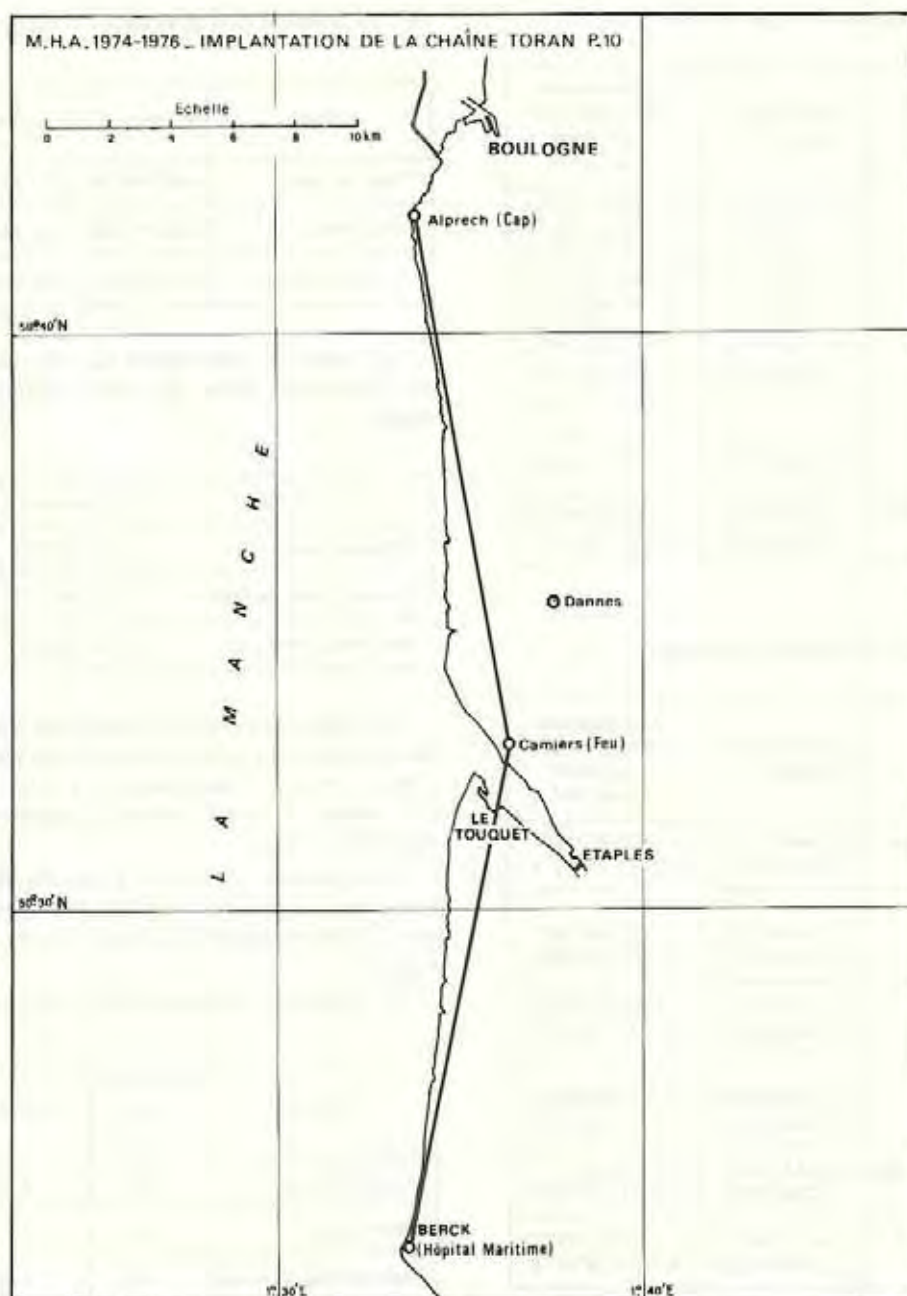
La planche 2 donne l'implantation des émetteurs.

L'étalonnage eut lieu, fin mars 1976, par visées de terre du BH1 *L'Espérance* porteur d'un récepteur Toran et se composa de 9 stations à la mer comportant chacune une série de 5 mesures indépendantes.

2.3. Chaîne Trident

2.3.1. Configuration et Utilisation

Une chaîne Trident a été livrée à la Mission en Octobre 1974 et directement envoyée de l'usine sur le



Pl. 2. —

terrain à Calais pour les premiers essais d'utilisation, essais auxquels ont participé des techniciens de la société Thomson-CSF, constructeur du matériel.

Elle comportait 4 balises Trident II, 2 balises de l'ancien système Trident I mais 1 seul interrogateur, tous matériels entièrement compatibles.

Dès l'arrivée à Calais du matériel ci-dessus, les balises ont été installées aux emplacements préalablement déterminés et une antenne omni-directionnelle montée en tête du mât du BH1 *La Découverte*. Les premiers essais du matériel ont été effectués, temps permettant, et notamment une évaluation de la précision (voir

§ 3.3.2.) avant le retour du bâtiment à Brest début novembre pour mise en réserve.

Au mois de décembre 1974, un essai d'endurance (fonctionnement continu d'une durée d'un mois environ) a été effectué du large de Brest, suivi d'un retour en usine du matériel pour modifications diverses et mises au point.

En 1975, la chaîne a été implantée entre Calais et le Cap Gris-Nez au premier semestre et entre le Cap Gris-Nez et Boulogne au second semestre. Les emplacements utilisés sont indiqués sur la planche 3 et les coordonnées correspondantes sont données dans les tableaux ci-dessous :

Entre Calais et le Cap Gris-Nez

Nom	Coordonnées Lambert I	Coordonnées Géographiques (Lat. Nord) (Long. Est)
Phare de Calais	X = 566.066,6 Y = 362.661,1	L = 50°57'40"9 G = 01°51'15"7
Blockhaus Jehannot	X = 561.365,1 Y = 362.101,6	L = 50°57'21"8 G = 01°47'15"3
Site du Mont Hubert	X = 556.771,5 Y = 358.389,0	L = 50°55'20"5 G = 01°43'21"3
Site de la Motte du Bourg	X = 551.500,8 Y = 353.238,5	L = 50°52'32"4 G = 01°38'53"9
Phare du Cap Gris-Nez	X = 546.922,2 Y = 352.460,7	L = 50°52'05"7 G = 01°35'00"1

Entre le Cap Gris-Nez et Boulogne

Nom	Coordonnées Lambert I	Coordonnées Géographiques (Lat. Nord) (Long. Est)
Phare du Cap Gris-Nez	X = 546.922,2 Y = 352.460,7	L = 50°52'05"7 G = 01°35'00"1
Réservoir d'eau d'Onglevert	X = 550.479,3 Y = 349.039,0	L = 50°50'16"1 G = 01°38'03"5
Pointe aux Oises	X = 548.273,3 Y = 343.214,5	L = 50°47'07"1 G = 01°36'14"0
Château d'eau de Wimeraux	X = 549.490,25 Y = 342.461,6	L = 50°46'43"5 G = 01°37'16"2
Digue nord de Boulogne	X = 547.784,3 Y = 339.324,6	L = 50°45'01"1 G = 01°35'50"9
Site du Cap d'Alprech	X = 545.283,15 Y = 333.542,35	L = 50°41'53"2 G = 01°33'46"4

Les premières semaines d'utilisation en Avril-Mai 1975 ont été très perturbées par des multiples avaries qui ont nécessité à plusieurs reprises le déplacement des techniciens de la Thomson-CSF, voire même le renvoi de certains matériels en laboratoire à Paris pour dépannage.

Une fois le stade des ennuis de jeunesse dépassé, le matériel a donné toute satisfaction dans la suite des travaux.

2.3.2. *Evaluation de la précision*

Une évaluation de la précision de la chaîne a été effectuée en Octobre 1974. L'interrogateur était placé à bord du BH1 *La Découverte* avec un aérien omni-directionnel, placé en tête de mât et bien dégagé. Les balises Trident II occupaient les emplacements dont

les coordonnées sont données ci-dessous :

Nom	X Lambert I	Y Lambert I	Altitude approchée
Phare de Calais	566 066,56	362 661,06	46 m
Mont Hubert	556 771,50	358 389,00	142 m
Phare de Gris-Nez	546 922,37	352 460,86	60 m

Le bâtiment était placé par des visées simultanées au théodolite issues des trois stations indiquées ci-après :

Nom	X Lambert I	Y Lambert I
Phare de Calais	566 067,14	362 662,01
Château d'eau de Blériot	563 411,75	362 193,10
Blockhaus Jehannot	561 365,68	362 098,72

La valeur moyenne des écarts de chaque relèvement au point optique adopté a été trouvée égale à 0,4 mètres. L'écart moyen quadratique a été trouvé égal à 0,4 mètres. L'écart moyen quadratique a été trouvé égal à 0,45 mètres.

Pour chaque balise, on a ensuite calculé la valeur moyenne E de l'écart (distance optique – distance lue à l'interrogateur) ainsi que l'écart moyen quadratique Σ .

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus.

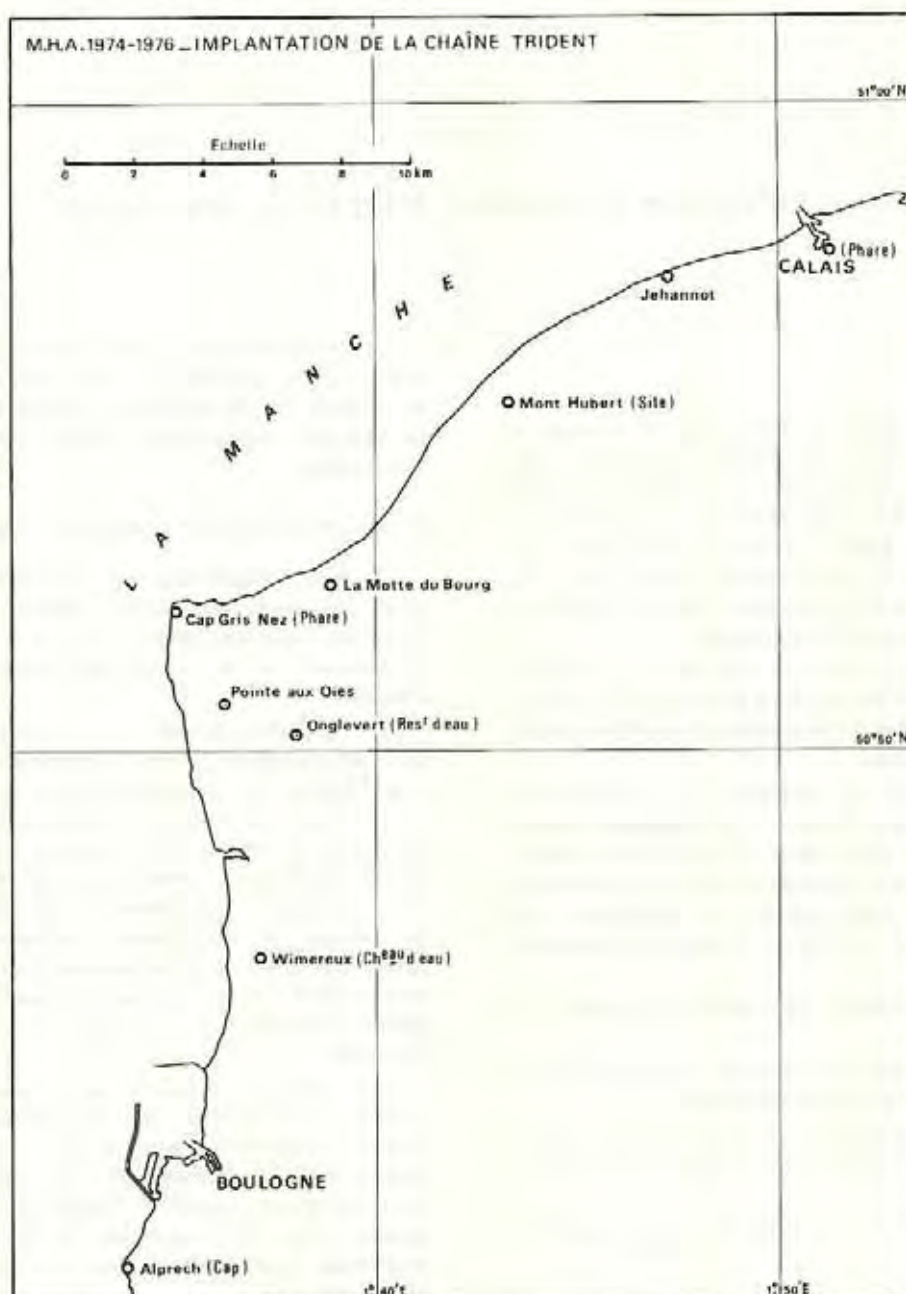
Balise	Nombre d'observations	E en mètres	Σ en mètres
Phare de Calais	58	- 8,89	3,4
Mont Hubert	68	5,17	2,7
Phare du Cap Gris-Nez	44	4,38	2,4

On observe un écart systématique entre les valeurs calculées (optiques) et mesurées (Trident) qui peut être interprété comme une constante d'étalonnage ne dépendant que de la balise correspondante et valable pour toute la zone ; aucune corrélation n'ayant été décelée entre la position du bâtiment et les valeurs des écarts.

Cette constante d'étalonnage, qui peut être éventuellement corrigée sur la balise correspondante, doit être déterminée à chaque nouvelle implantation et après chaque intervention sur la balise notamment en cas de révision en usine.

2.3.3. *Commentaires*

Ces matériels présentent d'indéniables qualités. Ils sont bien conçus et d'utilisation aisée. Les dimen-



Pl. 3. —

sions raisonnables des balises en rend le transport facile en voiture légère type break et l'installation rapide et pratique. La présentation de l'ensemble interrogation-visualisation en un seul coffret regroupant les boutons et cadrans de contrôle et de réglage sur un même panneau améliore fortement aussi bien les possibilités de mise en place que les facilités d'exploitation. L'opérateur appréciera le calage automatique et la simplicité des réglages. La valeur de la précision obtenue peut être estimée à quelques mètres ou même un mètre dans les meilleures conditions ; on notera aussi l'insensibilité aux perturbations atmosphériques.

Les difficultés rencontrées proviennent pour la plus grande part de conditions extérieures au matériel, notamment en matière d'alimentation électrique :

— Les vedettes hydrographiques actuelles, de concep-

tion ancienne et d'état déficient, ne sont guère aptes à recevoir du matériel moderne et sophistiqué tel que le Trident II. La place disponible y est insuffisante et les risques de détérioration d'appareils très onéreux ne sont pas négligeables. La demande en énergie électrique avec l'ensemble du matériel (sondeur, Trident, imprimante, radio) en fonction atteint les limites supérieures des possibilités de l'alternateur.

— A terre, les installations se sont à plusieurs reprises trouvées en bout de ligne électrique, ce qui nous a conduit à adopter systématiquement la solution secteur — chargeur — batteries — balise de préférence à la solution secteur — alimentation — balise. De plus les alimentations qui travaillent avec un système de relais fonction de la charge ont des plages de fonctionnement trop étroites et des sécurités trop sensibles.

CHAPITRE III

VERIFICATION DU CHENAL D'ACCES A DUNKERQUE

3.1. Généralités

Le Port Autonome de Dunkerque a entrepris la construction aux abords immédiats de Gravelines d'un avant-port destiné notamment à recevoir de grands pétroliers d'un tirant d'eau allant jusqu'à 21 mètres. Etant donné les faibles profondeurs existant dans le chenal d'accès, la connaissance précise des fonds marins et des obstacles éventuels était indispensable pour assurer la sécurité de la navigation.

En 1974, dans le cadre du levé régulier du Pas-de-Calais et de la Mer du Nord, la Mission a effectué une détermination précise des profondeurs du chenal d'accès à l'échelle du 1/10 000.

Restait à assurer la détection et la connaissance aussi exhaustive que possible des obstacles pouvant exister dans cette zone. Avec leurs moyens propres, les chasseurs de mines effectuèrent plusieurs campagnes de détection à la suite desquelles il fut prescrit à la Mission un levé de vérification d'obstructions concernant :

- le chenal d'accès au nouvel avant-port de Dunkerque.

- la zone d'évitage et d'attente située au nord du chenal, au droit des bouées DW4 et DW6.

- la zone de transition et d'attente pour grands bâtiments située à l'Ouest de l'entrée du chenal au large de Calais.

La zone de travail est indiquée sur la planche 4.

3.2. Caractéristiques et déroulement des travaux

3.2.1. Localisation

Comme pour le levé bathymétrique effectué en 1974, la localisation était assurée par :

- d'une part la chaîne Decca Hi-Fix South Rijnmond.
- d'autre part la chaîne Toran Dunkerque.

On se reportera au rapport de M. Pasquay(*) quant aux modalités d'implantation et d'utilisation de ses deux systèmes qui n'ont pas varié en 1975 et 1976 (cf. chapitre II § 7 et 9 et chapitre VIII § 2-1 du rapport précité). La configuration de ces systèmes est rappelée sur la planche 5.

(*) *Annales Hydrographiques* 5^{ème} série Vol. 6, fasc. 1 (1978) n° 748.

Le positionnement des bâtiments et des embarcations était complété par des moyens optiques dans la mesure où l'éloignement important de la côte et la visibilité fréquemment réduite dans cette région le permettait.

3.2.2. Levé au sondeur latéral et au magnétomètre

Le levé d'exploration et de détection d'obstructions fut mené au sondeur latéral et au magnétomètre au cours de l'année 1975, en Juillet par le BH1 *L'Espérance* et en Septembre-Octobre par le BH2 *Astrolabe*.

Les appareils étaient remorqués par le bâtiment, soit simultanément, soit successivement selon leur disponibilité. Le rendement de la première période fut diminué du fait des conditions météorologiques médiocres et de plusieurs avaries survenues aux appareils, inévitables certes pour du matériel nouveau mais également imputables en partie à l'inexistence de moyens de manutention appropriés à bord des bâtiments. L'arrivée à la Mission d'un deuxième sondeur latéral permit en seconde période de n'interrompre les travaux que le temps nécessaire aux échanges standards.

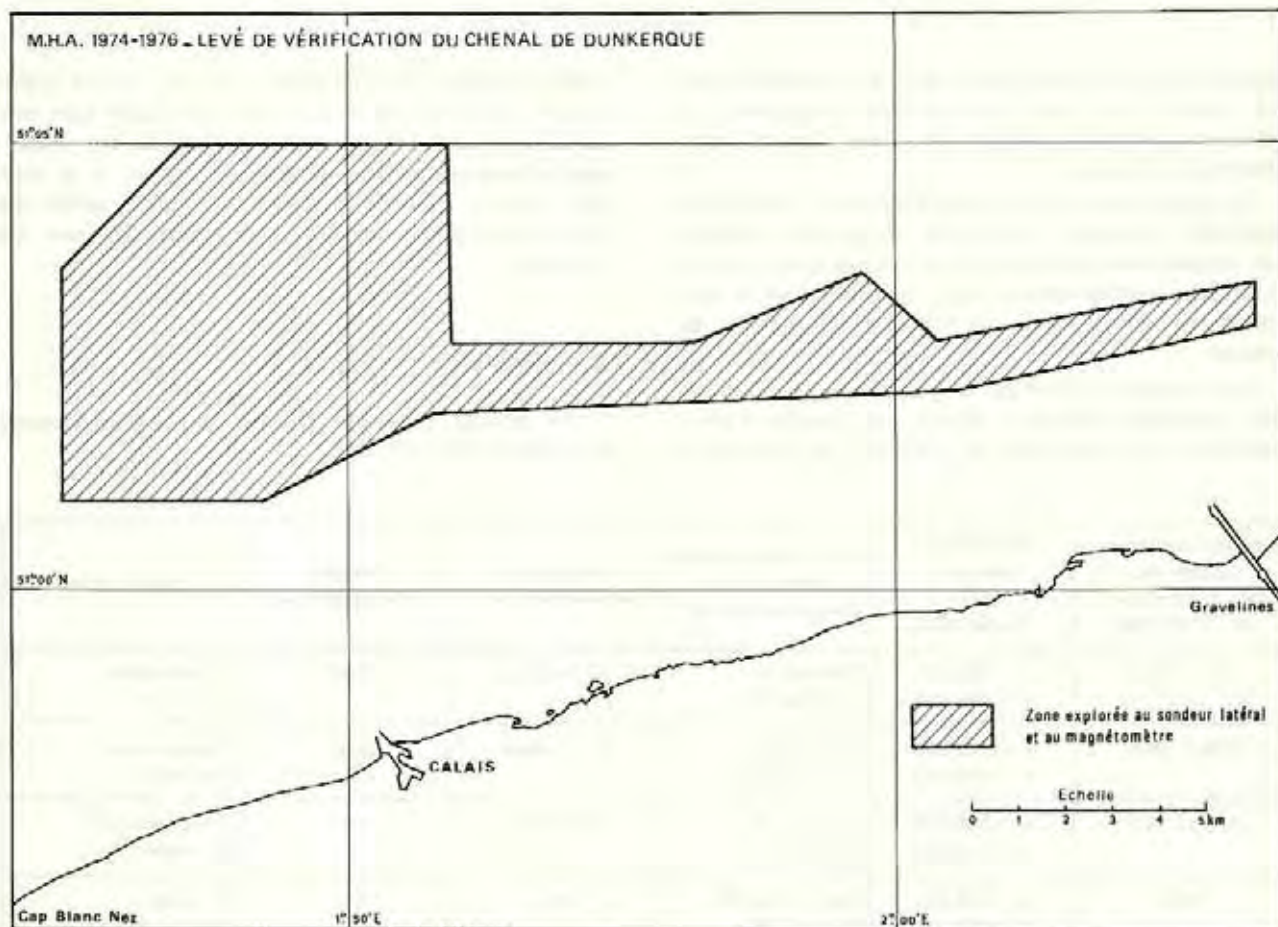
Les bâtiments suivaient des routes longitudinales espacées au maximum de 100 mètres de manière à assurer un recouvrement de plus de 100 % entre deux profils. Ceux-ci étaient soit des routes parallèles à l'axe du chenal suivies à l'aide d'une table traçante prêtée par le Port Autonome de Dunkerque soit des hyperboles Toran dans la zone d'attente pour grands bâtiments.

Grâce à la connaissance précise de la bathymétrie obtenue par le levé 1974, il a été possible dans la plupart des cas de faire la distinction entre "échos structuraux" et "échos discrets", ces derniers étant seuls susceptibles de correspondre à des épaves ou obstructions devant faire l'objet de recherches par les méthodes classiques.

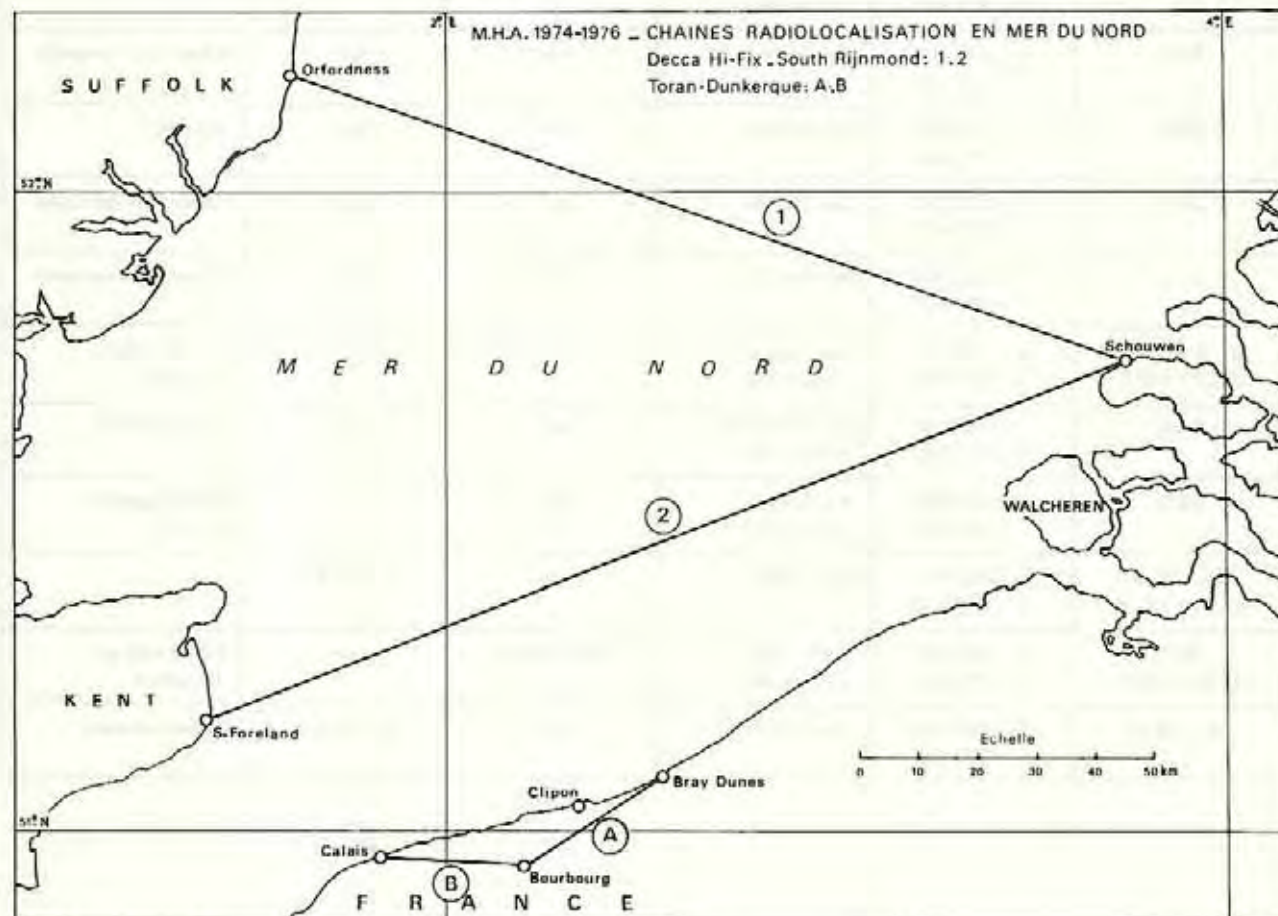
3.2.3. Recherches proprement dites

Les renseignements sur l'existence présumée des épaves et obstructions provenaient du fichier EPSHOM, complété par les récentes recherches effectuées par les chasseurs de mines.

Toutes les obstructions présumées n'ont pas été retrouvées lors du levé d'exploration et de détection 1975 décrit au paragraphe précédent soit que des erreurs de positionnement aient conduit à deux ou plusieurs



Pl. 4. —



Pl. 5. —

positions pour la même épave, soit que certaines aient été enlevées par les soins du Port Autonome de Dunkerque, travaux encore en cours durant notre présence sur les lieux.

La phase suivante des travaux prescrits relevait des méthodes classiques : recherche au sondeur vertical aux emplacements déterminés par le levé d'exploration et dragage hydrographique afin de déterminer la cote précise de l'obstruction ou d'assurer un plafond de dragage.

Ces opérations n'ont pu être terminées en 1975 car elles nécessitent l'emploi intensif des vedettes hydrographiques et ipso facto la présence de conditions

météorologiques très favorables, ce qui ne fut guère le cas en 1975 ; ces travaux ont été d'autre part très fortement perturbés par l'état de vétusté des embarcations engendrant de nombreuses avaries. Il a ainsi été rarement possible de disposer en même temps des trois embarcations en bon état nécessaires pour les dragages.

3.3. Résultats

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus à la date du 20 Avril 1976.

Repère des épaves présumées (D : Dunkerque) (E : EPSHOM)	Coordonnées Lambert I NTF Clarke 1880	Exploration sondeur latéral (S) et magnétomètre (M)	Recherche au sondeur vertical	Dragage hydrographique	Observations
216 11 30 E	X = 559 230 Y = 368 775	2 échos (S) 2 échos (M)	20,3 mètres	non	Fonds moyen : 29 mètres
216 11 15 E	X = 559 600 Y = 374 555	3 échos (S) 2 échos (M)	21,0 mètres	non	Fonds moyen : 29 mètres
216 11 19 E	X = 559 830 Y = 373 420	3 échos (S) 3 échos (M)	26,4 mètres	non	Fonds moyen : 31 mètres
44 D	X = 569 450 Y = 371 240	pas d'échos (S) 5 échos (M)	non	non	En cours d'enlèvement
43 D	X = 570 600 Y = 371 540	2 échos (S) 2 échos (M)	non	non	
42 D	X = 572 290 Y = 372 160	pas d'échos	oui	non	Epave non retrouvée
39 D	X = 576 280 Y = 371 250	pas d'échos	non	non	Enlevée
38 D	X = 577 230 Y = 371 410	pas d'échos	oui	non	Epave non retrouvée
37 D	X = 577 760 Y = 371 870	pas d'échos	oui	non	Epave non retrouvée
35 D - 36 D 216 12 180 E	X = 578 045 Y = 371 840	pas d'échos (S) 2 échos (M)	22,7 mètres	non	Fonds moyen : 24 mètres
34 D	X = 581 000 Y = 372 050	pas d'échos (S) 2 échos (M)	non	non	Epave enlevée
23 D	X = 582 950 Y = 372 880	4 échos (S) 2 échos (M)	non	non	Epave signalée détruite
32 - 33 D 21 612 130 E	X = 583 430 Y = 372 870	pas d'échos	non	P = 20,4 m	
30 D 21 612 136 E	X = 583 510 Y = 372 135	1 écho (S) 3 échos (M)	16,8 mètres	non	Fonds moyen : 18 mètres
24 - 29 D	X = 584 040 Y = 372 820	pas d'échos	non	P = 20,3 m	Epaves enlevées

CHAPITRE IV

LEVE DU PAS-DE-CALAIS ET EN MER DU NORD

4.1. Généralités

Ce levé, prescrit en partie dans le cadre de la convention franco-britannique concernant l'hydrographie en Manche et en Mer du Nord, avait pour limites :

- à l'Ouest, une droite orientée au 303 issue du phare du Cap Gris-Nez.
- au Nord-Ouest, la ligne de séparation des zones de responsabilité hydrographique française et britannique.
- au Nord, le parallèle $51^{\circ}12'$ Nord.
- à l'Est, le méridien $02^{\circ}08'$ Est.

Ce levé comportait une zone du large, sondée et rédigée à l'échelle du 1/20 000 (sauf le chenal d'accès

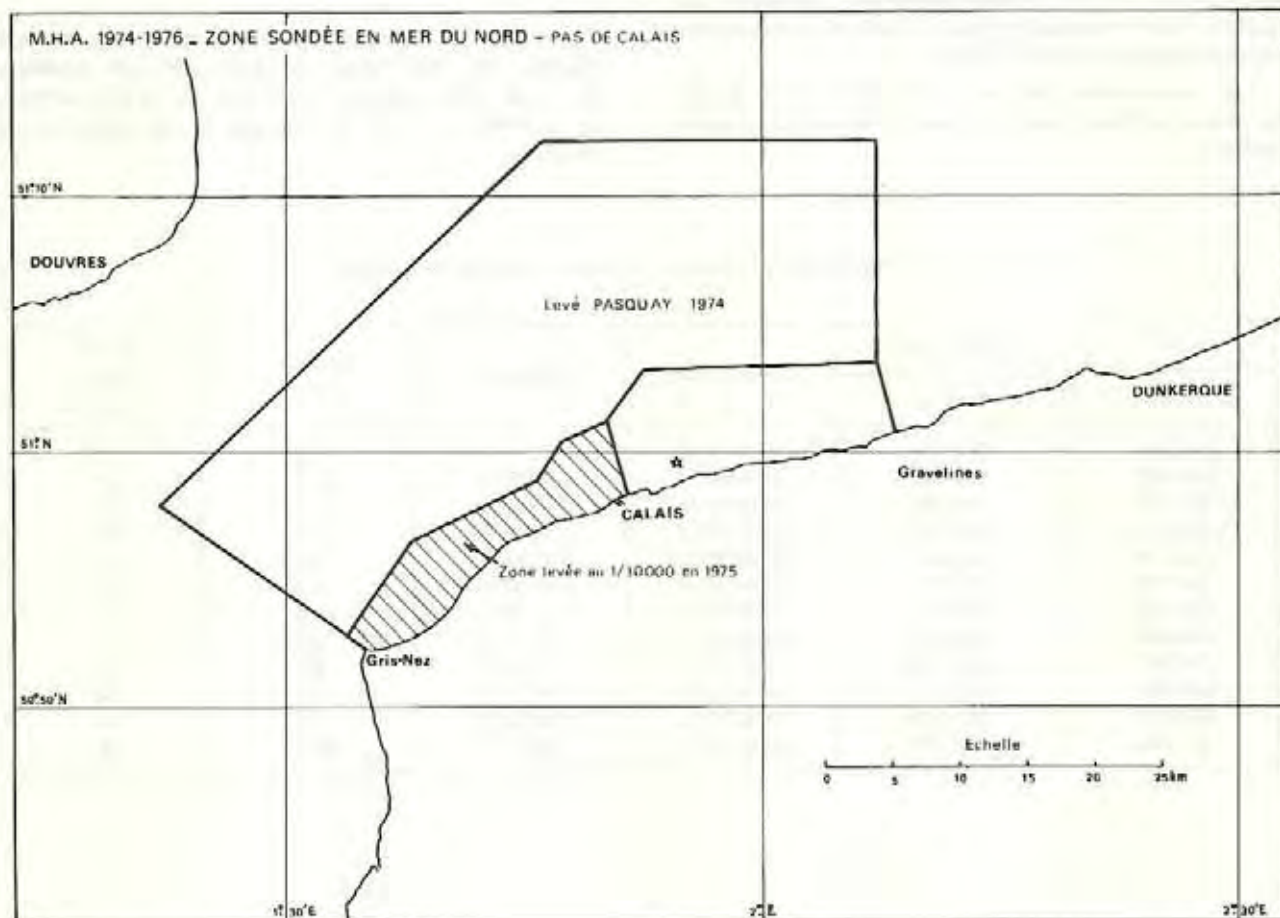
à Dunkerque sondé et rédigé au 1/10 000) et une zone côtière sondée et rédigée au 1/10 000. Les sondages du large et de la zone côtière à l'Est de Calais ont été effectués par mon prédécesseur avant septembre 1974 ; les sondages côtiers entre le Cap Gris-Nez et Calais ont été effectués sous ma direction.

Les zones sondées sont indiquées sur la planche 6.

4.2. Caractéristiques et déroulement des travaux

4.2.1. Localisation

Avant la mise en place de la chaîne Trident, la localisation était assurée par des visées issues de théodolites



Pl. 6.

installés aux emplacements indiqués ci-dessous.

Désignation des points	Coordonnées Lambert I (N.T.F. — Clarke 1880)	Coordonnées géographiques Lat. Nord — Long. Est
Calais — Le Petit Marais	X = 567 330,05 Y = 364 261,82	50°58'32"99 01°52'19"89
Phare de Calais	X = 566 067,14 Y = 362 662,01	50°57'41"0 01°51'15"7
Château d'eau de Blériot-Plage	X = 563 411,75 Y = 362 193,10	50°57'25"2 01°48'59"8

Le rendement de ce mode purement optique de localisation a été assez faible dans la région concernée où la visibilité est souvent médiocre et les brumes fréquentes.

La chaîne Trident, décrite au chapitre 2 paragraphe 3, du présent rapport, fut livrée à la Mission en octobre 1974 et immédiatement mise en place entre Calais et le Cap Gris-Nez. La localisation des moyens flottants consacrés au levé côtier fut alors assurée par ce système. Toutefois la forme quasi-rectiligne de la côte et l'absence de points hauts dans l'intérieur entraînaient dans certains secteurs de mauvais recouvrements des cercles, lieux d'égale distance aux balises Trident. Pour cette raison, il fut occasionnellement nécessaire de recourir à un traversier optique à l'aide d'un théodolite installé au phare du Cap Gris-Nez.

Les coordonnées des points utilisés à terre (amers ou points repérés) sont indiquées en annexe au présent chapitre.

4.2.2. Sondages

Les sondages côtiers devant Calais en septembre et octobre 1974 ont été effectués par radioguidage des vedettes du BH1 *La Découverte*. Les profils, axés sur le phare de Calais où était installée la station guide, étaient espacés au maximum de 100 mètres à leur extrémité sur les Ridens de Calais.

Tous les travaux ultérieurs en 1975 et 1976, sondages, recherches d'épaves et de haut-fonds ont été effectués à l'aide du Trident par le BH2 *Astrolabe* et ses embarcations. Les profils de sonde, constitués par des cercles Trident, étaient espacés au maximum de 100 mètres. Etant donné le relief tourmenté du fond et l'importance pour la sécurité de la navigation de la connaissance précise de la situation des Ridens de la Rade de Calais, l'espacement a été réduit à 50 mètres sur le bord sud-ouest du banc précité. Les sondages ont confirmé l'extension des Ridens vers le sud-ouest, (extension déjà signalée par les pilotes) comme en témoigne la découverte d'un haut-fond de 5,3 mètres à l'emplacement d'une profondeur de 19 mètres anciennement portée sur la carte en service. L'espacement a été également réduit à 50 mètres aux abords du Cap Blanc-Nez, sur les bancs "Le Rouge Riden", "Les Quénocs", "La Barrière" ainsi que sur le "Banc à la Ligne"; zone où le fond remonte brusquement en bordure du chenal navigable.

4.2.3. Epaves

Douze (12) épaves, reconnues au cours du levé régulier, ont fait l'objet de recherches par sondages serrés en embarcations. Toutefois un certain nombre de recherches restait à effectuer à ma cessation de fonctions.

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus à cette date.

N.T.F. Clarke 1880		Latitude Nord	Longitude Est	Brassage en mètres	Fonds moyen en mètres
X Lambert I	Y Lambert I				
564.300	363.960	50°58'23"6	1°49'44"9	8,2	12
562.890	368.515	51°00'48"1	1°48'31"2	23,3	27
562.143	366.009	50°59'28"2	1°47'53"2	21,6	24
559.910	364.740	50°58'46"2	1°45'59"6	6,0	18
556.238	360.691	50°56'35"2	1°42'52"5	2,8	4
554.770	359.885	50°56'08"2	1°41'38"4	8,8	10
554.383	360.063	50°56'14"0	1°41'18"6	11,5	12
554.563	360.855	50°56'39"7	1°41'27"0	0,4	2
554.047	359.120	50°55'43"3	1°41'01"5	8,8	15
553.658	359.631	50°55'59"9	1°40'41"5	2,2	10
553.517	358.498	50°55'23"2	1°40'34"9	9,0	10
551.902	360.727	50°56'34"7	1°39'11"1	22,0	24

4.2.4. Courants

Des mesures de courants ont été effectuées à l'aide de courantographes MECABOLIER à enregistrement

photographique (au 1/10 d'heure) aux emplacements et époques donnés dans le tableau ci-dessous.

Désignation	Immersion	Date	Coordonnées Lambert I	Coordonnées Géographiques
Bouée CA10 Calais	5 m	12.6.75 au 24.6.75	X = 564.500 Y = 364.500	L = 50° 58' 42" N G = 01° 49' 50" E
Mouillage Astrolabe	6 m	29.4.75 au 30.4.75	X = 563.375 Y = 365.810	L = 50° 59' 22" N G = 01° 48' 56" E
Bouée CA6 Calais	5 m	25.4.75 au 13.5.75	X = 560.750 Y = 363.820	L = 50° 58' 17" N G = 01° 46' 43" E
Bouée CA4 Calais	5 m	10.7.75 au 18.7.75	X = 559.870 Y = 365.800	L = 50° 59' 21" N G = 01° 45' 57" E
Mouillage Astrolabe	6 m	13.6.75 au 15.6.75	X = 552.120 Y = 360.540	L = 50° 56' 28" N G = 01° 39' 22" E
Bouée d'épave	5 m	2.7.75 au 10.7.75	X = 550.040 Y = 359.575	L = 50° 55' 57" N G = 01° 37' 36" E
Mouillage Astrolabe	6 m	17.6.75 au 18.6.75	X = 548.700 Y = 356.750	L = 50° 54' 25" N G = 01° 36' 29" E

4.3. Rédaction

Par continuité avec la méthode employée par mon prédécesseur, les sondes ont été réduites de la quantité $h(x, y, t)$:

$$h(x, y, t) = K(x, y) H[t + \theta(x, y)]$$

dans laquelle $H(t)$ représente la marée observée à Calais, $K(X, Y)$ et $\theta(X, Y)$ sont des polynômes de degré 3 en X et Y dont les coefficients figurent sur les minutes et ont été déduits d'une carte des lignes cotidales et des

lignes d'égal marnage établie par l'EPSHOM.

L'observatoire de marée de Calais a été décrit au chapitre XI du rapport de M. Pasquay.

Les calculs des quantités $h(t)$ ont été effectués au Centre de Calcul de l'EPSHOM pour tous les points correspondant aux tops des séances de sonde.

La rédaction des travaux a donné lieu à l'établissement de quatre minutes de bathymétrie au 1/10.000 qui seront à compléter des résultats des recherches de haut-fonds et d'épaves.

ANNEXE AU CHAPITRE IV

POINTS UTILISES

Nouvelle Triangulation de la France — Ellipsoïde Clarke 1880

1. Points constituant des amers

Designation des points	Coordonnées Lambert I	Coordonnées Géographiques Lat. Nord — Long. Est	Origine
Calais : Papeterie Cheminée rouge et blanche (axe)	X = 568.324,3 Y = 363.559,1	50°58'10"5 1°53'11"0	MHA
Calais : Usine Tioxide Cheminée rouge et blanche (axe)	X = 567.832,47 Y = 363.277,80	50°58'01"26 1°52'45"94	MHA
Calais : Le Petit Marais Balise du terminal câble sous-marin	X = 567.330,05 Y = 364.261,82	50°58'32"99 1°52'19"89	MHA
Calais : Phare du Courgain (axe)	X = 566.069,81 Y = 362.660,87	50°57'40"94 1°51'15"83	IGN
Blériot-Plage : Château d'eau (axe)	X = 563.411,75 Y = 362.193,1	50°57'25"2 1°48'59"8	IGN
Cap Blanc-Nez : Monument Dover	X = 555.934,87 Y = 358.679,36	50°55'29"71 1°42'38"35	IGN
Cap Blanc-Nez : Cheminée sur blockhaus	X = 555.914,1 Y = 358.696,2	50°55'30"3 1°42'37"3	MHA
Phare du Cap Gris-Nez : axe	X = 546.924,7 Y = 352.457,8	50°52'05"76 1°35'00"34	IGN
Phare d'Alprech (axe)	X = 545.316,85 Y = 333.588,96	50°41'54"7 1°33'48"0	IGN

2. Points repérés

Désignation des points	Cordonnées Lambert I	Cordonnées Géographiques Lat. Nord – Long. Est
Phare de Calais Montant rambarde paratonnerre	X = 566.069,2 Y = 362.663,2	50°57'41"0 1°51'15"8
Phare de Calais Croix gravée et pointe	X = 566.067,14 Y = 362.662,8	50°57'41"0 1°51'15"7
Phare de Calais Croix gravée (position Antenne Trident)	X = 566.066,6 Y = 362.661,1	50°57'40"9 1°51'15"7
Calais – Feu de jetée W Orifice à droite	X = 565.128,6 Y = 363.712,9	50°58'15"1 1°50'27"3
Calais – Feux de jetée W Orifice bout jetée	X = 565.120,9 Y = 363.723,3	50°58'15"1 1°50'26"9
Blériot-Plage Station Jehannot	X = 561.365,7 Y = 362.090,7	50°57'21"7 1°47'15"1
Sangatte Station Yamaha	X = 560.555,2 Y = 361.801,1	50°57'11"9 1°46'33"7
Sangatte Station Japauto	X = 557.997,5 Y = 360.545,2	50°56'30"6 1°44'23"2
Escalles – Mt Hubert Croix gravée près pylone	X = 556.771,5 Y = 358.389,0	50°55'20"5 1°43'21"3
Cap Blanc-Nez Croix gravée	X = 555.912,77 Y = 358.691,30	50°55'30"19 1°42'37"21
Cap Blanc-Nez Station Norton	X = 555.826,6 Y = 358.031,2	50°55'34"6 1°42'32"7
Cap Blanc-Nez Station Mystérieux	X = 556.409,9 Y = 359.361,9	50°55'51"9 1°43'02"4
Cap ou Petit Blanc-Nez Station Falaise	X = 554.727,5 Y = 357.615,9	50°54'55"0 1°41'37"0
Wissant La Motte du Bourg	X = 551.500,8 Y = 353.238,5	50°52'32"4 1°38'53"9
Tardinghen Station Malassis	X = 549.716,6 Y = 352.210,0	50°51'58"6 1°37'23"2
Phare Griz-Nez Croix gravée	X = 546.923,2 Y = 352.460,3	50°52'05"8 1°35'00"3
Phare Griz-Nez Boulon	X = 546.922,9 Y = 352.460,3	50°52'05"8 1°35'00"3

CHAPITRE V

LEVE ENTRE GRIS-NEZ ET LE TOUQUET

5.1. Généralités

Ce levé, du type côtier, faisait suite d'une part au levé intermédiaire MHA 1973 de la Bassurelle et du Vergoyer, d'autre part au levé côtier, objet du chapitre 4 du présent rapport.

Il avait pour limites :

- au nord, une droite orientée au 303 issue du phare du Cap Gris-Nez.
- à l'Ouest, le levé MHA 1973.
- au Sud, une droite orientée au 280 issue du feu du Touquet.

Les sondages réguliers ont été effectués :

- entre Gris-Nez et le cap d'Alprech, par le BH2 *Astrolabe* et ses embarcations en juillet 1975, par les embarcations du BH1 *L'Espérance* en octobre-novembre 1975.
- entre le Cap d'Alprech et le Touquet, par le BH1 *L'Espérance* en mars-avril 1976.

Les zones sondées sont indiquées sur la planche 7.

5.2. Caractéristiques et déroulement des travaux

5.2.1. Localisation

La chaîne Trident de la MHA a été mise en place en juin 1975 entre Gris-Nez et Boulogne aux emplacements ci-après :

Désignation	X Lambert I	Y Lambert I
Phare du Cap Gris-Nez	546.922,2	352.389,0
Réservoir d'Onglevert	550.479,8	349.038,9
Château d'eau de Wimereux	549.490,25	342.461,6
Cap d'Alprech	545.283,15	333.542,35

Elle resta en fonction de juillet à mi-novembre 1975, époque à laquelle elle fut démontée et envoyée en usine pour révision annuelle. La localisation des bâtiments et de leurs embarcations fut assurée par ce système pour la zone concernée et durant la période précitée. Toutefois, bien que moins aigus, qu'à l'est de Gris-Nez, les problèmes de recoupement des cercles Trident se posa au voisinage de la côte et nécessita le recours partiel à des moyens optiques. Le fonctionnement de la chaîne fut satisfaisant et les avaries peu nombreuses :

à noter que l'existence d'une 5^e balise permettait de remplacer sur-le-champ toute balise défectueuse qui pouvait ainsi être dépannée sans interrompre les travaux. Les coordonnées des points utilisés à terre sont indiquées en annexe au présent chapitre.

En 1976 la chaîne Trident fut réimplantée entre Calais et le Cap Gris-Nez en vue d'achever les recherches prévues dans ce secteur. C'est pourquoi la chaîne Toran P10 de la MHA fut mise en place en mars 1976 entre Boulogne et Berck. Les configurations et les caractéristiques en sont données au chapitre 2, paragraphe 2 du présent rapport. Elle fut utilisée pour la localisation du BH1 *L'Espérance* au cours des sondages effectués dans la région.

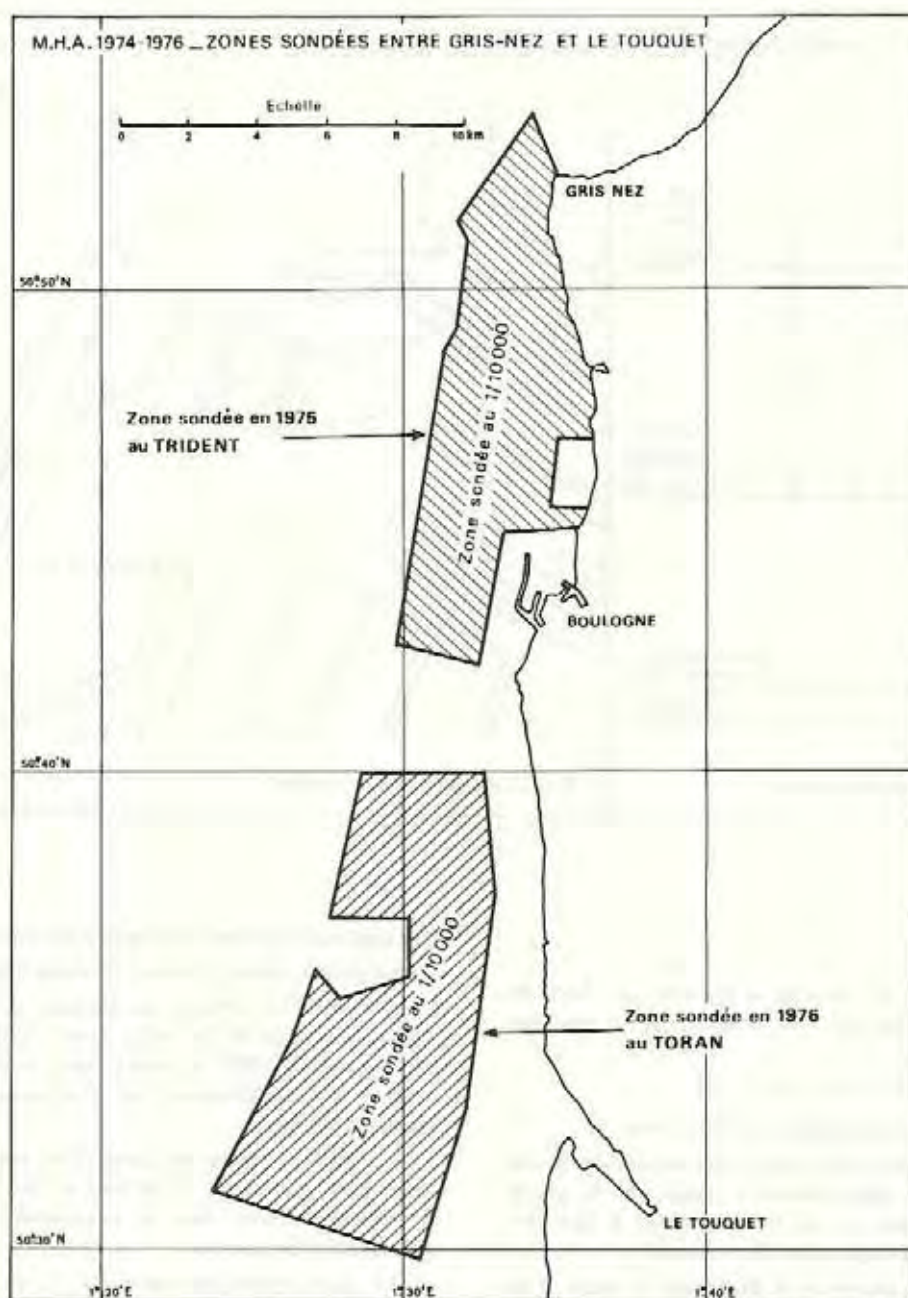
Comme pour le système Trident, il ne fut pas possible de trouver une configuration couvrant intégralement la zone concernée : une bande côtière d'environ 2 milles de largeur a été réservée et devra être levée ultérieurement à l'aide d'autres moyens de localisation. Le calage était effectué par passage au voisinage de la bouée d'atterrissage de Boulogne et de la bouée d'épave *Ophélie*. La qualité de réception des signaux Toran, excellente dans la journée, devenait mauvaise en fin de journée, entraînant des fluctuations aléatoires et des pertes de calage et obligeant à interrompre les travaux de nuit.

5.2.2. Sondages effectués (voir planche 7)

Entre le Cap Gris-Nez et le cap d'Alprech, les profils suivis étaient :

- des cercles centrés sur la balise Trident installée au Cap d'Alprech pour les travaux au nord de la zone.
- des cercles centrés sur la balise Trident installée au phare du Cap Gris-Nez pour les travaux au sud de la zone.

Toutefois, pour une bande côtière d'environ 1 mille de largeur, le mauvais recoupement des cercles et la mauvaise réception des signaux (effet de masqué) obligea à avoir partiellement recours à des moyens optiques notamment pour les routes suivies perpendiculairement à la côte d'allure rectiligne. Cette bande côtière ne pouvant être levée qu'en embarcation, les sondages de cette zone ont pris un certain retard par rapport au levé général. Plus au large, les conditions météorologiques médiocres, au point de vue visibilité aussi bien qu'état de la mer, nécessitèrent l'emploi du BH2 *Astrolabe* lui-même comme bâtiment sondeur, solution qui donna toute satisfaction moyennant les



Pl. 7. —

précautions d'usage lors de la traversée de la Bassure de Baas. L'espacement des profils suivis a été de 100 mètres au maximum.

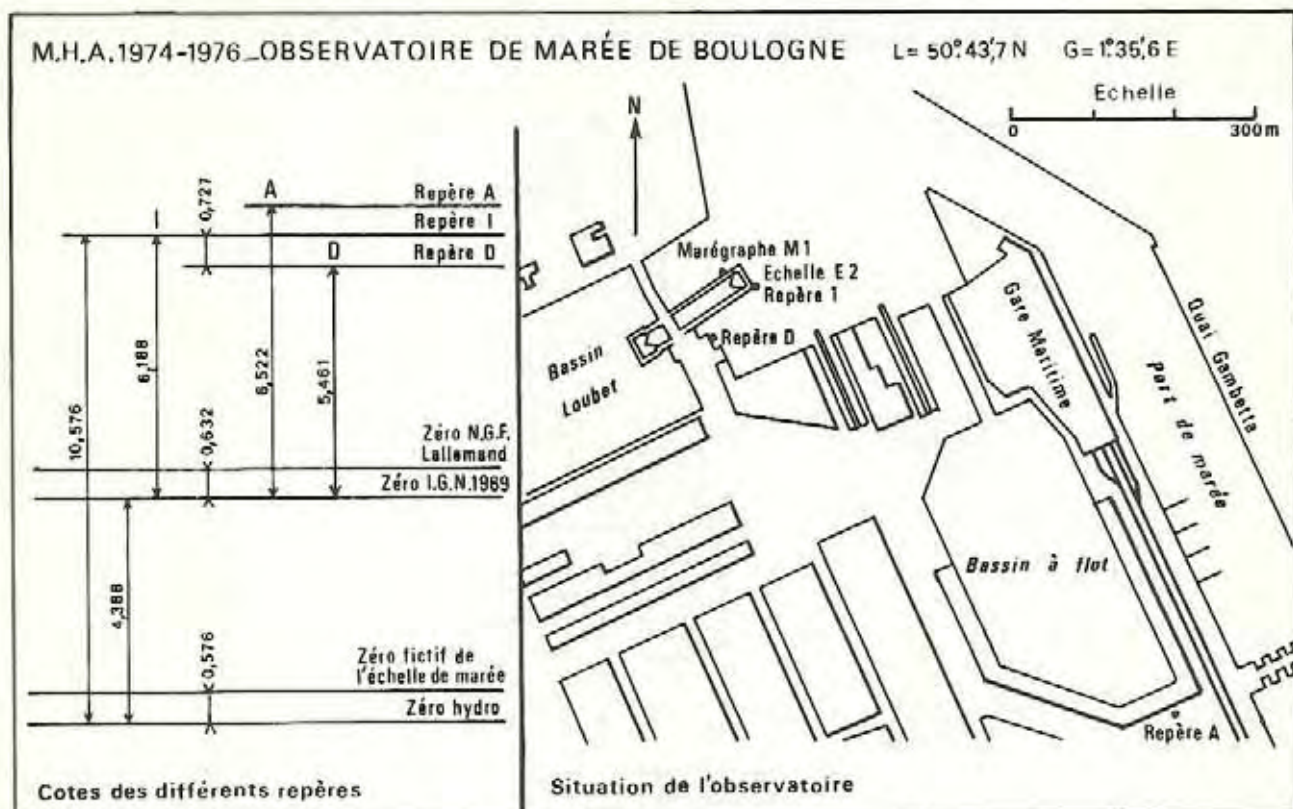
Entre le Cap d'Alprech et le Touquet, les sondages ont été effectués par le BH1 *L'Espérance* en mars-avril 1976, bâtiment localisé à l'aide de la chaîne Toran P10 précitée. Comme on le voit sur la planche 7, une bande côtière d'environ 2 milles de largeur ainsi que certains secteurs sur la Bassure de Baas restent à lever.

La fraction de la Bassure de Baas située à l'Ouest-Sud-Ouest du port de Boulogne semble s'être étendue quelque peu vers le Nord-Ouest et culminerait à 5,8 mètres au point de coordonnées Lambert I : X = 541 730 et Y = 335 520.

5.2.3. Epaves

Cinq épaves, reconnues au cours du levé régulier, ont fait l'objet de recherches au sondeur vertical. Les résultats en sont donnés dans le tableau ci-dessous :

X Lambert I N.T.F.	Y Lambert I Clarke 1880	Brassiage en mètres	Fond moyen en mètres
544.005	339.750	15,8	17
544.745	340.520	10,1	15
544.990	339.210	8,1	12
545.040	340.340	13,3	15
545.515	339.730	11,4	13



Pl. 8. —

5.3. Rédaction

Entre Gris-Nez et le cap d'Alprech au Sud de Boulogne, les sondes ont été réduites de la quantité $h(t)$: par la forme :

$$h(t) = K_i \cdot H[t + \theta_i]$$

où $H(t)$ désigne la marée observée à Boulogne.

K_i et θ_i désignent des constantes attachées à une zone de marée et déterminées à partir de la marée observée à Boulogne et de celle calculée à Gris-Nez comme indiqué au paragraphe 4.3 ci-dessus.

La marée était observée à Boulogne à l'aide d'un marégraphe installé le 27 mai 1975 sur la rive Nord de l'écluse du Bassin Loubet par le Service Maritime

des ports de Calais et Boulogne (voir planche 8).

Le zéro hydrographique à Boulogne est :

— à 10,910 mètres au-dessous du repère fondamental de type M (cylindre avec téton) baptisé 5 NGF et Nbc 1 IGN 1969 et scellé dans le mur du transformateur de la Chambre de Commerce, à proximité du pont Marguet.

— à 9,849 mètres du repère S.H. scellé dans le quai, côté gare maritime, à proximité de l'écluse Loubet, à 40 cms environ sous le couronnement du quai, à proximité d'un escalier.

Le zéro hydrographique est donc à 4,388 mètres au-dessous du zéro IGN 1969 et à 5,020 mètres au-dessous du zéro NGF Lallemand.

ANNEXE AU CHAPITRE 5

POINTS UTILISES

Nouvelle triangulation de la France – Ellipsoïde Clarke 1880

Points Repérés

Désignations des Points	Coordonnées Lambert I	Coordonnées géographiques Lat. Nord – Long. Est
Cap Gris-Nez Pointe du Ridens	X = 546 631,5 Y = 350 764,1	50° 51' 10" 9 1° 34' 46" 2
Onglevert Croix piquet en Fer du blockhaus	X = 550 396,2 Y = 349 010,4	50° 50' 15" 3 1° 37' 59" 5
Fort Mahon Croix peinte sur rempart	X = 548 093,9 Y = 345 466,5	50° 48' 19" 9 1° 36' 03" 6
Fort Mahon Croix sur blockhaus	X = 548 103,0 Y = 345 454,3	50° 48' 19" 5 1° 36' 04" 1
Wimereux Pointe aux oies – Piquet N° 1	X = 548 272,7 Y = 343 290,3	50° 47' 09" 6 1° 36' 13" 8
Wimereux Pointe aux oies – Croix peinte	X = 548 279,0 Y = 343 288,5	50° 47' 09" 5 1° 36' 14" 1
Wimereux Pointe aux oies – Piquet N° 2	X = 548 275,3 Y = 343 214,5	50° 47' 07" 1 1° 36' 14" 0
Wimereux Nouveau Ch. d'eau – St-Radioguidage	X = 549 485,17 Y = 342 459,1	50° 46' 43" 1 1° 37' 16" 1
Wimereux Blockhaus Pointe Rochette	X = 548 437,5 Y = 342 299,7	50° 46' 37" 6 1° 36' 22" 7
Boulogne Blockhaus digue nord Croix N° 2	X = 547 792,2 Y = 339 380,1	50° 45' 02" 9 1° 35' 51" 3
Boulogne Blockhaus digue nord Croix N° 1	X = 547 784,3 Y = 339 324,6	50° 45' 01" 1 1° 35' 50" 9
Alprech Station Toran N° 2	X = 545 277,9 Y = 333 668,5	50° 41' 57" 3 1° 33' 46" 0
Alprech Station Toran N° 1	X = 545 283,1 Y = 333 542,3	50° 41' 53" 2 1° 33' 46" 4
Alprech Station Toran N° 3	X = 545 292,8 Y = 333 496,2	50° 41' 51" 7 1° 33' 46" 9
Alprech Station Etalonnage N° 4	X = 545 296,4 Y = 333 490,2	50° 41' 51" 6 1° 33' 47" 1

CHAPITRE VI

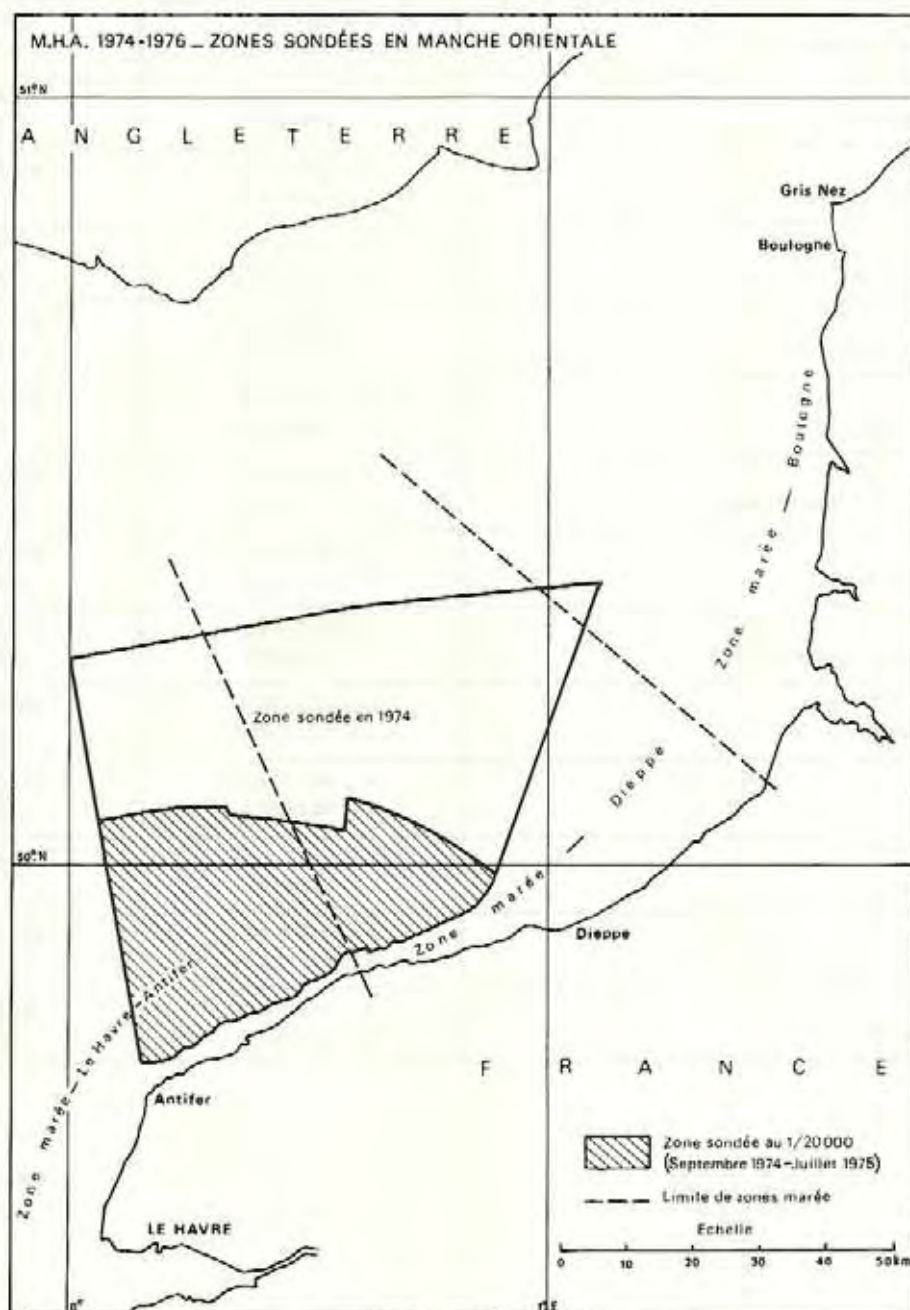
LEVE EN MANCHE SUD-ORIENTALE

6.1. Généralités

La Mission a poursuivi et terminé en 1974 et 1975 le levé intermédiaire en Manche Orientale prescrit dans le cadre de la convention établie en 1972 avec

l'Hydrographic Department concernant le levé coordonné de la Manche.

Une coopération très efficace a continué à s'exercer entre le Service britannique, la société Decca Survey et la Mission. En échange de l'implantation en France



Pl. 9. -

d'une chaîne Decca Hi-Fix, nous avons pu utiliser ce moyen de localisation grâce au prêt par l'Hydrographic Department de récepteurs dont la mise en place et la maintenance étaient assurées par des techniciens de la société DECCA.

Le levé, bien avancé par mon prédécesseur, avait pour limites :

- au Nord la ligne de séparation des zones de responsabilité hydrographique française et britannique.
- au Nord-Ouest la limite du levé 1973 de la Bassurelle.
- au Sud-Est la droite joignant les intersections de l'isobathe de 20 mètres avec les méridiens $01^{\circ}06'E$ et $00^{\circ}52',SE$.
- au Sud l'isobathe de 20 mètres.
- à l'Ouest une droite orientée au 350° issue du feu d'Antifer.

La zone sondée entre septembre 1974 et juillet 1975 (fin de levé) est indiquée sur la planche 9.

6.2. Caractéristiques et déroulement des travaux

6.2.1. Localisation

La localisation était assurée à l'aide de la chaîne de radiolocalisation Decca Hi-Fix précitée. L'implan-

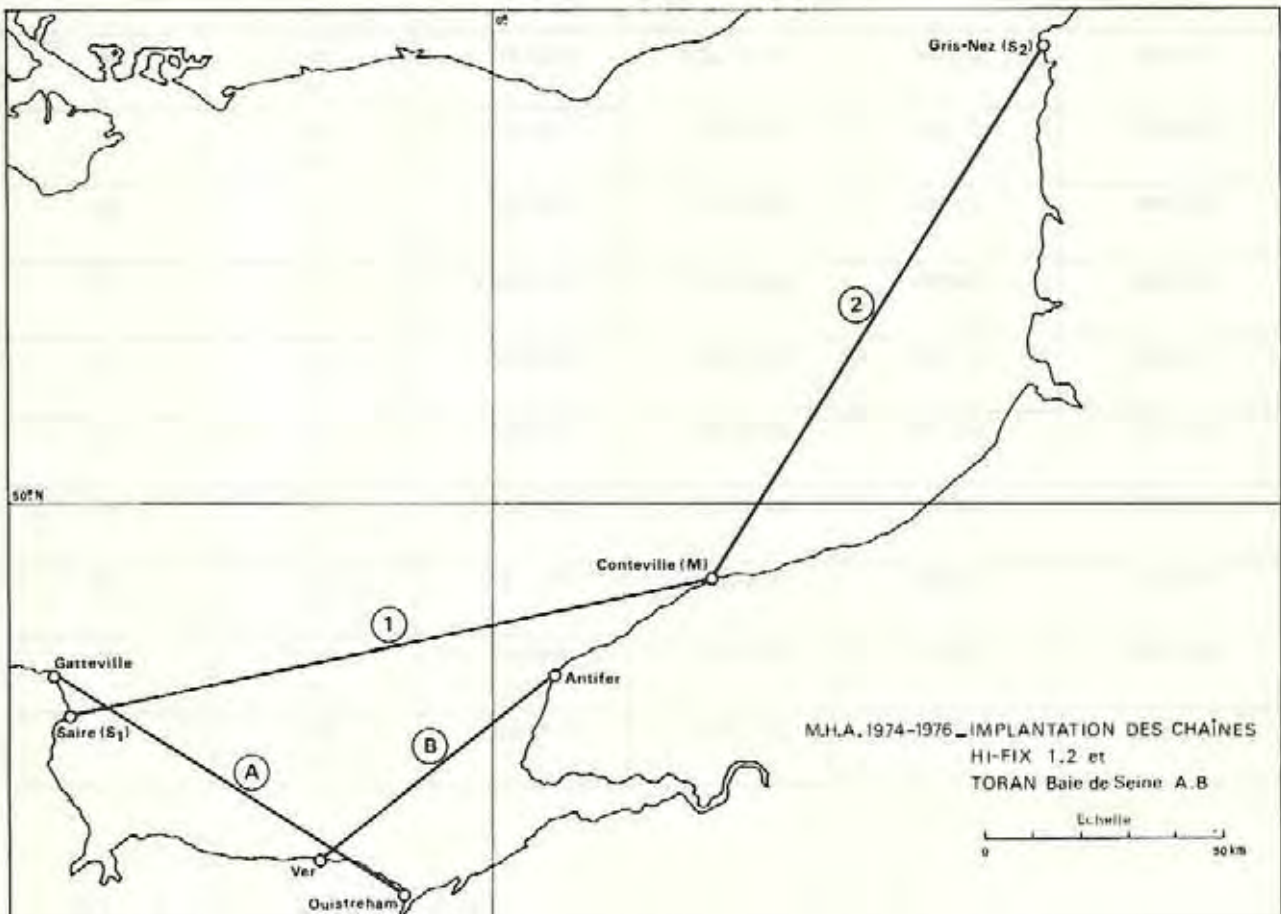
tation (rappelée en planche 10), les problèmes d'étalement et de calage ont été décrits dans le rapport de M. Pasquay, chapitre II, paragraphe 8.2. Les modalités de l'exploitation de ce système sont indiquées dans l'annexe 3 du même rapport.

Au cours des campagnes 1974 et 1975, le calage des récepteurs était effectué et contrôlé fréquemment par passage sur l'épave du *Daffodils* située à 7 milles environ au nord de Dieppe, point de calage beaucoup plus proche de la zone de travail que le feu de la digue Carnot à Boulogne.

6.2.2. Sondages et déroulement des travaux

Les sondages furent exécutés par le BH1 *L'Espérance* à l'aide de son sondeur Atlas Deso-10. L'espacement maximal des profils de sonde variait de 150 mètres par les fonds les plus faibles à 250 mètres à l'extrémité nord des profils. Les routes suivies étaient des hyperboles du réseau 2 dans la partie nord-est du levé et des hyperboles du réseau 1 dans la partie sud-ouest, ces dernières étant orientées sensiblement nord-sud au voisinage d'Antifer. L'étalement du sondeur était effectué à la barre.

Les périodes de travaux à la mer devaient coïncider avec les périodes d'activation de la chaîne Decca Hi-Fix. C'est ainsi qu'en 1974, le BH1 *L'Espérance* a entrepris le levé régulier au mois de juin, puis aux mois de sep-



Pl. 10. —

tembre et octobre jusqu'au 30 de ce dernier mois, date d'arrêt de la chaîne Decca. En 1975, ce bâtiment a embarqué le matériel Hi-Fix à Deal (port de la côte sud-ouest de l'Angleterre) le 24 avril puis au cours des mois de juin et juillet, a terminé les sondages réguliers, effectué des recherches de hauts-fonds notamment dans la partie sud-est de la zone levée en 1974 ainsi que des recherches d'épaves. Enfin, en septembre 1975, ce bâtiment a complété et terminé les prélèvements de natures de fonds sur l'ensemble du levé (211 prélèvements effectués).

6.2.3. Recherche de l'épave d'un chaland

L'épave d'un chaland récemment coulé devant Dieppe dont on connaissait une bonne position ap-

prochée a été recherchée, retrouvée et investiguée au sondeur vertical. Son brassage a été déterminé à 6,0 mètres. Sa position est :

Coordonnées X = 505 270
Lambert I Y = 251 185
Coordonnées L = 49°57',216 N (EUR 50)
Géographiques G = 01°01',060 E

soit dans le 45°5 et à 3,15 milles du phare d'Ailly.

6.2.4. Epaves

Un certain nombre d'épaves, détectées par le levé régulier, ont été investiguées au sondeur vertical. Le tableau ci-dessous indique les résultats obtenus en 1974 et 1975 quant aux recherches effectuées.

X LAMBERT I N.T.F.	Y LAMBERT I Clarke 1880	Latitude Nord	Longitude Est	Brassage en mètres	Fond moyen
488 070	274 980	50°09'49"	0°46'14"	29,2 obs	30
487 945	275 035	50°09'51"	0°46'08"	29,6 obs	30
476 320	249 870	48°56'07"5	0°36'51"	22,1 ep	25
468 150	260 350	50°01'41"5	0°29'49"	26,7 ep	30
466 255	261 990	50°02'32"5	0°28'11"	28,0 ep	30
466 010	263 960	50°03'36"	0°27'57"	28,5 ep	32
464 365	270 360	50°07'02"	0°26'27"	32,7 ep	35
464 350	246 150	49°53'58"5	0°26'56"5	22,1 ep	24
463 630	271 330	50°07'33"	0°26'48"	28,6 ep	36
454 130	242 190	49°51'42"	0°18'29"	21,9 ep	25
451 390	232 830	49°46'37"5	0°16'24"6	18,7 ep	21
445 050	229 390	49°44'40"	0°11'16"5	16,1 ep	20
443 200	239 530	49°50'06"	0°09'27"	25,0 ep	28
441 495	278 275	50°10'57"	0°07'03"5	40,3 ep	41

6.3. Rédaction

La méthode de réduction semi-automatique des sondages mise au point par M. Pasquay et décrite au paragraphe 4.3.1. de son rapport a été utilisée pour la réduction des sondages en Manche Sud-Orientale dans les conditions suivantes :

Entre la droite orientée au 310, issue du phare d'Ault et la droite orientée au 335 issue de la Butte du Catelier, les sondes ont été réduites de la quantité :

$$h(t) = K(x, y) H[t + \theta(x, y)]$$

où

- $H(t)$ désigne la marée observée à Dieppe.
- $K(x, y)$ et $\theta(x, y)$ sont des polynômes du 3^e degré en x et y .
- x et y sont les coordonnées Lambert I du point auquel s'applique la réduction de la marée.
- t est l'heure de l'observation (en général les tops des stations sur les profils de sonde).

Les valeurs numériques des coefficients des polynômes K et θ sont indiquées sur les minutes de bathymétrie et ont été déduites d'une carte des lignes cotidales et d'isomarnage établie par l'EPSHOM en 1974 et ins-

pirée de documents britanniques.

A l'ouest de la droite orientée au 335, issue de la Butte du Catelier, les sondes ont été réduites à l'aide d'une formule semblable à celle indiquée ci-dessus mais dans laquelle $H(t)$ désigne la marée observée à Antifer.

Les observatoires de marée de Dieppe et Antifer ont été décrits au chapitre XI du rapport de M. Pasquay. Toutefois, à Antifer, à la suite d'un incident ayant endommagé le puits du marégraphe, ce dernier a été déplacé et installé à l'extrémité d'une petite jetée de 15 mètres de long environ située à proximité et au sud du tapis roulant support de l'ancien emplacement.

Les calculs des quantités $h(t)$ ont été effectués au Centre de Calcul de l'EPSHOM pour tous les points correspondant aux tops des séances de sondages.

La rédaction des travaux de la campagne 1973 (levé de la Bassurelle) était achevée à mon arrivée. Par contre la rédaction de l'ensemble des campagnes 1974 et 1975 a été exécutée sous ma direction. Elle a donné lieu à l'établissement des documents suivants :

- 32 minutes de bathymétrie au 1/20.000.
- 7 minutes de recherches de hauts-fonds au 1/20.000.
- 15 fiches d'épaves.

CHAPITRE VII

TRAVAUX A CHERBOURG

7.1. Généralités

Sur demande de la 1^{ère} Région Maritime, il fut prescrit à la Mission d'effectuer :

- le contrôle des profondeurs dans les bassins, les passes et l'avant-port militaire.
- des vérifications de hauts-fonds en petite rade.
- le contrôle des profondeurs dans la partie est de la grande rade.

Pendant l'indisponibilité d'été des bâtiments, un détachement de la Mission séjourna à Cherbourg du 21 juillet au 28 Août 1975 pour effectuer les travaux ci-dessus. Ce détachement, hébergé et soutenu par la Direction du port qui a notamment apporté le concours de ses plongeurs, disposait des deux vedettes hydrographiques du BH1 *L'Espérance*, laissées sur place pour la circonstance.

7.2. Caractéristiques des travaux.

7.2.1. Localisation

Tous les sondages ayant été effectués par guidage au théodolite d'une vedette hydrographique, les travaux de triangulation ont été limités à la détermination de la position des stations de guidage, qui furent repérées soit par des douilles scellées (cas des jetées de la grande rade) soit par des repères à la peinture (cas des bassins).

Toutefois, on a profité de la présence du détachement pour effectuer une révision d'amers. La liste des points utilisés est donnée en annexe au présent chapitre. Tous les calculs ont été faits dans le système de la Nouvelle Triangulation Française (Ellipsoïde Clarke 1880).

7.2.2. Bathymétrie

Les bassins Napoléon III, Charles X et l'avant-port militaire ont été sondés suivant des profils longitudinaux espacés de 25 mètres environ. Quelques profils supplémentaires ont été suivis dans les passes d'entrée des bassins ainsi que devant la forme 5.

En petite rade, outre les recherches de hauts-fonds prescrites, quelques profils supplémentaires ont été suivis sur demande locale :

- parallèlement à la jetée du Homet.
- dans l'axe de la forme du Homet.
- le long de la nouvelle digue du port de plaisance.

La partie orientale de la grande rade et la passe de l'Est ont été sondées suivant des profils espacés de 50 mètres environ et suivis en radioguidage, soit à partir de stations régulièrement espacées et repérées sur la grande digue côté Fort de l'Est, soit à partir d'une station repérée sur la jetée des Flamands. La zone sondée est indiquée sur la planche 11.

7.2.3. Recherches de hauts-fonds et d'épaves

Plusieurs obstructions de petite taille (châfnes et cornières) ont été dévouvertes successivement, pratiquement au même emplacement du bassin Napoléon III. Elle ont été étudiées puis enlevées par les plongeurs de la Direction du Port. Toutefois aucune méthode traditionnelle ne peut assurer que le fond est exempt du tout danger, seule une mise à sec du bassin apporterait une certitude, étant donné le degré de précision demandé.

Les trois hauts-fonds de la carte 5628, objets de la vérification prescrite en petite rade, ont été recherchés suivant deux réseaux de profils perpendiculaires espacés de 10 mètres et suivis en radioguidage. Les plongeurs de la Direction du Port ont exploré l'emplacement présumé des hauts-fonds précités ainsi que les relèvements observés au sondeur. Aucune obstruction n'a été décelée ; le fond est uniformément de vase.

Les deux hauts-fonds, marqués 7,4 mètres et présumés respectivement à 480 mètres dans le 245°30 et à 590 mètres dans le 265°10 du feu de la digue du Homet, n'ont pas été retrouvés.

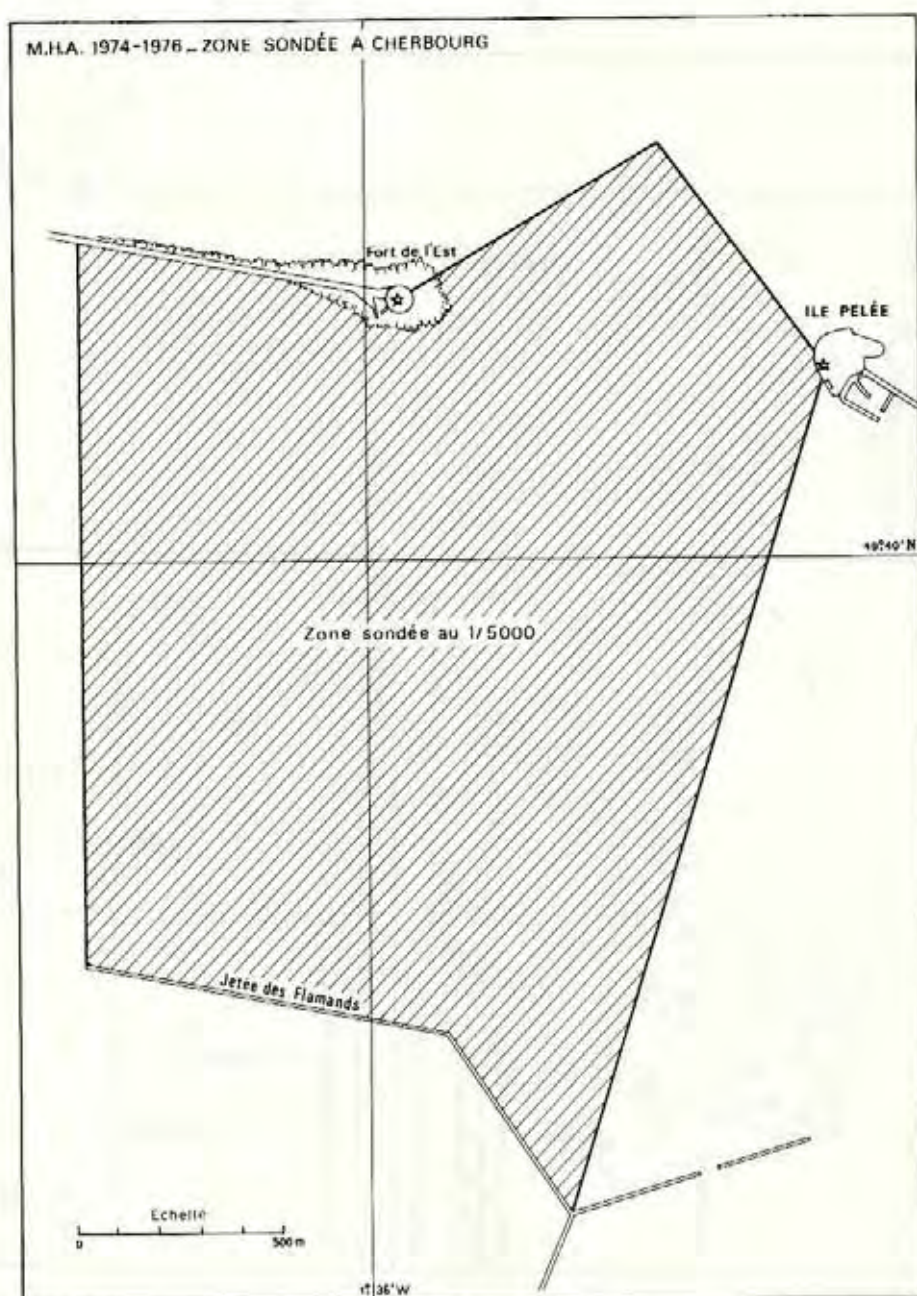
La recherche du haut-fond de 6,1 mètres a donné les trois relèvements ci-dessous :

Brassage	X Lambert I	Y Lambert I
6,5 mètres	314.056	224.871
6,8 mètres	314.060	224.930
6,8 mètres	314.109	224.911

En grande rade, les recherches de hauts-fonds et d'épaves ont donné les résultats indiqués dans le tableau ci-dessous :

Nota : Le haut-fond "La truite" a été trouvé à une cote de 0,7 mètres au lieu de 0,9 mètres, cote portée sur la carte marine 5628.

Nature	Coordonnées Lambert I	Coordonnées Géographiques Lat. Nord – Long. Ouest	Brassage en mètres	Observations
Obstructions (point moyen)	X = 315.490 Y = 226.220	L = 49° 40' 07" 7 G = 01° 36' 22" 1	5,4 5,8 6,1	Trois têtes situées dans un rayon de 50 m autour du point moyen
Haut-fond	X = 316.790 Y = 226.555	L = 49° 40' 20" 8 G = 01° 35' 18" 2	0,7	Haut-fond "La Truite"
Obstruction	X = 316.830 Y = 226.360	L = 49° 40' 14" 5 G = 01° 35' 15" 7	6,6	
Haut-fond	X = 316.834 Y = 226.262	L = 49° 40' 11" 4 G = 01° 35' 13" 2	3,5	
Epave	X = 316.880 Y = 226.264	L = 49° 40' 11" 5 G = 01° 35' 13" 0	4,6	



Pl. 11. -

7.3. Rédaction

Toutes les sondes ont été réduites de la marée observée au marégraphe installé dans l'avant-port militaire de Cherbourg (voir planche 12).

Une échelle de marée supplémentaire (baptisée E4) a été mise en place au voisinage du marégraphe afin de faciliter le contrôle des observations marégraphiques.

Les repères de nivellement utilisés étaient les suivants :

Numéro	Description	Côte NGF	Côte par rapport au zéro hydrographique
2	Repère NGF - NPQ 35 (pilier gauche de l'entrée de la DTIM, place Bruhat)	+ 5,525 m	+ 9,225 m
6	Bitte N° 5325	+ 5,817 m	+ 9,517 m
7	Zéro de l'échelle E4	- 3,660 m	+ 0,040 m

La rédaction des travaux a donné lieu à l'établissement des documents suivants :

- 1 minute de bathymétrie au 1/1.000
- 1 " " au 1/2.000
- 1 " " au 1/2.500

- 1 " " au 1/5.000
- 1 minute de recherches au 1/5.000
- 3 fiches d'épaves
- 16 fiches géodésiques

ANNEXE AU CHAPITRE VII

POINTS DETERMINES OU UTILISES
Nouvelle triangulation de la France – Ellipsoïde Clarke 1880

1. Points constituant des amers

Désignation	Coordonnées Lambert I	Coordonnées Géographiques Lat. Nord – Long. Ouest	Classe	Origine
Feu de la Direction du Port	X = 312.995,69 Y = 224.544,79	L = 49° 39' 09" 3 G = 01° 38' 21" 9	1	MHD 1970
Mât de la Vigie du Homet	X = 313.596,45 Y = 225.167,12	L = 49° 39' 30" 6 G = 01° 37' 53" 6	2	MHA 1975
Feu Nord du port militaire (axe)	X = 313.635,55 Y = 224.606,40	L = 49° 39' 12" 4 G = 01° 37' 50" 2	2	MHA 1975
Feu Sud du port militaire (axe)	X = 313.643,61 Y = 224.533,02	L = 49° 39' 10" 1 G = 01° 37' 49" 6	2	MHA 1975
Feu de la gare maritime (axe)	X = 314.665,32 Y = 223.773,78	L = 49° 38' 47" 3 G = 01° 36' 56" 7	2	MHA 1975
Feu de la digue du Homet	X = 314.767,00 Y = 225.071,10	L = 49° 39' 29" 4 G = 01° 36' 55" 1	3	IGN
Feu du Fort Central (axe)	X = 314.773,71 Y = 226.773,96	L = 49° 40' 24" 4 G = 01° 36' 59" 2	2	MHA 1975
Feu des Mielles (axe)	X = 315.986,66 Y = 224.142,51	L = 49° 39' 01" 4 G = 01° 35' 51" 9	2	MHA 1975
Pylone de la jetée des Flamands	X = 316.100,66 Y = 224.723,34	L = 49° 39' 20" 4 G = 01° 35' 47" 8	1	MHA 1975
Feu du Fort de l'Est	X = 316.103,30 Y = 226.484,44	L = 49° 40' 17" 3 G = 01° 35' 52" 2	4	IGN
Feu de l'île Pelée (axe)	X = 317.104,58 Y = 226.331,13	L = 49° 40' 13" 5 G = 01° 35' 01" 9	3	MHA 1975
Feu de Tourlaville	X = 318.061,10 Y = 225.107,00	L = 49° 39' 36" 1 G = 01° 34' 11" 1	3	IGN

1 – Amer très peu visible

2 – Amer peu visible

3 – Amer assez visible

4 – Amer très visible de loin (atterrissage)

2. Points repérés

Désignation	Coordonnées Lambert I	Coordonnées géographiques Lat. Nord – Long. Ouest	Origine
Bassin Napoléon III Douille repère 9	X = 312 964,6 Y = 224 829,2	L = 49°39'18"5 G = 01°38'24"2	MHA 1975
Bassin Napoléon III Douille repère 1	X = 313 150,6 Y = 224 861,5	L = 49°39'19"5 G = 01°38'15"0	MHA 1975
Bassin Napoléon III Station Est (boulon)	X = 313 185,6 Y = 224 688,3	L = 49°39'14"3 G = 01°38'12"8	MHA 1975
Borne cale SNLE (repère bronze scellé)	X = 313 715,0 Y = 225 047,3	L = 49°39'26"8 G = 01°37'47"4	MHD 1970
Digue du Homet (Bitte "B")	X = 313 808,8 Y = 225 313,8	L = 49°39'35"6 G = 01°37'43"4	MHD 1970
Digue du Homet (Repère bronze)	X = 314 238,90 Y = 225 200,68	L = 49°39'32"7 G = 01°37'21"7	MHA 1975
Digue du Homet (Bitte "A")	X = 314 718,5 Y = 225 073,7	L = 49°39'29"4 G = 01°36'57"5	MHA 1975
Feu du Fort Central (Anneau)	X = 314 772,75 Y = 226 773,10	L = 49°40'24"4 G = 01°36'59"2	MHA 1975
Feu des Mielles (Croix gravée)	X = 315 985,31 Y = 224 143,52	L = 49°39'01"4 G = 01°35'52"0	MHA 1975
Station des Flamands (Douille scellée)	X = 316 382,78 Y = 224 274,71	L = 49°39'06"4 G = 01°35'32"5	MHA 1975

CHAPITRE VIII

LEVE REGULIER A L'ENTREE DE LA MANCHE

8.1. Généralités

Le levé concerne la moitié Sud de l'entrée de la Manche, limitée :

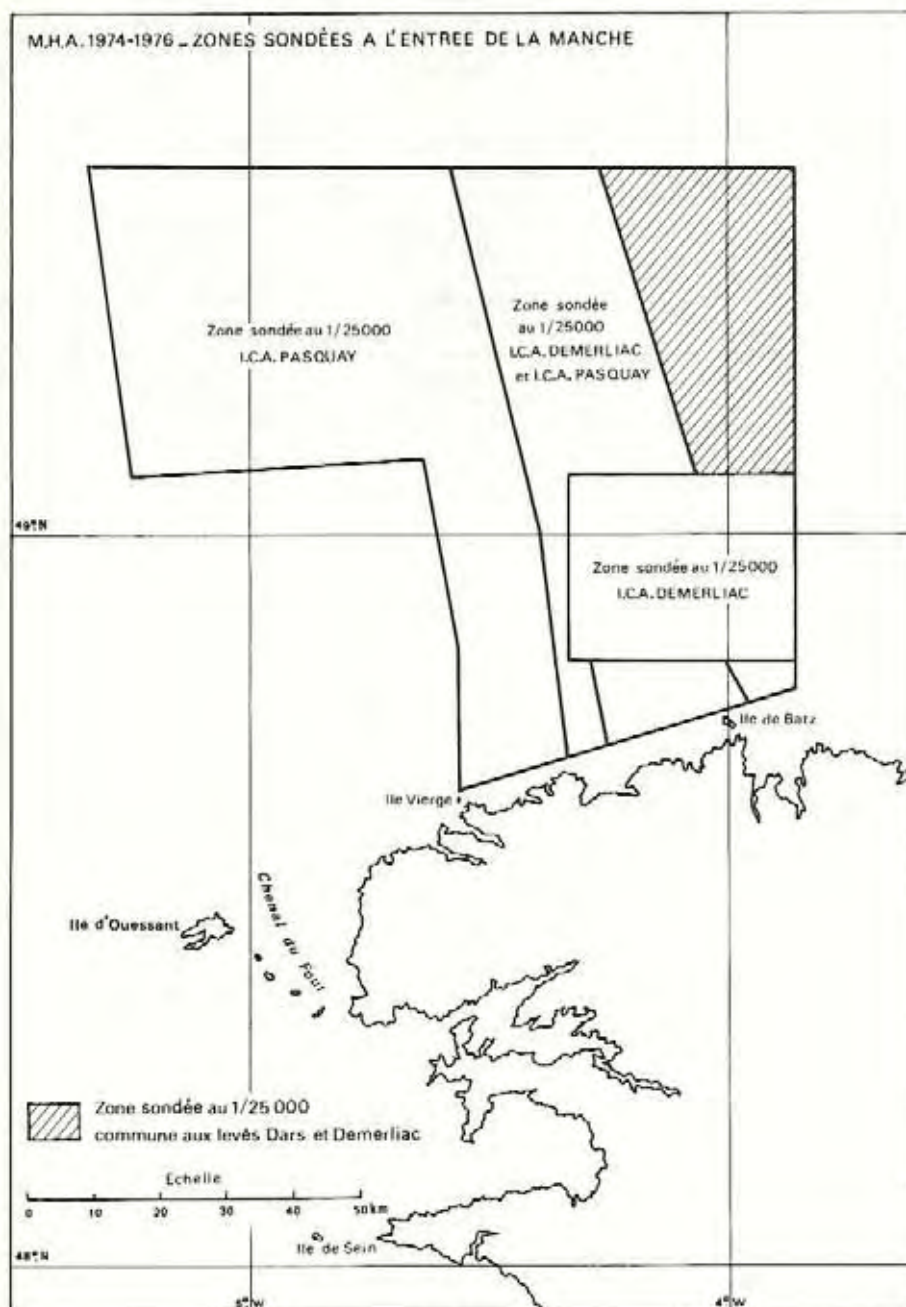
- à l'Ouest, par le levé de M. Roubertou 1968-1969.

- au Nord, par le parallèle $49^{\circ}30'N$.

- à l'Est, par le méridien $3^{\circ}52'W$.

- au Sud, par l'isobathe de 50 mètres.

Le levé était initialement prévu à l'échelle du 1/50 000. Constatant le relief tourmenté du fond, la



Pl. 13. —

Direction du SHOM prescrivit un levé complémentaire destiné à couvrir l'ensemble de la zone à l'échelle du 1/25 000.

8.2. Caractéristiques et Déroulement des travaux

8.2.1. Localisation

La localisation des bâtiments sondeurs était assurée à l'aide des réseaux 8 et 10 de la chaîne Toran-3D, implantée sur la côte Nord de la Bretagne. Un troisième lieu était obtenu par la réception du réseau 3 de la chaîne Toran-3G. Les caractéristiques et configurations de ces chaînes sont données au chapitre II du rapport de M. Pasquay.

Les calages des récepteurs étaient obtenus par passage des lignes d'ombre au large d'Ouessant au cours des transits des bâtiments vers Brest et par passage sur des épaves connues au large de Roscoff.

8.2.2. Sondages

Les trois bâtiments de la Mission ont participé à l'exécution des sondages qui, commencés fin 1973 par mon prédécesseur, furent menés de façon épisodique selon les disponibilités occasionnelles des bâti-

ments entre des périodes de travaux plus prioritaires. Les travaux à la mer se terminèrent en février 1975. Les sondages furent exécutés au moyen des sondeurs Atlas des bâtiments dont le fonctionnement s'est révélé satisfaisant, même par des creux de plusieurs mètres, fréquemment rencontrés du fait des conditions météorologiques souvent médiocres durant les périodes concernées. Les profils de sonde étaient constitués dans la partie est par des hyperboles du réseau 10, orientées sensiblement nord-sud. La planche 13 indique les limites des zones sondées sous les directions successives des ICA Demerliac, Pasquay et Dars.

8.3. Rédaction

La méthode utilisée pour la réduction des sondages a été mise au point par M. Pasquay et est décrite en détail au paragraphe IV.3.1. de son rapport.

En septembre 1974, la rédaction des travaux de la campagne 1976 en cours restait à faire et fut effectuée conjointement à celle résultant des travaux exécutés par la suite.

L'ensemble des campagnes 1974 et 1975 a donné lieu à l'établissement de 8 minutes de bathymétrie au 1/50 000.

CHAPITRE IX

COURANTOMETRIE EN RADE ABRI DE BREST

9.1. Généralités

Une campagne de mesures de courants en rade-abri de Brest s'est déroulée du 29 novembre 1974 au 7 avril 1975.

Elle comportait :

- l'enregistrement du courant de façon continue à 5 mètres d'immersion en 5 stations dites "fixes" A, B, C, D, E pendant toute la durée de la campagne (échantillonnage au dixième d'heure).
- l'enregistrement du courant à 5 mètres d'immersion en 24 stations dites "mobiles" sur une durée de 50 heures en vive-eau et en morte-eau (échantillonnage au centième d'heure).

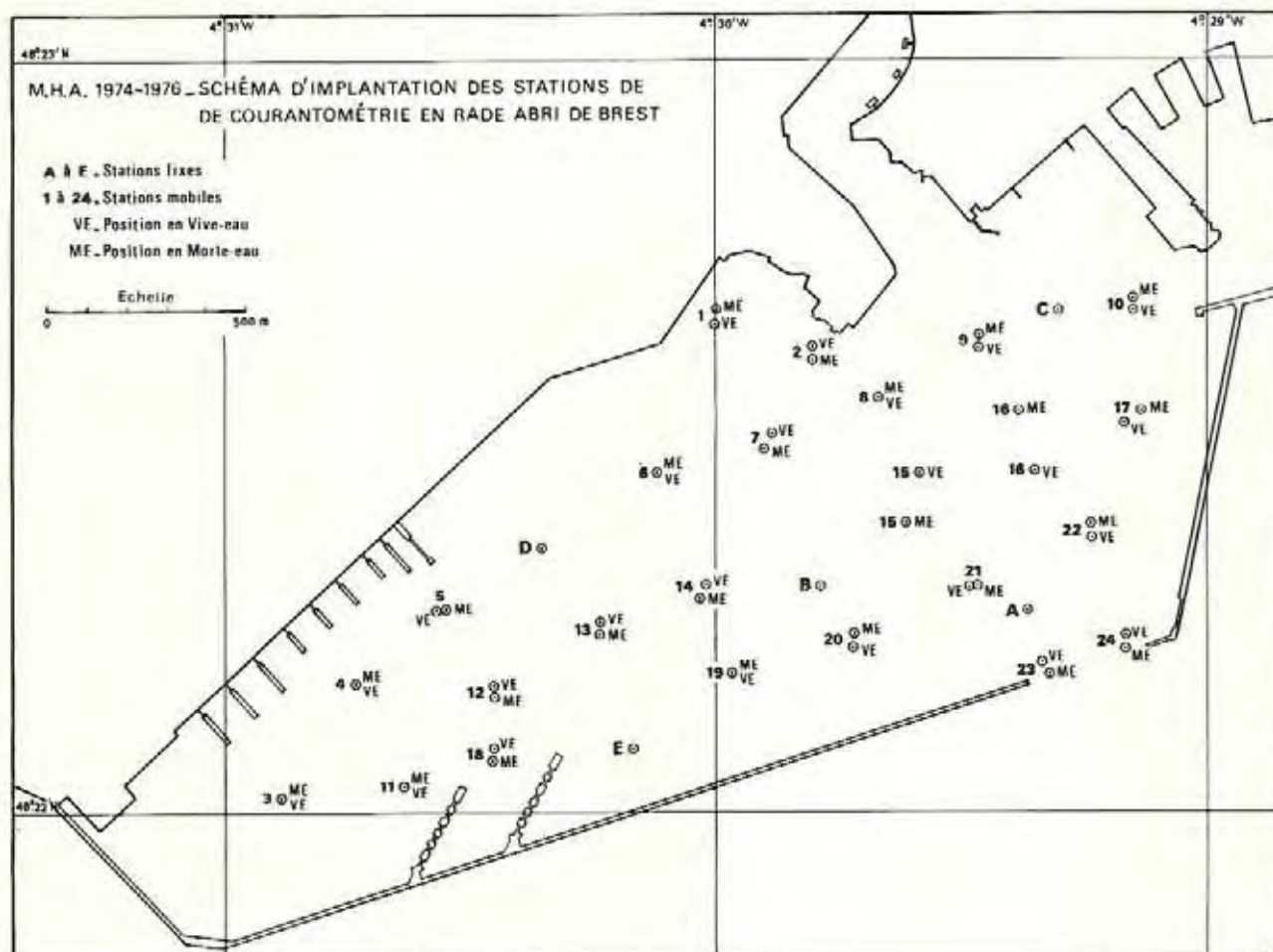
La Mission disposait de cinq courantographes Mécaboliér installés aux cinq stations "fixes" et de cinq

9.2. Caractéristiques et déroulement des travaux

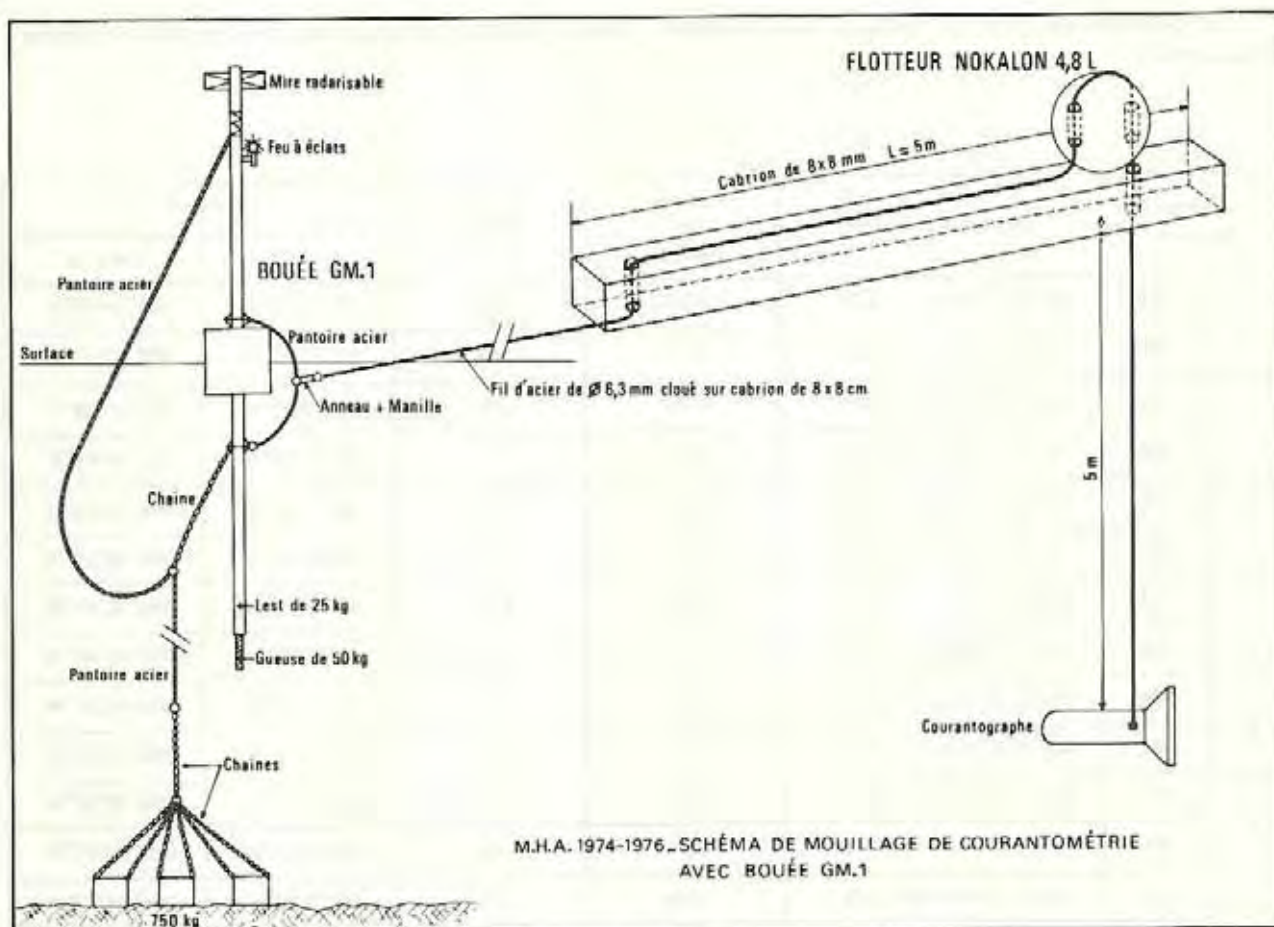
9.2.1. Concours locaux

Ayant estimé que le matériel courant de mouillage ne pouvait ni supporter une immersion prolongée de plusieurs mois ni constituer un balisage de longue durée suffisamment visible, la Mission a obtenu le prêt par la 2^e Escadrille de Dragage de cinq bouées GM1 de dragueur, avec leur lignes de mouillage, pour équiper les stations "fixes".

Pour le déroulement des opérations, la Mission a eu comme interlocuteur principal la Direction du Port de



Pl. 14. —



Pl. 15. —

Brest qui fournissait les moyens flottants (chaloupe, remorqueur ou gabare), les plongeurs, les renseignements météorologiques et les renseignements concernant les mouvements de bâtiments, civils ou militaires.

9.2.2. Déroulement des travaux

Le schéma d'implantation des stations est indiqué sur la planche 14.

Les cinq bouées GM1 marquant les stations fixes ont été mises à l'eau par la gabare *La Fidèle* le 29 novembre 1974 puis relevées le 7 avril 1975 par le même moyen. Le schéma du dispositif de mouillage utilisé est indiqué sur la planche 15.

Les stations "mobiles" devaient être occupées par groupe de cinq en vive-eau et en morte-eau. Toutefois les prévisions ont dû être fréquemment aménagées pour tenir compte de divers facteurs : conditions météorologiques, mouvements de bâtiments, indisponibilité des moyens flottants. C'est pourquoi la campagne a duré finalement un peu plus de quatre mois. Les opérations

de mouillage et de relevage étaient effectuées généralement par une chaloupe de la Direction du Port, les embarcations de la Mission ayant été rarement disponibles. Cette chaloupe s'est révélée d'une utilisation pratique malgré une prise au vent assez importante. Le schéma du dispositif de mouillage utilisé est indiqué sur la planche 16.

Les positions des stations "fixes" sont indiquées ci-dessous :

Station	Latitude Nord	Longitude Ouest
A	48° 22' 16"	04° 29' 22"
B	48° 22' 18"	04° 29' 47"
C	48° 22' 40"	04° 29' 18"
D	48° 22' 21"	04° 30' 21"
E	48° 22' 21"	04° 30' 10"

Les positions des stations "mobiles" sont indiquées dans le tableau ci-dessous ainsi que les dates et durées d'occupation.

N° des Stations		Dates d'occupation	Durée en heures	Coeff. moyen	Position	
					Lat. N	Long. W
1	VE	du 27. 2.75 au 1. 3.75	53 h	115	48°22'39"N	004°30'00"W
	ME	du 20. 3.75 au 22. 3.75	55 h	42	48°22'40"N	004°30'00"W
2	VE	du 27. 2.75 au 1. 3.75	53 h	115	48°22'37"N	004°29'48"W
	ME	du 21. 1.75 au 23. 1.75	50 h	41	48°22'36"N	004°29'48"W
3	VE	du 25. 2.75 au 27. 2.75	50 h	112	48°22'01"N	004°30'53"W
	ME	du 8. 3.75 au 8. 3.75	52 h	37	48°22'01"N	004°30'53"W
4	VE	du 27. 2.75 au 1. 3.75	53 h	115	48°22'10"N	004°30'44"W
	ME	du 21. 3.75 au 24. 3.75	72 h	50	48°22'10"N	004°30'44"W
5	VE	du 12. 2.75 au 14. 2.75	52 h	86	48°22'16"N	004°40'34"W
	ME	du 4. 2.75 au 6. 2.75	52 h	41	48°22'16"N	004°30'33"W
6	VE	du 25. 2.75 au 27. 2.75	51 h	112	48°22'27"N	004°30'07"W
	ME	du 04. 3.75 au 6. 3.75	52 h	40	48°33'27"N	004°30'07"W
7	VE	du 25. 2.75 au 27. 2.75	52 h	112	48°22'30"N	004°29'53"W
	ME	du 19. 2.75 au 21. 2.75	53 h	40	48°22'29"N	004°29'54"W
8	VE	du 13. 1.75 au 15. 1.75	52 h	82	48°22'33"N	004°29'40"W
	ME	du 19. 2.75 au 21. 2.75	53 h	40	48°22'33"N	004°29'40"W
9	VE	du 13.12.74 au 16.12.74	69 h	83	48°22'37"N	004°29'28"W
	ME	du 4. 2.75 au 6. 2.75	51 h	41	48°22'38"N	004°29'28"W
10	VE	du 27. 2.75 au 1. 3.75	53 h	115	48°22'40"N	004°29'09"W
	ME	du 4. 2.75 au 6. 2.75	50 h	41	48°22'41"N	004°29'09"W
11	VE	du 27. 2.75 au 1. 3.75	53 h	115	48°22'02"N	004°30'38"W
	ME	du 6. 3.75 au 8. 3.75	52 h	37	48°22'02"N	004°30'38"W
12	VE	du 25. 2.75 au 27. 2.75	52 h	112	48°22'10"N	004°30'27"W
	ME	du 20. 3.75 au 22. 3.75	55 h	42	48°22'09"N	004°30'27"W
13	VE	du 13.12.74 au 16.12.74	68 h	83	48°22'15"N	004°30'14"W
	ME	du 4. 3.75 au 6. 3.75	52 h	40	48°22'14"N	004°30'14"W
14	VE	du 13.12.74 au 16.12.74	68 h	83	48°22'18"N	004°30'01"W
	ME	du 6.12.74 au 9.12.74	69 h	60	48°22'17"N	004°30'02"W
15	VE	du 25. 2.75 au 27. 2.75	52 h	112	48°22'27"N	004°29'35"W
	ME	du 6.12.74 au 9.12.74	68 h	60	48°22'23"N	004°29'37"W
16	VE	du 30.11.74 au 2.12.74	52 h	92	48°22'27"N	004°29'21"W
	ME	du 6. 1.75 au 8. 1.75	52 h	52	48°22'32"N	004°29'23"W

17	VE	du 13. 1.75 au 15. 1.75	52 h	82	48°22'31"N	004°29'10"W
	ME	du 6. 1.75 au 8. 1.75	52 h	52	48°22'32"N	004°29'08"W
18	VE	du 30.12.74 au 2. 1.75	68 h	98	48°22'05"N	004°30'27"W
	ME	du 4. 3.75 au 6. 3.75	52 h	40	48°22'04"N	004°30'27"W
19	VE	du 12. 2.75 au 14. 2.75	52 h	86	48°22'11"N	004°29'58"W
	ME	du 19. 2.75 au 21. 2.75	51 h	40	48°22'11"N	004°29'58"W
20	VE	du 12. 2.75 au 14. 2.75	50 h	86	48°22'13"N	004°29'43"W
	ME	du 20. 3.75 au 22. 3.75	54 h	42	48°22'14"N	004°29'43"W
21	VE	du 12. 2.75 au 14. 2.75	52 h	86	48°22'18"N	004°29'29"W
	ME	du 21. 1.75 au 23. 1.75	52 h	41	48°22'18"N	004°29'28"W
22	VE	du 13. 1.75 au 15. 1.75	52 h	82	48°22'22"N	004°29'14"W
	ME	du 4. 3.75 au 6. 3.75	53 h	40	48°22'23"N	004°29'14"W
23	VE	du 30.11.74 au 2.12.74	53 h	92	48°22'12"N	004°29'20"W
	ME	du 21. 1.75 au 23. 1.75	52 h	41	48°22'11"N	004°29'19"W
24	VE	du 30.11.74 au 2.12.74	53 h	92	48°22'14"N	004°29'10"W
	ME	du 6.12.74 au 9.12.74	68 h	60	48°22'13"N	004°29'10"W

9.3. Matériel utilisé

9.3.1. Dispositifs de mouillage

Les bouées GM1 étaient utilisées pour la première fois en Mission hydrographique et ont donné satisfaction en des emplacements relativement bien protégés de la houle et du clapot. Toutefois le séjour prolongé en immersion (4 mois environ) a détérioré les pattes d'oies, points de fixation des cabrions (voir schéma), et a fait apparaître des phénomènes notables d'oxydation et d'électrolyse.

L'éclairage de ces bouées (dit fanal 5) a occasionné beaucoup de difficultés au niveau piles et ampoules, essentiellement quant à la durée de vie et la maniabilité. Les feux Orthotron, utilisés pour l'opération Jonsdap 76, ont donné beaucoup plus de satisfaction.

L'utilisation de cabrions pour mesures de surface s'est avérée très judicieuse notamment après remplace-

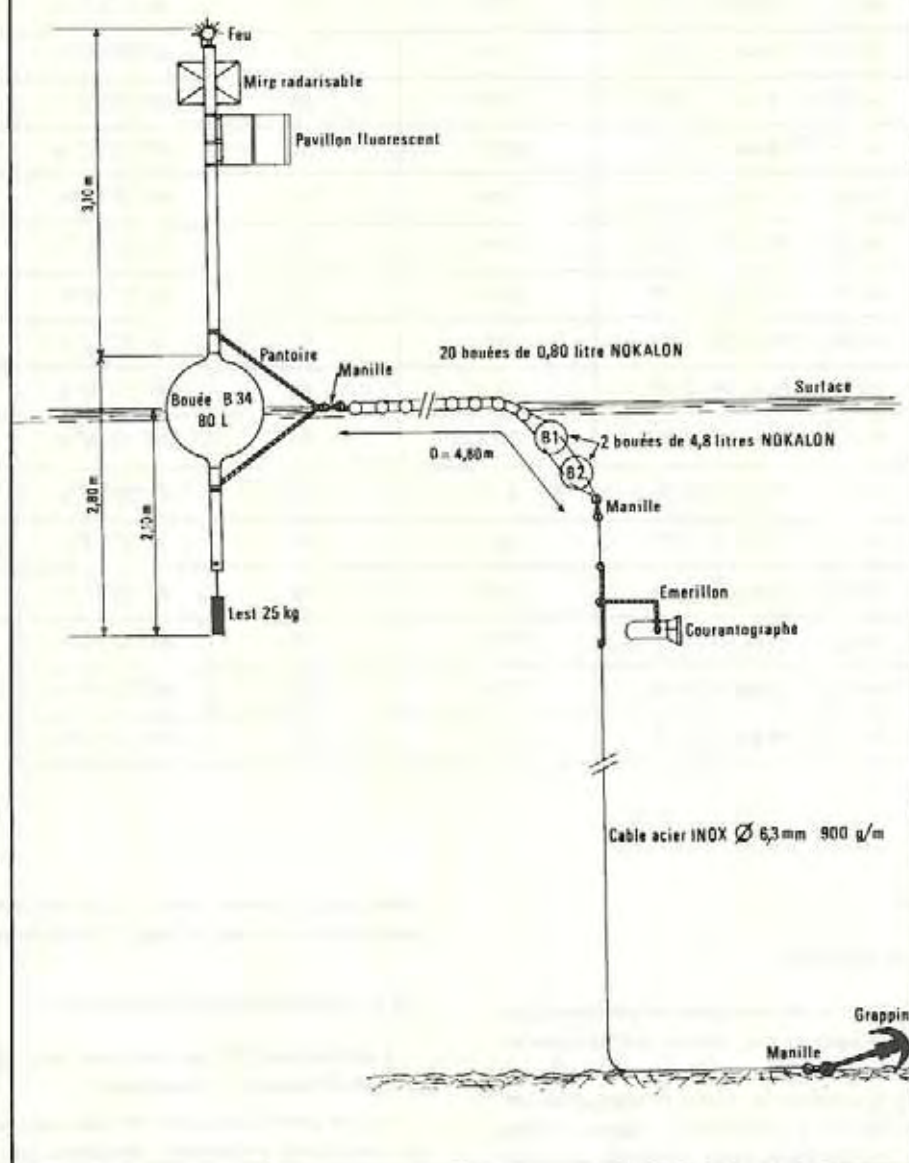
ment du fil d'acier entre bouée et cabrion par un morceau de chaîne avec un câble nylon en sécurité.

9.3.2. Courantomètres Mécabolier

L'utilisation de ce matériel fut la cause de nombreuses difficultés, notamment :

- Les piles Varta ont été abandonnées et remplacées par des piles Leclanché, prescrites par le constructeur.
- En début de campagne, un débobinage intempestif des films se produisait fréquemment. Il a été remédié à ce défaut en plaçant une plaque d'aluminium au-dessus de la bobine.
- Les cliquets d'entraînement s'émoussent très vite.
- Le compteur horaire et l'avance film se sont bloqués plusieurs fois.
- Les générateurs d'impulsions ont eu plus d'une défaillance.

M.H.A. 1974-1976 - COURANTOMÉTRIE EN RADE ABRI DE BREST
SCHÉMA DE MOUILLAGE



Pl. 16. —

CHAPITRE X

TRAVAUX AU LARGE DE BREST

10.1. Vérification de profondeur sur la Basse de l'Iroise

10.1.1. Généralités

Le pétrolier *Port Anna* ayant heurté une roche qu'il prétendait situer sur la Basse de l'Iroise cotée 7,8 m sur la carte marine 6609, il a été prescrit à la Mission de vérifier la profondeur minimale existante en cet endroit.

10.1.2. Localisation

La localisation était assurée à l'aide de la chaîne Toran Iroise. Le calage se faisait sans difficultés par passage des lignes d'ombre et contrôle sur la bouée du Lys.

10.1.3. Sondages

Les 13 et 14 Mai 1975, le BH2 *Astrolabe* a effectué des sondages serrés sur profils écartés de 15 à 20 mètres, selon deux réseaux à peu près perpendiculaires correspondant aux hyperboles des deux réseaux Toran.

Les sondages ont fait apparaître une zone rocheuse très abrupte et de faible étendue (400 mètres sur 250 mètres environ orientée OSO-ENE) de profondeur moyenne de 15 mètres et entourée de fonds de 40 mètres. Ce plateau très tourmenté présente plusieurs têtes très pointues dont la plus haute a été cotée 7,0 mètres au sondeur.

10.1.4. Dragages

Le 20 Mai 1975, des dragages hydrographiques ont été effectués. Après crochage de la drague, il a été trouvé et coté au sondeur, un écho assez flou de brassage 5,1 mètres et de position :

Coordonnées $\{ X = 70\,644$

Lambert II $\{ Y = 380\,588$

Coordonnées géographiques $\{ L = 48^{\circ}12'30'',5\,N$

Europe 50 compensé $\{ G = 04^{\circ}47'32''\,W$

Un plafond de dragage de 5,1 mètres a été assuré.

10.1.5. Rédaction

Les sondes ont été réduites de la marée observée au marégraphe du Conquet.

Les documents suivants ont été établis :

- 1 minute de bathymétrie à l'échelle du 1/2 500 ;
- 1 minute de dragage à l'échelle du 1/2 500.

10.2. Levé au sud de la Chaussée des Pierres Noires

10.2.1. Généralités

Les travaux prescrits comportaient :

- le levé bathymétrique 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.

- une campagne de mesures de courants à différents niveaux aux trois emplacements indiqués sur la planche 17.

La campagne de courantométrie s'est déroulée du 22 décembre 1975 au 8 mars 1976 et les sondages furent effectués par le BH2 *Astrolabe* en février 1976.

10.2.2. 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 l'ancien réseau 3 (Kerlouan-Tronoen) dont les emplacements étaient utilisés en début 1976 par la Compagnie Générale de Géophysique. Deux récepteurs Toran type P avaient été installés à bord du BH2 *Astrolabe*. Le calage s'effectuait sans difficultés par rapport aux amers voisins de la zone. La cohérence des lieux géométriques obtenus fut excellente, les corrections équiphases ne dépassant pas quatre centièmes.

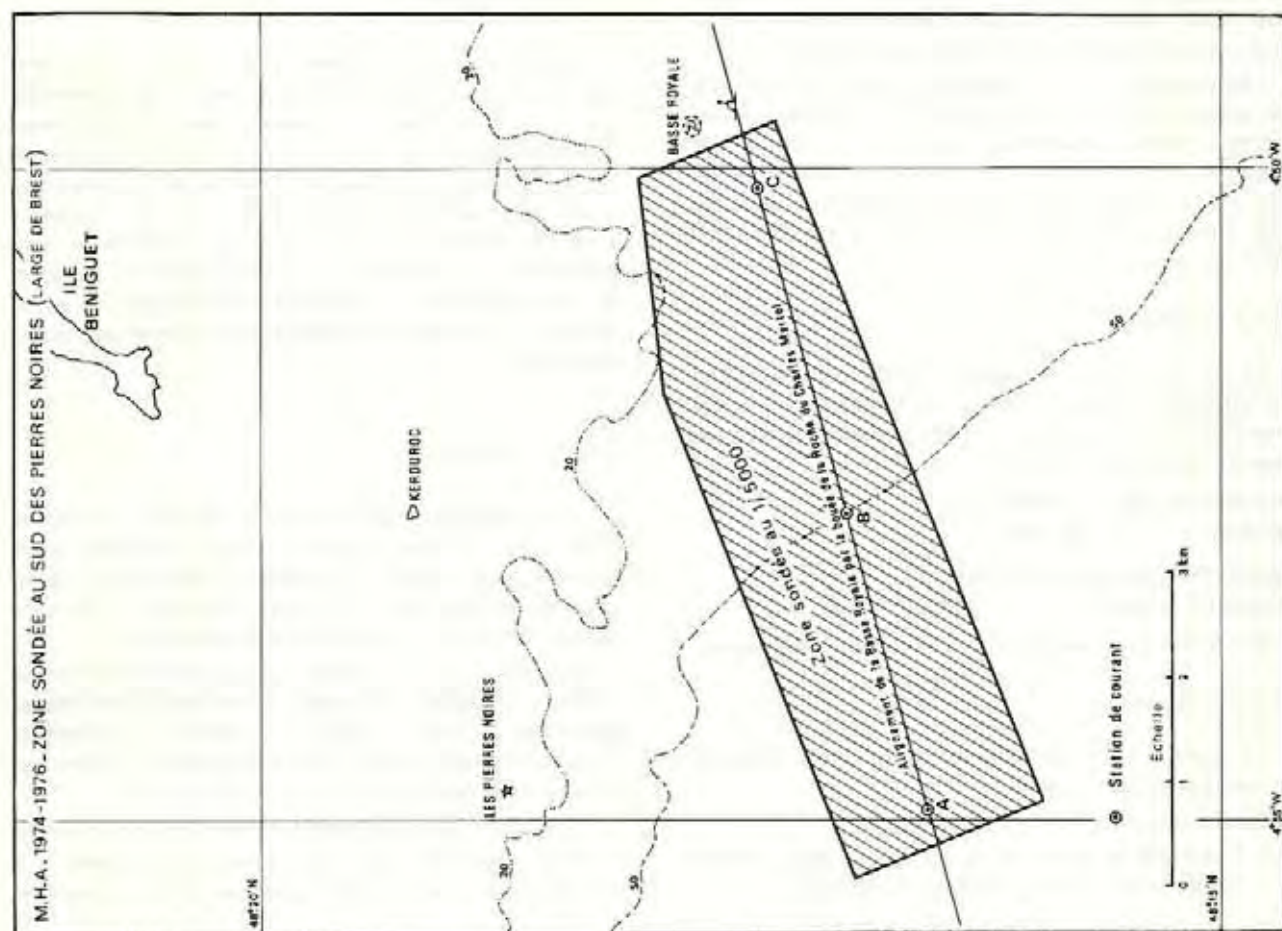
10.2.3. Bathymétrie

Les conditions météorologiques du mois de février 1976 ayant été très mauvaises, il fallut attendre la fin du mois pour trouver les journées de beau temps nécessaires à l'exécution des sondages réguliers et des principales recherches de hauts-fonds consécutives.

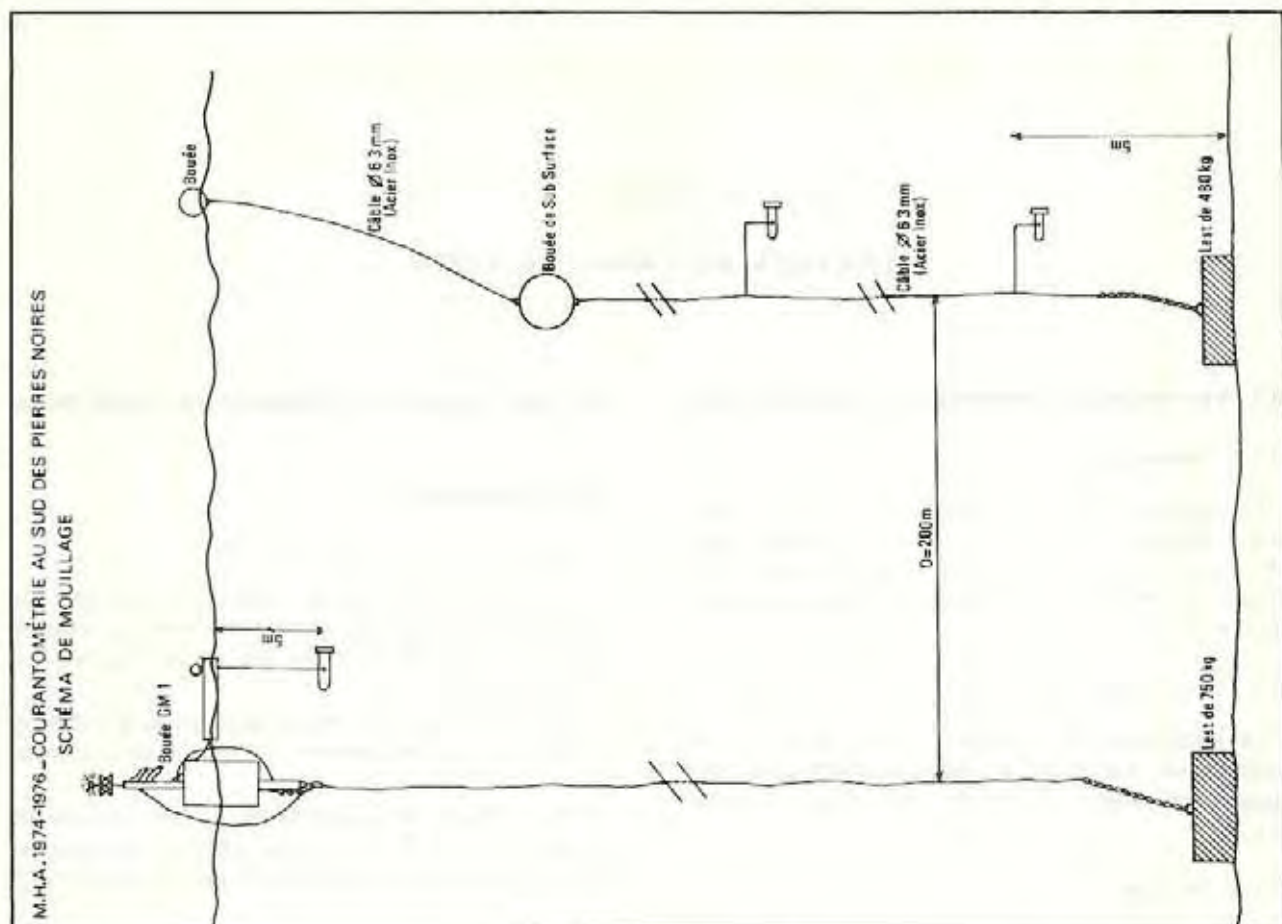
Les routes suivies étaient des hyperboles de l'ancien réseau 3 (Kerlouan-Tronoen), à peu près parallèles au grand axe de la zone à lever et normales aux isobathes. L'espacement des profils a été de 50 mètres en moyenne. L'étalement des sondeurs a été fait à la barre.

Une épave a été détectée au cours du levé régulier.

Trois recherches de hauts-fonds ou d'épaves, sur profils très serrés, ont été effectués et ont donné les



Pl. 17. —



Pl. 18. —

résultats suivants :

Brassage (en mètres)	30,3	33,4 Ep	28,0
Fonds moyen (en mètres)	45	40	34
Coordonnées X Lambert II Y	65 000 390 475	67 110 389 905	68 265 389 925
Relèvement et distance par rapport au phare de St-Mathieu	243° 9 250 m	233° 7 560 m	227° 6 550 m

10.2.4. Courantométrie

La campagne de courantométrie devait permettre de recueillir au moins un mois d'enregistrements exploitables, aux trois emplacements repérés A, B et C sur la planche 17 et à trois immersions : 5 mètres sous la surface, mi-profondeur, 5 mètres au-dessus du fond.

Station	Fonds moyen	Relèvement et distance par rapport au feu des Pierres Noires
A	60 m	182° à 4 100 m
B	55 m	141° à 4 250 m
C	35 m	113° à 6 300 m

Ces emplacements sont caractérisés par des profondeurs importantes et le manque quasi-total de protection contre les mauvaises conditions de mer et la houle du large. Le dispositif de mouillage, rappelé sur la

planche 18, fut du type Jonsdap 76, sans largeur acoustique, d'où la nécessité de relever les dispositifs de mouillages à l'aide d'un gabare tous les dix jours pour les changements des films des courantographes. Malgré ces précautions, une tempête survenue le 2 janvier 1976 emporta les dispositifs de mouillage et les appareils qui ne purent être tous récupérés.

Le tableau ci-dessous indique les durées d'observations aux trois emplacements :

Station	Immersion	Dates et durées d'observations
A	5 m	du 06.02.76 au 08.03.76 31 j.
	30 m	du 06.01.76 au 06.02.76 30 j.
	55 m	du 16.01.76 au 24.02.76 39 j.
B	5 m	du 06.02.76 au 08.03.76 31 j.
	25 m	et du 22.12.75 au 05.01.76 35 j.
	50 m	du 16.01.76 au 06.02.76 — idem — 34,5 j.
C	5 m	et du 22.12.75 au 15.01.76 37 j.
	20 m	du 06.02.76 au 19.02.76 34 j.
	30 m	du 16.01.76 au 19.02.76 36 j.

10.2.5. Rédaction

Les sondages ont été réduits de la marée observée au Conquet où le zéro hydrographique est à 4,10 mètres au-dessous du zéro NGF (Lallemand) et à 20,575 mètres au-dessous du repère NGF N° 44 (soubassement du bâtiment "Service Phares et Balises").

Nous dûmes laisser à notre successeur le soin d'achever la rédaction des travaux de bathymétrie et de courantométrie.

CHAPITRE XI

TRAVAUX A LORIENT

11.1. Généralités

Les travaux prescrits comportaient la vérification hydrographique de la Passe de l'Ouest, des accès extérieurs à Lorient et notamment la vérification de l'existence de quatre obstructions ou relèvements de fonds portés sur la carte marine 6470 et dont la cote était comprise entre 5 et 6 mètres.

Les travaux à la mer ont été effectués par le BH1 *L'Espérance* avec l'aide des moyens flottants de la Direction du Port de Lorient. Ils se sont déroulés durant les semaines du 20 au 25 mai et du 9 au 15 juin 1975.

11.2. Caractéristiques et déroulement des travaux

11.2.1. Localisation

La localisation a été entièrement assurée par moyens optiques. Grâce aux travaux de la Mission Hydrographique de Dragages (MHD) en 1963, les travaux de géodésie ont été limités à la détermination de la position du mât de la Vigie de Port-Louis et des stations de radioguidage.

La liste des points utilisés est donnée en annexe au présent chapitre. Trois fiches géodésiques ont été établies.

11.2.2. Sondages

Les sondages ont été effectués par radioguidage d'une embarcation du BH1 *L'Espérance*, à partir d'une station installée sur un blockhaus situé près du Centre d'Education Spécialisé de Kerpape. Les profils suivis étaient ainsi à peu près perpendiculaires à l'axe de la Passe de l'Ouest. La localisation de l'embarcation était complétée par 2 ou 3 angles au cercle, pris sur les tourelles de la Passe et observée dans de bonnes conditions.

La zone sondée est indiquée sur la planche 19.

L'espacement des profils était de 15 mètres environ de manière à obtenir une reconnaissance serrée du fond et une bonne probabilité de détection de toute anomalie. Toutefois seul un profil sur trois a été entièrement rédigé et écrit sur une minute de bathymétrie au 1/5 000. Quant aux profils non rédigés, ceux présentant des relèvements de fonds ont été écrits sur une minute de recherches et les sondes minimales ainsi déterminées ont été reportées sur la minute de bathymétrie.

11.2.3. Recherches d'obstructions ou d'épaves

Ces recherches ont comporté deux phases :

- exploration systématique au sondeur latéral Edgerton.
- dragage hydrographique des obstructions présumées.

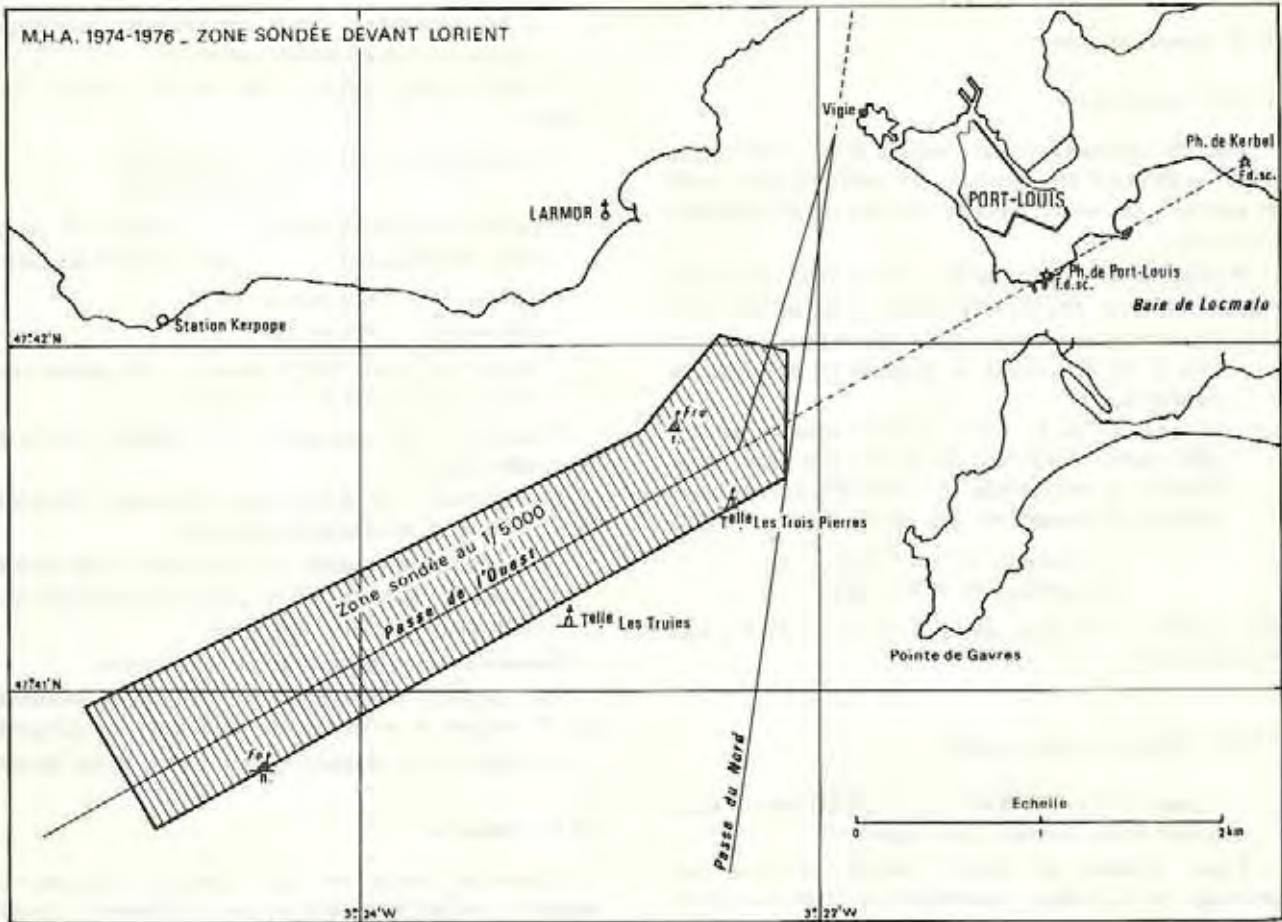
Le sondeur latéral a été installé à bord d'une chaloupe de 11 mètres, embarcation des plongeurs de la Direction du Port de Lorient, au lieu d'une vedette du BH1 *L'Espérance* où la place disponible était insuffisante pour contenir l'appareil et ses accessoires ainsi que l'équipe hydro. Le poisson était remorqué à l'aide du câble court de 50 mètres. L'ensemble du matériel a bien fonctionné comme en témoignent les échos obtenus sur des relèvements de fonds connus ou sur les bouées balisant la passe. La zone ainsi explorée recouvre exactement la zone sondée indiquée sur la planche 19. L'exploration a été menée suivant des profils longitudinaux espacés de 50 mètres. L'embarcation était radioguidée soit du phare de Kerbel soit de la vigie de Port-Louis.

Des passes à la drague hydrographique ont été effectuées sur les 4 obstructions ou relèvements de fonds portés sur la carte 6470 et situés dans la zone concernée. Les deux embarcations du BH1 *L'Espérance* remorquaient la drague tandis qu'un canot de la Direction du Port servait d'embarcation-test. Les opérations de dragage ont été rendues délicates par la faible largeur de la passe et la nécessité de draguer très près du fond moyen. Il en est résulté la nécessité d'utiliser une drague courte et des difficultés quant à la mise à l'eau de la drague et sa formation en arc de cercle. Les résultats obtenus sont indiqués au paragraphe 11.3.2, ci-dessous.

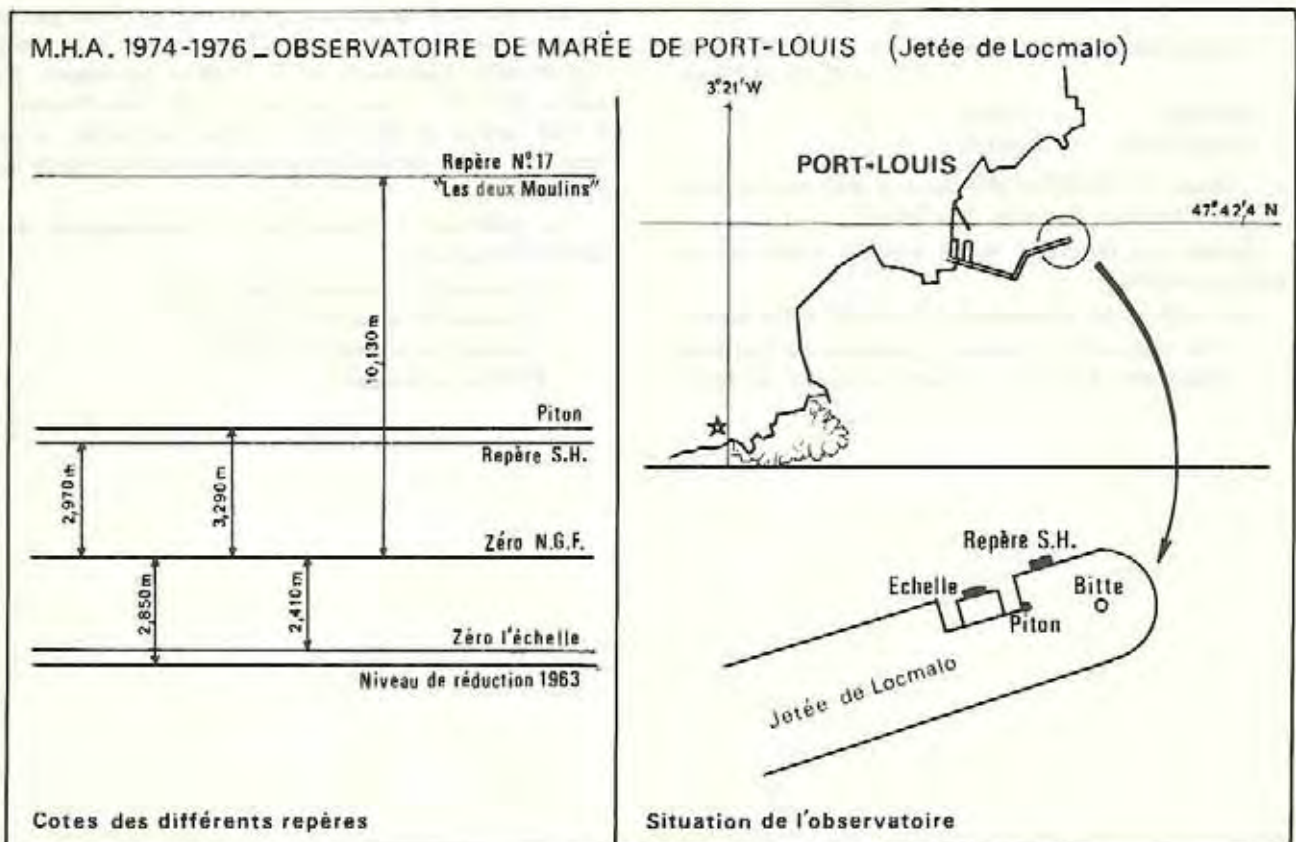
11.2.4. Courants

Ces observations au courantographe Mecabolier à enregistrement photographique ont été effectuées aux points suivants :

- Bouée du Banc des Truies du 21 au 24 mai 1975 (Immersion : 5 mètres).
- Bouée de la Basse de la Passe de l'Ouest du 21 au 24 mai 1975 (Immersion : 5 mètres).
- Coffre 1 au nord de la Vigie de Port-Louis (mouillage du BH1 *L'Espérance*) du 9 au 13 juin 1975 (Immersion : 7 mètres).



Pl. 19.



Pl. 20. —

11.3. Résultats obtenus

11.3.2. Bathymétrie

Peu de changement par rapport à la carte marine 6470 en service a été constaté ; les relèvements de fonds et accidents de terrain existants ont été dans l'ensemble confirmés.

A la demande du Pilotage de Lorient, deux recherches complémentaires ont été effectuées au sondeur vertical :

- l'existence de la sonde 0,1 à 100 mètres environ à l'Ouest de la tourelle de la Potée de Beurre a été confirmée.
- l'existence de la sonde 4,5 R située à environ 300 mètres dans l'Est de la tourelle "Les Trois Pierres" a été vérifiée. Il a été trouvé une profondeur minimale de 3,6 mètres à la position :

X (Lambert II) = 171 975

Y (Lambert II) = 314 795

soit à 320 mètres dans le 78° 5 de la Tourelle "Les Trois Pierres".

11.3.2. Epaves ou obstructions

- Epave N° 98 EPSHOM située à 280 mètres dans le 004 de la Tourelle "Les Truies".

Epave détectée au sondeur latéral, retrouvée par crochage de la drague, investiguée et cotée par plongeurs :

Coordonnées Lambert II $\left\{ \begin{array}{l} x = 170\,690 \\ y = 314\,390 \end{array} \right.$

Coordonnées géographiques $\left\{ \begin{array}{l} L = 47^{\circ}41',35 \text{ Nord} \\ G = 03^{\circ}23',14 \text{ Ouest} \end{array} \right.$

Brassage : 3,7 mètres

Fond moyen : 6,7 mètres

- Epave N° 96 EPSHOM située à 435 mètres dans le Nord de la Tourelle "Les Truies".

Epave non retrouvée ni au sondeur latéral ni au sondeur vertical.

Un plafond de dragage de 6,2 mètres a été assuré.

- Une obstruction nouvelle, composée de cornières émergeant d'environ 1 mètre au-dessus du fond,

a été détectée au cours des dragages puis investiguée et cotée par les plongeurs.

A 570 mètres dans le 351 de la Tourelle "Les Truies" :

Coordonnées Lambert II $\left\{ \begin{array}{l} x = 170\,605 \\ y = 314\,685 \end{array} \right.$

Coordonnées géographiques $\left\{ \begin{array}{l} L = 47^{\circ}41',41 \text{ Nord} \\ G = 03^{\circ}23',23 \text{ Ouest} \end{array} \right.$

Brassage : 5,8 mètres

Fond moyen : 6,8 mètres

- Sonde 5,6 (carte 6470) située à 390 mètres dans le 318 de la Tourelle "Les Truies".

Relèvement non retrouvé ni au sondeur latéral ni au sondeur vertical.

Les sondages ont donné une profondeur minimale de 6,8 mètres à l'emplacement présumé.

Un plafond de dragage de 5,9 mètres a été assuré.

- Sonde 5,2 R (carte 6470) située à 690 mètres dans le 24 de la Tourelle "Les Truies".

Relèvement non retrouvé au sondeur latéral.

Les sondages ont donné une profondeur minimale de 5,9 mètres au voisinage de l'emplacement présumé.

Un plafond de dragage de 5,3 mètres a été assuré.

11.4. Rédaction

Toutes les sondes ont été réduites de la marée observée à une échelle installée par la Mission à l'extrémité de la jetée du port de Locmalo près de Port-Louis, comme indiqué sur la planche 20.

Le zéro hydrographique, déterminé en 1963 par la Mission Hydrographique de Dragage, est à la cote - 2,85 NGF Lallemant et à 12,98 m au-dessous du repère NGF N° 17 situé au lieu dit "Les Deux Moulins" à 100 mètres au Nord-Est du phare de Kerbel et au coin Est d'une construction ancienne sur la route de Quiberon.

La rédaction a donné lieu à l'établissement des documents suivants :

- 1 minute de bathymétrie au 1/5 000
- 1 minute de recherches au 1/5 000
- 1 minute de dragage au 1/5 000
- 3 fiches géodésiques.

ANNEXE AU CHAPITRE XI

POINTS UTILISES

Nouvelle triangulation de France – Ellipsoïde Clarke 1880

Désignation	X	Y	Origine
Phare de Pen Men	161 198,84	310 535,34	IGN
Tourelle Grasu	168 311,1	314 993,0	IGN
Station Kerpade (Repère)	168 706,77	315 933,80	MHA 75
Tourelle Pierre d'Orge	170 232,0	315 313,0	MHD
Tourelle Les Truies	170 648,25	314 115,6	MHD
Station Larmor-Plage (Repère)	170 963,75	315 981,47	MHA 75
Clocher Larmor-Plage	171 142,13	316 295,13	IGN
Tourelle Les Errants	171 388,95	314 044,30	MHD
Tourelle Trois Pierres	171 658,6	314 753,3	MHD
Tourelle La Jument	172 302,3	316 658,8	MHD
Tourelle La Paix	172 469,75	315 522,90	MHD
Station Vigie Port-Louis (Repère)	172 521,76	316 787,68	MHA 75
Mât Vigie Port-Louis	172 528,66	316 784,03	MHA 75
Tour Découverte	173 633,87	320 534,26	IGN
Station phare de Kerbel (Repère)	174 562,4	316 383,9	MHA 75
Phare de Kerbel	174 563,0	316 385,4	IGN

ANNEXE

EVALUATION DU SONDEUR LATERAL EDGERTON

par l'Ingénieur en Chef de l'Armement DARS
et l'Ingénieur de l'Armement SOUQUIERE

1. INTRODUCTION

La Mission Hydrographique de l'Atlantique reçut, au mois de juin 1974, un sondeur latéral construit par la société Edgerton. Les premiers essais de bon fonctionnement eurent lieu aussitôt à l'aide du BH2 *Astrolabe* en baie de Douarnenez et au sud de l'île de Sein afin de familiariser le personnel avec le matériel.

Les résultats obtenus permettaient déjà de préciser certaines limites d'utilisation :

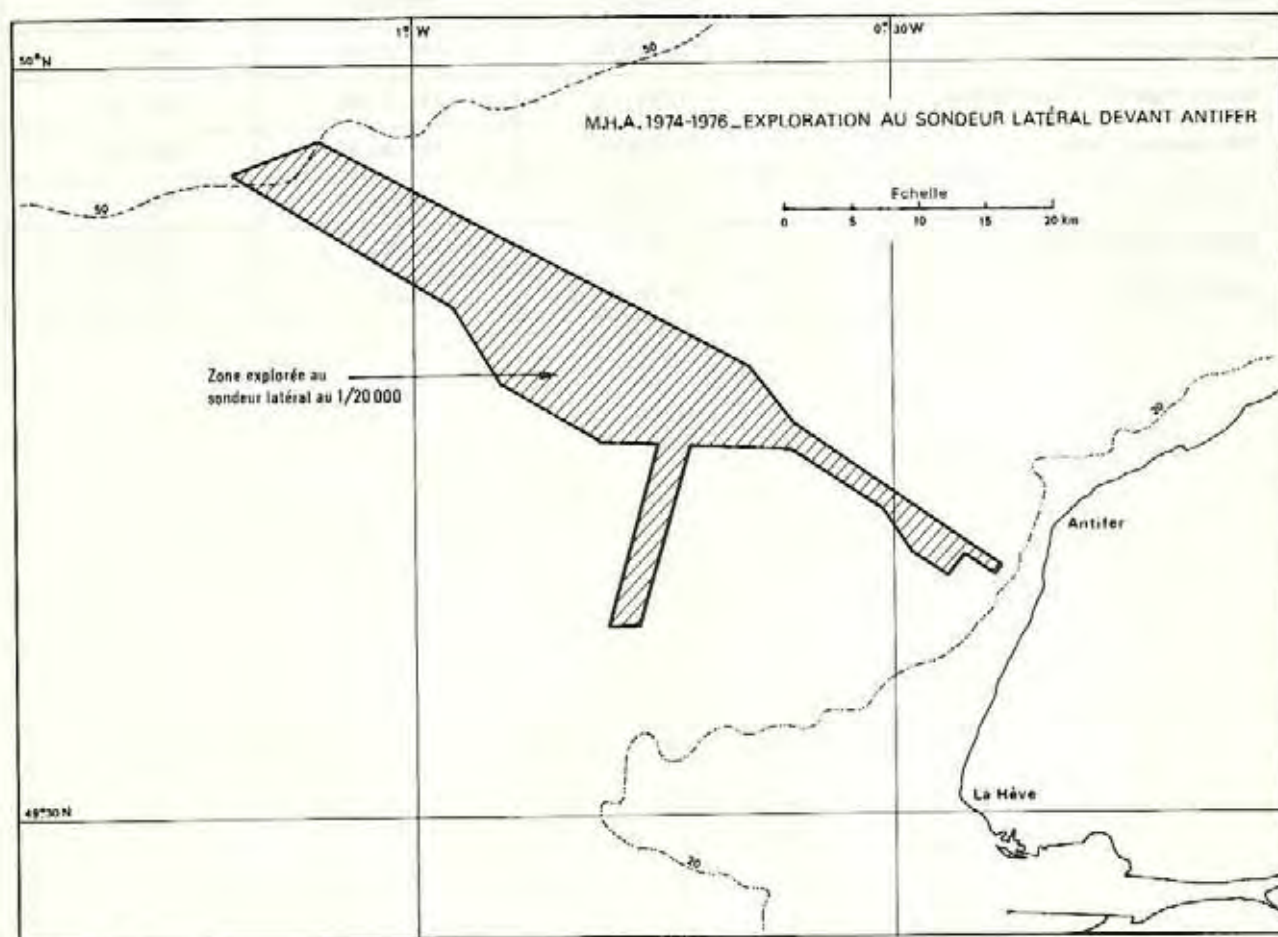
- portée maximale pratique limitée à 250 mètres.

- définition de l'enregistrement étroitement liée à la largeur de la bande explorée.

Durant ce temps (16 mai – 15 juin 1974) le BH1 *La Découverte* effectuait le levé régulier de la route d'accès au port pétrolier d'Antifer avec recherches d'épaves, suite à une exploration menée par les chasseurs de mines de la Marine Nationale.

Ce levé avait permis d'obtenir :

- la connaissance dans cette région, en particulier à l'Ouest de la zone des Ridens, de fonds réguliers, non rocheux, facilitant ainsi la recherche d'épaves ou obstructions.



Pl. 21. —

— la connaissance précise, position et parfois dimensions, de la plus grande partie des épaves ou obstructions susceptibles d'être détectées.

Pour ces raisons, la zone ci-dessus fut choisie pour procéder à une évaluation plus précise des possibilités de détection de cet appareil nouveau. (voir planche 21)

L'opération se déroula de fin août à début octobre 1974 à l'aide du BH2 *Astrolabe* qui suivait des routes espacées de 200 mètres parallèles à l'axe du chenal au moyen d'une table traçante prêtée par le Port Autonome du Havre, associée au récepteur Toran.

2. MISE EN OEUVRE DE L'APPAREIL AU COURS DU LEVE

2.1. Description de l'appareil

L'appareil est composé de trois éléments, le poisson, les câbles et l'enregistreur auxquels peut éventuellement s'ajouter un "plongeur" qui, fixé sur le câble à quelques mètres du poisson, permet d'augmenter légèrement l'immersion de celui-ci sans modifier ni la vitesse du bâtiment, ni la longueur de câble filé.

2.1.1. Le poisson

2.1.1.1. Caractéristiques physiques : Ses dimensions (longueur 138 cm, diamètre du corps 11 cm, largeur des ailerons 61 cm) et son poids (24 Kgs dans l'air) permettent à une personne seule de la manipuler aisément.

2.1.1.2. Caractéristiques mécaniques : L'axe des transducteurs peut être incliné de 10 ou de 20 degrés sur l'horizontale, et l'ouverture en site du lobe principal peut être choisie entre les deux valeurs 20 et 50 degrés. L'ouverture dans le plan horizontal de ce même lobe est égale à 1,2 degrés.

2.1.1.3. Caractéristiques électriques : En plus des transducteurs, l'émetteur et le préamplificateur de chaque voie sont contenus dans le poisson.

La fréquence de travail est voisine de 100 KHz.

2.1.2. Les câbles

Les câbles livrés avec l'appareil permettent d'envisager deux configurations différentes.

2.1.2.1. Utilisation en vedette : Un câble unique, ayant une charge de rupture de 400 kg et une longueur de 50 m relie le poisson et l'enregistreur.

2.1.2.2. Utilisation à bord d'un bâtiment : Un câble tracteur ayant une charge de rupture de 5000 kg et une longueur de 150 m est associé à un câble bord long de 15 m qui assure la liaison entre le touret et l'enregistreur.

Dans cette dernière configuration il n'est pas possible, à la vitesse de 5 Nd, d'obtenir une immersion du poisson supérieure à 40 m.

2.1.3. L'enregistreur

Il est logé dans une valise (dimensions 83x44x28cm, Poids 40 kg) qui contient en outre la plus grande partie des circuits électroniques et regroupe les différents éléments de commande.

L'ensemble est alimenté en courant continu 24 Volts et consomme moins de 8 ampères.

L'enregistreur graphique proprement dit peut être réglé sur différentes gammes allant de 0-50 mètres à 0-500 mètres qui correspondent à des échelles transversales variant de 40 centimètres à 4 mètres par millimètre.

La densité du tracé est légèrement variable autour de 50 lignes par centimètres, valeur expérimentale correspondant aux 150 lignes par pouce annoncées par le constructeur. Avec ce réglage l'échelle longitudinale et l'échelle transversale sont voisines, sur l'enregistrement, lorsque la vitesse du bâtiment sur le fond est proche de 2,4 nœuds.

Tous les enregistrements portent des marques de calibration espacées de 25 mètres. L'apparition de la graduation zéro est synchronisée avec le départ d'une impulsion sur chaque voie.

2.2. Mise en œuvre

2.2.1. Choix des divers paramètres

2.2.1.1. Poisson.

Compte tenu de la profondeur moyenne dans la zone à explorer et des indications fournies par le constructeur, les valeurs ci-dessous ont été adoptées :

- Ouverture en site du lobe principal 20°.
- Inclinaison de l'axe des transducteurs sur l'horizontale 10°.
- Hauteur au-dessus du fond comprise entre 15 et 20 mètres.

2.2.1.2. Enregistreur.

La gamme 0-250 mètres a été retenue car elle correspond à la portée maximale pratique. Le poisson émet alors 3 impulsions par seconde.

La densité choisie pour le tracé, 50 lignes par centimètre, correspond à une vitesse de défilement de l'enregistrement voisine de 0,6 millimètre par seconde.

2.2.1.3. Bâtiment.

Pour obtenir avec les réglages ci-dessus un recouvrement théorique au moins égal à 100 %, le bâtiment suivait des profils espacés de 200 mètres à une vitesse comprise entre 5 et 6 nœuds.

2.2.2. Conditions de travail à bord du BH2 *Astrolabe*

2.2.2.1. Mise à l'eau et relevage du poisson.

Le bâtiment était en route sur le profil à une vitesse voisine de 5 nœuds ; deux personnes participaient à la manœuvre en utilisant la poulie latérale tribord du portique, brassé à l'extérieur. Lorsque la tension

du câble était trop importante pour que la manœuvre du câble puisse s'effectuer à la main, on utilisait la poupée du cabestan. (Trente secondes suffisent pour lancer la centrale hydraulique).

2.2.2.2. Ligne filée.

La longueur de ligne filée était en pratique toujours supérieure à la profondeur ce qui nécessitait la présence d'un gradé et d'un matelot de quart sur la plage arrière pour les manœuvres d'urgence. En cours d'opérations, pour permettre de faire varier la longueur de ligne filée (réglage de l'immersion du poisson) sans interrompre l'enregistrement, le câble de 150 mètres de long était lové sur la plage arrière.

Une bosse élastique atténuait l'influence de la houle.

2.2.2.3. Manœuvre du bâtiment.

Pour éviter des variations intempestives de l'immersion du poisson, les angles de barre restaient inférieurs à 10° en cours de profil.

Lors du retournement en fin de profil le poisson restait à l'eau avec une longueur de ligne filée inférieure à la profondeur.

2.2.2.4. Limites d'emploi.

Des enregistrements exploitables ont été obtenus par mer 4 avec une longueur de ligne filée voisine de 100 mètres.

Une table traçante Toran type T 5 a été utilisée pour suivre les profils. Les écarts de route supérieurs à 25 mètres ont été exceptionnels.

Une dérive de 15° a été fréquemment observée sans être dépassée. Une valeur plus importante n'aurait pu être acceptée compte tenu des longueurs de câble filées.

2.3. Fonctionnement de l'appareil

2.3.1. Incidents

L'appareil est resté sous tension pendant 250 heures au total avec des périodes de fonctionnement ininterrompu d'une durée supérieure à 30 heures.

Les incidents mentionnés ci-dessous ont parfois perturbé les travaux :

2.3.1.1. Poisson

Apparition d'un léger décalage entre l'axe longitudinal du poisson et l'axe du bras tracteur.

2.3.1.2. Enregistrement

Remplacement de deux transistors de puissance dans le circuit d'alimentation du moteur principal (25° heure). Une température élevée (35°) dans le local et une mauvaise ventilation de l'appareil sont à l'origine de cette avarie. Une ouverture percée dans la table supportant l'enregistreur à l'aplomb du ventilateur a amélioré le refroidissement de l'appareil.

Remplacement de la courroie d'entraînement du mécanisme avance papier (65° heure).

Rupture de l'ergot permettant la manœuvre de la fenêtre d'accès à l'enregistrement (105° heure). Une pièce métallique en tombant bloque le tambour qui porte les électrodes provoquant ainsi un décalage de l'émission et des marques de calibration.

Remplacement du réducteur dans le mécanisme avance papier (200° heure).

Absence d'émission (250° heure). Cette avarie n'a pas été réparée par le bord, elle a vraisemblablement pour origine un mauvais contact à l'intérieur de l'appareil.

2.3.1.3. Câbles.

Glissement du câble tracteur sur le câble conducteur à l'endroit où les deux fonctions sont séparées, c'est-à-dire quelques mètres avant la liaison avec le poisson. Ce glissement finit par interrompre la liaison électrique.

Montage défectueux d'une prise sur le câble bord (serrage insuffisant) nécessitant la reprise du câblage.

Défaut d'étanchéité constaté depuis sur cette prise.

2.3.2. Réglages

2.3.2.1. Marques de calibration.

L'étalonnage de l'échelle des distances transversales n'a pas été effectué. Les indications données par les marques de calibration paraissent satisfaisantes dans la mesure où l'exploitation des échos obtenus sur le fond et sur la surface donne à un ou deux mètres près la profondeur mesurée à l'aide du sondeur vertical.

2.3.2.2. Rapport signal sur bruit.

La recherche du meilleur rapport signal sur bruit avec une prise de masse convenablement disposée n'a pas été faite. L'appareil a fonctionné en permanence sans masse.

2.3.2.3. Diaphonie.

Ce phénomène n'est pas apparu avec le câble de 150 mètres de long. Il peut cependant exister lorsqu'un câble de 600 mètres de long est utilisé, un réglage interne est prévu pour en atténuer les effets.

2.4. Améliorations souhaitées

2.4.1. Table traçante

Lors du levé expérimental effectué à Antifer le BH2 *Astrolabe*, a utilisé une table traçante Toran type T 5 pour suivre des routes régulièrement espacées et parallèles à l'axe du chenal.

Cette table était prêtée par le Port Autonome du Havre.

En offrant une très grande liberté dans le choix des profils une table traçante permet de minimiser la durée théorique des travaux :

2.4.1.1. Réduction de la longueur totale des profils, suivis à vitesse lente en général, en prenant un écartement uniforme entre les profils d'un réseau.

2.4.1.2. Diminution du nombre des profils, donc du nombre de manœuvres du bâtiment et du poisson remorqué en choisissant convenablement la direction des profils, parallèles à l'axe d'un chenal par exemple.

2.4.1.3. Moins de pertes de temps causées par une dérive excessive en adoptant une orientation des profils tenant compte de la direction générale des courants existants.

2.4.2. Treuil

Au cours d'un même profil, les changements d'allure, inévitables pour conserver une vitesse sur le fond à peu près constante malgré les variations du courant en force et en direction, et les modifications de la profondeur, dues à la marée ou à la pente naturelle du fond, imposent des changements fréquents de la longueur de ligne filée pour maintenir le poisson à une hauteur constante au-dessus du fond.

Ces changements ne peuvent être faits d'une manière commode, sans interrompre l'enregistrement, qu'avec un treuil équipé de contacts tournants.

La méthode utilisée à bord du BH2 *Astrolabe* qui peut être reprise à bord du BH1 *Espérance* provoquera une usure prématurée du câble de 150 mètres de long et ne peut être envisagée avec le câble de 600 mètres de long indispensable pour explorer des fonds supérieurs à 50 mètres.

Trois solutions peuvent être envisagées :

2.4.2.1. Ne mettre en œuvre le sondeur latéral Edgerton que dans les fonds inférieurs à 50 mètres et prévoir un câble de 150 mètres de long de rechange.

2.4.2.2. Equiper les treuils hydrauliques dont disposent actuellement la plupart des bâtiments hydrographes, de contacts tournants. Cette solution a l'avantage d'être également valable pour le sondeur latéral I.F.P. et éventuellement le magnétomètre. L'inefficacité du système de trancannage lors de la mise en œuvre du sondeur latéral est un inconvénient mineur.

2.4.2.3. Approvisionner un treuil électrique spécifique, fonctionnant en courant continu 24 Volts, ayant une capacité suffisante pour emmagasiner le câble de 600 mètres de long, et équipé de contacts tournants.

Cette solution a l'avantage de la souplesse. L'installation de ce treuil à bord de n'importe quel bâtiment ne nécessiterait qu'un minimum d'infrastructure (prise de courant et pattes soudées ou fontaines filetées).

Il serait d'autre part possible d'en télécommander le fonctionnement à partir du P.C. Scientifique, pour éviter une remontée brutale du fond par exemple.

2.4.3. Rechanges

Une intervention remplacement d'un circuit intégré par exemple, sur du matériel électronique sophistiqué est difficile à envisager à bord d'un bâtiment hydrographe en l'absence de personnel compétant d'une part et de matériel adapté d'autre part.

C'est pourquoi, il est très souhaitable de pouvoir

disposer d'un certain nombre de cartes enfichables et de circuits imprimés complets en rechange.

La notice du constructeur propose un certain nombre de modules qui devraient être inclus dans le lot de rechange livré avec l'appareil.

3. EXPLOITATION DES ENREGISTREMENTS

3.1. Echos significatifs

Au cours du levé régulier du chenal d'accès à Antifer plusieurs centaines d'échos ont été enregistrés à l'aide du sondeur latéral.

Ces échos peuvent être répartis en deux classes d'après leur aspect et leurs dimensions.

3.1.1. Echos "structuraux"

Ils limitent des régions dans lesquelles la nature superficielle du fond, ou le relief, reste homogène. Malheureusement ils font apparaître d'une manière très inégale les changements dans la nature superficielle du fond et les irrégularités du relief. Des roches affleurantes donnent des échos beaucoup plus nets que des dunes de sable d'une dizaine de mètres de haut.

3.1.2. Echos "discrets"

Ils dessinent les contours d'un objet ; mais cet objet n'est pas nécessairement une obstruction au sens où l'entendent les hydrographes.

Les critères suivants peuvent être proposés :

— Echo diffus quelquefois accompagné d'une ombre détachée de l'objet ; n'est pas confirmé lors du recouvrement. *Banc de poisson probable.*

— Echo net non accompagné par une ombre ; n'est pas toujours confirmé lors du recouvrement — *Obstruction probable*, hauteur au-dessus du fond inconnue.

— Echo net accompagné par une ombre aux contours bien définis ; n'est pas toujours confirmé lors du recouvrement. *Obstruction sûre*, hauteur approximative au-dessus du fond connue.

3.2. Position de l'écho et hauteur au-dessus du fond

Cette position ne peut être connue que d'une manière approximative ; cependant l'exploitation faite à bord du BH2 *Astrolabe* des éléments Cap, longueur de ligne filée et distance latérale de l'écho a donné des résultats satisfaisants. L'incertitude sur la position obtenue avec deux et parfois trois passages n'a pas dépassé quelques dizaines de mètres, c'est-à-dire qu'elle était souvent inférieure aux dimensions linéaires de l'objet détecté.

La méthode proposée ci-après permet de calculer la position de l'écho.

3.2.1. Position du bâtiment

L'heure à laquelle l'écho a été enregistré peut être déduite de sa position par rapport aux marques de top sur la bande d'enregistrement du sondeur latéral.

En appelant T la distance longitudinale en dixièmes de millimètre mesurée sur la bande à partir du top le plus proche, on obtient :

$$\text{Heure écho} = \text{Heure top} + \left(\frac{T}{3,62 \times R} \right) \text{ minutes}$$

Le facteur d'échelle R est donné par le tableau ci-dessous :

gamme	0-500	0-250	0-200	0-125	0-100	0-50
R	050	100	125	200	250	500

La position de l'antenne Toran à l'heure de l'écho est ensuite interpolée dans le fichier des positions Toran.

3.2.2. Position du poisson

On suppose que le poisson se trouve dans le gisement 180° du bâtiment qui navigue au cap moyen C.

Le poisson se trouve à la distance horizontale D, exprimée en mètres, de l'antenne Toran.

En appelant I l'immersion du poisson en mètres calculée à partir de la profondeur indiquée par le sondeur vertical et de la hauteur au-dessus du fond du poisson remorqué ; en appelant L la longueur de ligne filée comptée en mètres à partir de la poulie latérale tribord du portique brassé à l'extérieur ; en remarquant que l'immersion du poisson reste faible devant la longueur de ligne filée et que le câble présente un point d'inflexion à l'interface air-eau ; en tenant compte de la hauteur, 4 mètres, de la poulie latérale du portique au-dessus de l'eau et de la distance horizontale, 25 mètres, entre cette poulie et l'antenne Toran, on obtient :

$$D = 25 + \sqrt{L^2 - (I + 4)^2}$$

soit :

$$x_{\text{poisson}} = x_{\text{Toran}} - D \sin C'$$

$$y_{\text{poisson}} = y_{\text{Toran}} - D \cos C'$$

$C' = C$ corrigé de la convergence des méridiens.

3.2.3. Position de l'écho

La distance transversale de l'écho M comptée en mètres (signe positif sur voie droite) sur l'enregistrement par interpolation entre les marques de calibration et la hauteur H, comptée en mètres, du poisson au-dessus du fond permettent de calculer la distance latérale de l'écho E en mètres :

$$E = \sqrt{M^2 - H^2}$$

Soit en définitive la position de l'écho :

$$X = x_{\text{poisson}} + E \cos C'$$

$$Y = y_{\text{poisson}} - E \sin C'$$

E du signe de M

3.2.4. Hauteur approximative de l'objet

Si l'on appelle A la longueur de l'ombre portée exprimée en mètres, obtenue par interpolation entre les marques de calibration, la hauteur de l'objet au-dessus du fond supposé plat est donnée par la formule :

$$Z = \frac{H \times A}{M + A}$$

4. RESULTATS OBTENUS

La plupart des épaves reconnues au cours du levé bathymétrique régulier ont été détectées au sondeur latéral. Cependant certaines n'ont pas donné d'échos permettant de les classer "obstructions sûres" au sens du paragraphe 3.1.2. ci-dessus.

Les résultats obtenus, dans la mesure où ils diffèrent de ceux du levé précédent, sont résumés ci-dessous :

4.1. Epaves non retrouvées

Quatre épaves ou obstructions signalées par les chasseurs de mines n'ont pas donné d'écho significatif au sondeur latéral.

Deux d'entre elles n'ont pas été retrouvées au sondeur vertical du BH1 *La Découverte*.

Les deux autres avaient donné des échos filiformes et détachés du fond au même sondeur vertical, ce qui semble dénoter une trop petite taille pour être détectées au sondeur latéral.

4.2. Obstructions connues classées obstructions probables

Un certain nombre d'épaves ont donné des échos classés obstructions probables au sens du paragraphe 3.1.2. ci-dessus ; échos suffisamment nets pour justifier en tout état de cause une recherche détaillée au sondeur vertical et/ou au sondeur latéral à une échelle plus grande, recherches qui ont confirmé leur existence.

4.3. Obstructions nouvelles

Huit obstructions nouvelles ont été détectées au sondeur latéral et confirmées au sondeur vertical, généralement de dimensions réduites (deux mètres de hauteur, dix mètres de longueur environ) et situées à proximité des limites du chenal d'accès à Antifer.

5. CONCLUSIONS

L'étude d'un écho obtenu au sondeur latéral, même confirmé au recouvrement, ne permet généralement pas d'en déduire les caractéristiques de l'obstacle naturel ou artificiel qui en est la cause.

Il est nécessaire de distinguer les "échos structuraux" des "échos discrets" :

- les premiers nécessitent une étude plus approfondie au sondeur vertical (sur profils intercalaires par exemple), étude pouvant amener une recherche de haut-fond.

- les seconds, s'ils ne sont pas classés obstructions sûres, nécessitent une exploration plus détaillée au sondeur latéral afin de confirmer leur intérêt et déclencher une recherche d'épave par les procédés classiques.

Dans le cas du levé expérimental devant Antifer, la présence de fonds réguliers a grandement facilité cette séparation en "échos structuraux" et "échos discrets". Il est à craindre que l'opération ne soit beaucoup plus difficile en présence de fonds irréguliers ou rocheux.

Compte tenu des réserves ci-dessus, l'expérience ainsi effectuée devant Antifer montre qu'il est raisonnable d'espérer détecter au moyen du sondeur latéral Edgerton les obstructions ayant au moins deux mètres de hauteur et dix mètres de longueur au cours d'un levé bathymétrique régulier à l'échelle du 1/20 000.

En résumé, cet appareil, d'emploi relativement simple, est un moyen complémentaire et indispensable de détection d'épaves ou obstructions. Il ne dispense pas de procéder à des recherches plus précises par les méthodes classiques qui, seules, peuvent permettre d'obtenir la position et la cote de l'obstacle avec la précision exigée en hydrographie.

IMPRIMERIE LOUIS JEAN

Publications scientifiques et littéraires
TYPO - OFFSET

05002 GAP - Téléphone 34 25 23 *

Dépôt légal 126-1980

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 $21 \times 29,7$ 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 : $16,5 \times 25$ 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	
J.L. CARSIN, A. PAITRY, M. JOANNY et J. PONCIN : Pollution dans la rade abri du port militaire de Brest	5
J. ROUX : Modèle de dispersion et de dérive	21
DEUXIEME PARTIE	
G. PELUCHON : Mission Hydrographique des cotes de France (septembre 1966 -- octobre 1968)	41
A. DEMERLIAC : Mission Océanographique de l'Atlantique (octobre 1974 -- septembre 1975)	67
M. DARS : Mission Hydrographique de l'Atlantique (septembre 1974 -- Avril 1976)	83