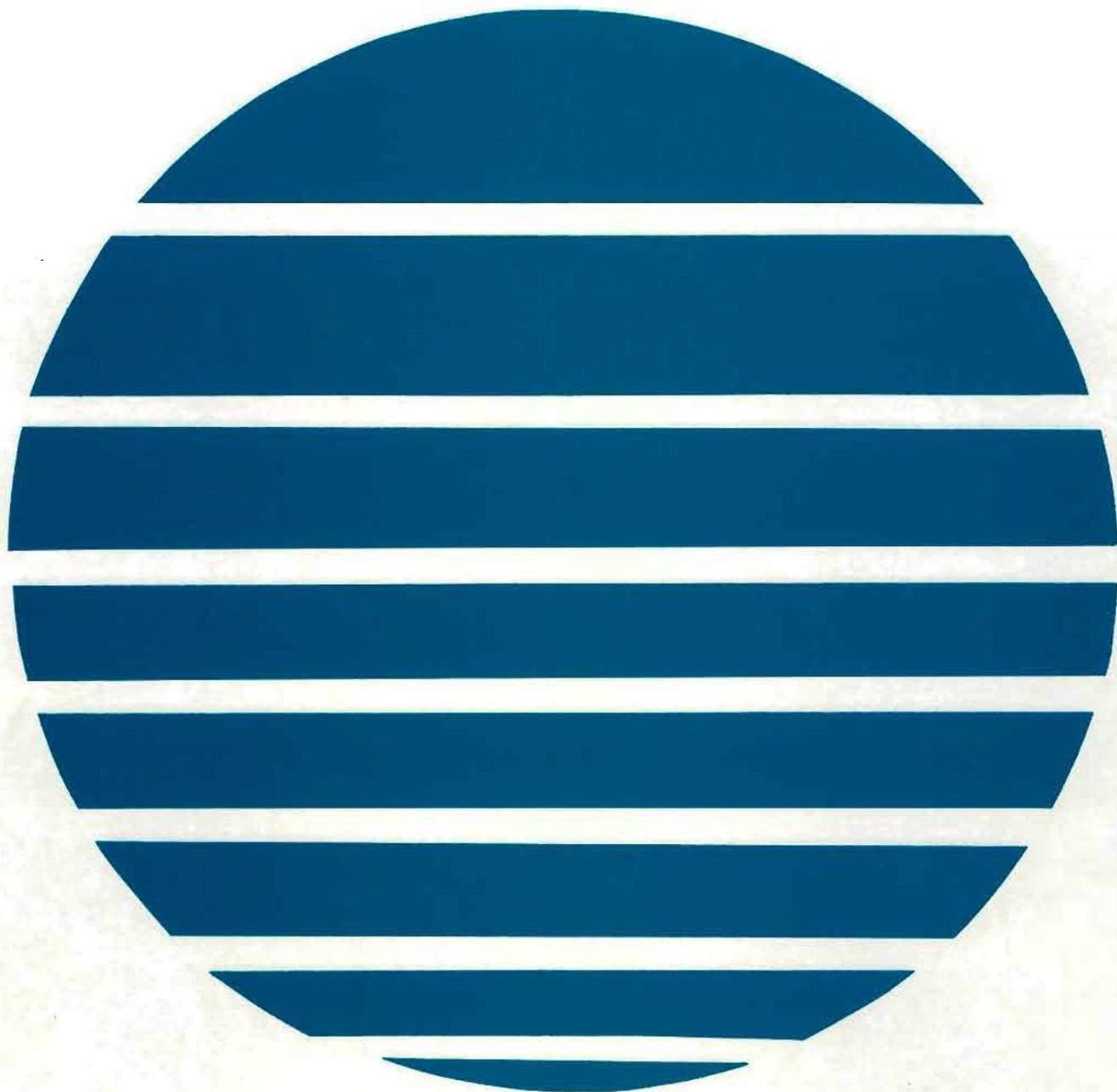


ANNALES HYDROGRAPHIQUES

5^{ème} Série – Vol. 18 – 1992

N° 765



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, 00300 Armées.
- Les idées exprimées dans les articles sont celles des auteurs et ne représentent pas nécessairement le point de vue du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.
- Toute correspondance relative au service de cette publication doit être adressée à l'Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, 13, rue du Chatellier, B.P. 426, 29275 Brest Cedex.

ANNALES HYDROGRAPHIQUES

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Première partie	
Le Dépôt des cartes, plans et journaux de la Marine sous l'Ancien Régime (1720-1789), par M. B. LE GUIQUET, Ingénieur en Chef des Études et Techniques d'Armement (e.r.)	5
Étude de la doctrine d'emploi du sonar d'exploration hydrographique marine (SEHM), par M. J.M. CHIMOT, Ingénieur Principal de l'Armement (hydrographe)	33
Passage de la marée au-dessus d'un talus en océan stratifié, par M ^{me} A. PICHON, Service Hydrographique et Océanographique de la Marine et M. R. MAZE, Laboratoire de Physique des Océans, Université de Bretagne Occidentale	65
Deuxième partie	
Mission Océanographique de la Méditerranée (6 octobre 1985 – 1 ^{er} septembre 1988), par M. J.C. GAILLARD, Ingénieur Principal de l'Armement (hydrographe)	89
Mission Hydrographique de l'Atlantique (12 octobre 1987 – 7 septembre 1988), par M. G. BESSERO, Ingénieur Principal de l'Armement	167



PREMIÈRE PARTIE

Contribution à l'Histoire du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

LE DÉPÔT DES CARTES, PLANS ET JOURNAUX DE LA MARINE SOUS L'ANCIEN RÉGIME (1720-1789)

Cette étude a été entreprise (1989-1991) à la demande
du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM),

par

Bernard LE GUIQUET, Ingénieur en Chef des Études et Techniques d'Armement (e.r.)

LES ORIGINES DU DÉPÔT

C'est à Colbert que l'on attribue l'initiative de regrouper dans un ensemble cohérent les cartes marines et les mémoires qui les complètent. Il en charge son fils, le marquis de Seignelay, dans un texte du 22 septembre 1676 ⁽¹⁾. A la même époque, des ingénieurs furent désignés pour faire un levé des côtes nord et ouest de France. Leurs travaux, auxquels furent jointes des copies de cartes hollandaises et anglaises, donnèrent naissance au *Neptune Français* – Premier volume – ensemble de 26 cartes de la façade européenne de l'Atlantique dont la première édition parut en 1693 ⁽²⁾. Cette précieuse documentation faisait partie des Archives de la Marine confiées à M. de Clairambault et installées à Paris, près de la place des Victoires. En 1699, on avait en effet loué pour les abriter un pavillon dans le couvent royal des Augustins Déchaussés, les « Petits Pères » dont il reste, de nos jours, l'église N.D. des Victoires. Pour financer la construction de cette église, les « Petits Pères » avaient dû consentir à bien des locations. C'est ainsi par exemple que la Compagnie des Indes y avait élu domicile. Les *papiers* de la Marine avaient, quant à eux, trouvé place dans « deux grandes salles et un cabinet dont l'entrée était dans

le costé du haut cloître ayant vüe sur le jardin par sept grandes croisées » ⁽³⁾. Le « plan de Paris de 1734 à 1739 » gravé par L. Bretez, nous offre une évocation des lieux (*illustration 1*).

Clairambault était placé sous les ordres directs de Jérôme Pontchartrain pour archiver et distribuer cartes et plans, en récupérer aussi dès que l'occasion s'en présentait. On sait par exemple qu'à la mort de M. de Lagny, en 1702, ses cartes prirent, après inventaire, le chemin des Archives ⁽⁴⁾. Les journaux de bord, si précieux à consulter au moment d'entreprendre une navigation sur des mers mal connues, s'amassaient aussi depuis qu'une ordonnance avait prescrit, en 1681, aux capitaines marchands de les communiquer au Ministre par l'intermédiaire des greffes d'Amirauté.

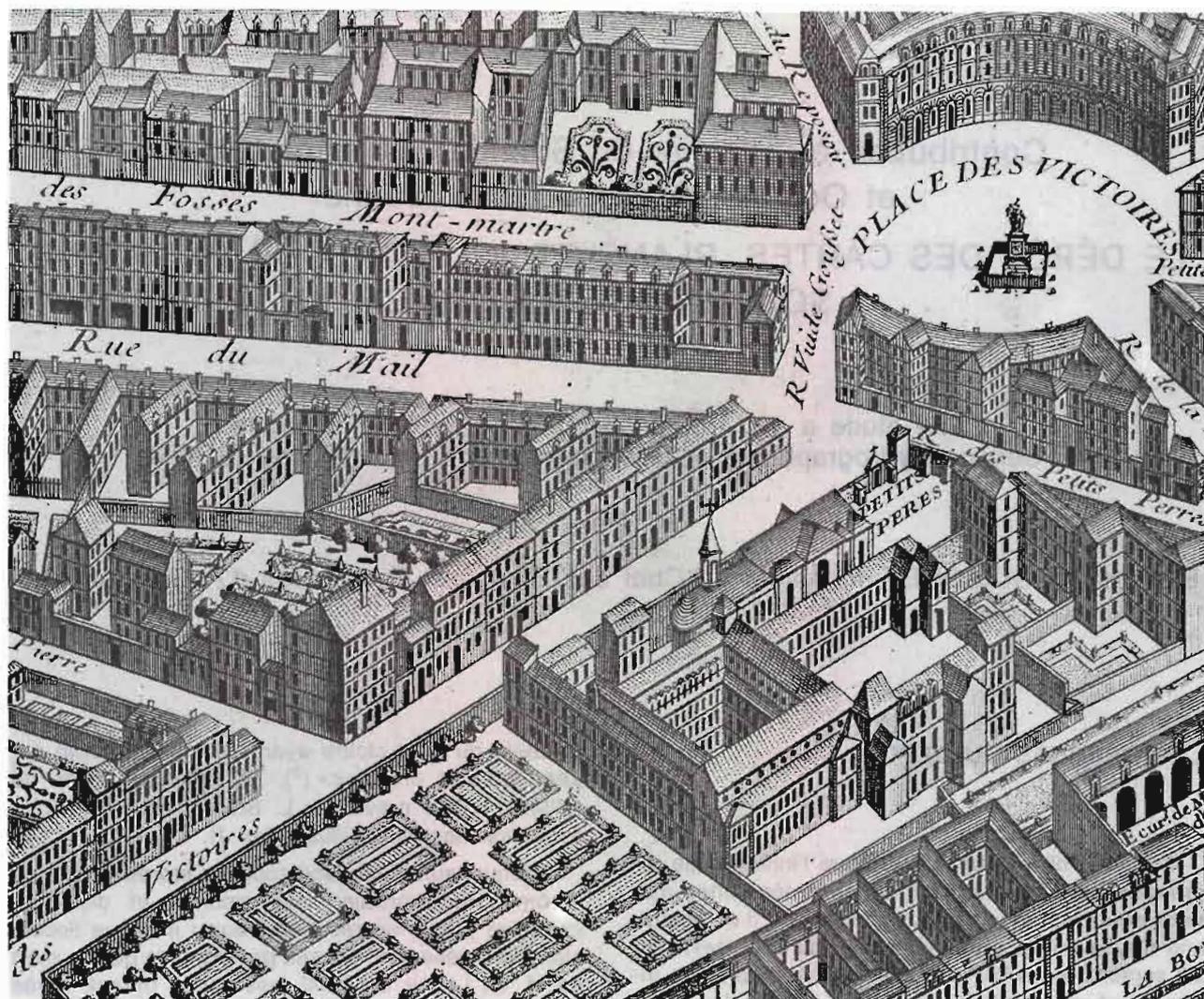
C'est ainsi qu'un ensemble bien spécifique de « documents nautiques » se constituait, s'enrichissant peu à peu. Le Conseil de Marine s'avisait alors de le distinguer des autres archives de la Marine et de le placer sous la responsabilité d'un officier de la Marine. Il prit la décision du 19 novembre 1720, créant le *Dépôt des Plans, Cartes et Journaux de la Marine* (*illustrations 2, 3 et 4*). Le Chevalier de Luynes, capitaine de vaisseau, devait être aussitôt désigné pour en assurer la garde et sa commission fut signée par Louis XV le 20 novembre.

⁽¹⁾ D'après Dhamécourt – Dépôt de la Marine, tableau historique et chronologique – ms, 1777. A.N. MAR B/8/18.

⁽²⁾ Le *Neptune Français* est décrit par Mireille Pastoureau – « Les Atlas Français XVI^e et XVII^e siècles ». Paris – B.N. 1984.

⁽³⁾ C'est en tous cas ce que nous rapporte J.A. Piganol de La Force dans sa « Description de Paris » publiée en 1736.

⁽⁴⁾ A.N. MAR B/8/9.



1. Extrait du plan de Paris de 1734 à 1739 gravé par L. Bretez, dit Plan de Turgot.
Archives Nationales

Les cartes, plans et journaux de la Marine furent entreposés au-dessus du cloître des Petits Pères dans des pièces ouvrant sur le jardin.

LE CHEVALIER DE LUYNES ET J.N. BELLIN – 1720

La décision de créer le Dépôt ne doit rien à l'actualité en cette fin de l'année 1720 : la marine royale est au creux de la vague. La politique extérieure du Régent, inspirée par Dubois, est en effet axée sur le souci de ne pas porter ombrage à l'Angleterre : il ne convient pas de l'inquiéter dans sa volonté de régner sans partage sur les mers. Aussi la Marine, sortie exsangue des guerres de la fin du règne de Louis XIV, se voit-elle néanmoins attribuer les crédits les plus chiches.

En revanche, et c'est peut-être à porter au crédit de l'alliance avec l'Angleterre, la flotte marchande sur une mer en état de paix connaît une activité très florissante. On verra ainsi Law créer en 1716 la

Compagnie d'Occident qui deviendra, trois ans plus tard, la fameuse Compagnie des Indes. Ceci donnait une impulsion à tout un trafic qui amenait ces vaisseaux à fréquenter de nouvelles côtes. La chute retentissante du « système », en 1720, ne devait d'ailleurs pas enrayer le mouvement, qui se prolongea jusqu'à la fin de l'Ancien Régime, entraînant un nouvel essor dans la cartographie de ces pays lointains. Les cartes de la Louisiane, dressées en 1718 par les géographes Nicolas de Fer et Guillaume Delisle, en sont un exemple. On constate cependant que des cartes véritablement adaptées à la navigation font encore défaut⁽⁵⁾.

⁽⁵⁾ Charles de la Roncière fait l'inventaire des cartes marines dont on disposait avant la création du Dépôt dans « Origines du Service Hydrographique de la Marine » – Paris – Impr. Nat. 1916.

19 novembre 1720

Extrait du Bureau des Plans Cartes
et Journaux

Pour être porté au M^{gr}
le Regent
17^o 2^{me}

3.

Décision de S. A. R.

Approuvé, et dresser le brevet
pour M. le Comte de Toulouse.

DB

Voyez au Reg. du Con^{seil} cette fond^{ation} et officin^{es} années
1719 et 1720. f. 124. C^{ette} y est enregistré et le
Brevet pour M. le Comte de Toulouse du 20 Nov.
1720.



MEMOIRE, Présenté pour l'établissement
du ^{depos} lieu de plans, Cartes et journaux
de la marine en faveur de M. le Comte de
Toulouse

Il paroit convenable, au bien
du service, et au bon ordre g^{énéral}
est nécessaire de maintenir
dans la marine, qu'il y ait
toujours à Paris un officier
capable, et de confiance, qui
soit préposé, à l'examen et à la
garde des plans, cartes, journaux
de Voyages, rapports et autres
memories enuoyez par les
officiers Commandants des
Vaisseaux à leur retour de
la mer.

Tous ces plans, journaux
et memories ont esté mis
jusqu'icy avec les autres
papiers concernant la marine
dans un lieu de dépôt, et
quoiqu'il y soit bien soigneusement
conservés et tenus dans tout
l'arrangement nécessaire, on
ne peut en tirer beaucoup
d'utilité, par rapport à ce que
doublé ou jls sont quand jls
y ont esté une fois portés
au lieu que l'officier qui seroit
préposé, est au capable de
connoître, et de débiter ce
qui seroit bon et utile, on
pourroit en enuoyer des Copies
ou extraits dans les ports,

5

2. Arrêt du Conseil de Marine du 19 novembre 1720, portant la signature du comte de Toulouse.
Archives Nationales

Sumam que le bien de
 Service se requerra, et
 mesme ordonner au
 officiers qui seroient
 Commandez pour les Voyages
 de long cours de verifier les
 decouvertes et observations
 enuoyees par ceux qui
 auoient precedemment fait
 les mesmes Voyages, avec
 ordre aux autres de faire
 mention exacte dans leurs
 journaux.

Il conuient que ces plans
 cartes et autres memoires, se
 restent dans le mesme lieu
 ou tous les papiers de la
 marine sont en deposit,
 mais qu'il en soit fait
 distraction, et qu'ils soient
 mis dans vne etrenne separée
 a la seule garde de l'officier
 preposé, et de son commis
 qui en auront la clef.

Comme ce poste ne peut estre
 rempli utilement que par
 vñ officier experimenté
 dans la marine, et dans la
 Navigation, on estime a
 propos de le conier a vñ
 Cap. de V. en observant

quelorsqu'il sera parvenu
a un grade superieur dans
la marine, ce meisme employ
sera donne a un autre Cap.

Il paroit que les appo.^{ts}
attribuez a ce employ doivent
estre de six mille livres
payez également a Paris
lieu ordinaire du Depost, ou
dans les ports, ou a la mer,
Mais on croit que ce
appointement est un peu insuffisant
il doit cesser d'execution
ceux de Cap. de 2. ans

Il luy sera indispensable
necessaire d'avoir un commis
qui sache bien desinner, et
soit capable de tenir les livres
et les registres sans ce depon
et on ne peut donner a ce
Commis moins de 1200.^{rs}
d'appointement.

Fait et arreste le 19. 1720.

L. A. de Bourbon.

Par le conseil
M. de La Motte
76

En fait, l'initiative prise par le Conseil de la Marine le 19 novembre 1720 ne se proposait pas, dans ce contexte, de répondre à un besoin de la Marine Royale en documents nautiques. Il faut plutôt y voir une prise de conscience de l'importance qu'ils revêtent et de la nécessité de les mettre à l'abri de convoitises éventuelles⁽⁶⁾. Les instructions données à l'officier préposé à la garde sont précises à ce sujet et seront encore confirmées par cet arrêt du Conseil de Marine du 31 décembre 1721 : « *Le Chevalier de Luynes ne pourra communiquer ni délivrer aucun des dits plans, cartes, journaux, etc. soit à ceux qui composent le dit Conseil de Marine, soit aux commis qui travaillent sous ses ordres, soit à d'autres personnes sans un ordre écrit du Conseil et il fera les diligences nécessaires pour que ce qu'il aura délivré en conséquence des ordres du Conseil soit remis exactement dans le lieu du dit dépôt* »⁽⁷⁾. On ne peut être plus clair.

Le Conseil de Marine, présidé par le comte de Toulouse⁽⁸⁾, ne traitait pas de grandes affaires à cette époque de déclin de la Marine Royale et la création du Dépôt restera la plus remarquable.

Notons que le comte de Toulouse était installé à l'époque dans l'ancien hôtel La Vrillière⁽⁹⁾ à peine séparé par la place des Victoires des archives de Clairambault et il est permis de penser que cette décision fut prise à son initiative. Quant au choix du premier inspecteur, on pourrait le lui attribuer de façon moins incertaine. Charles Hercule d'Albert de Luynes (1674-1734), faisait en effet partie de son entourage direct depuis qu'il avait été promu, en 1716, Capitaine de la Compagnie des Gardes du Pavillon Amiral. Ces gardes jouissaient sur les autres Gardes Marine⁽¹⁰⁾ de prérogatives honorifiques et avaient pour mission particulière celle d'accompagner l'Amiral dans ses déplacements. Le chevalier de Luynes était de ce fait en contact fréquent avec le comte de Toulouse. Issu du mariage, en secondes noces, du duc de Luynes avec Anne de Rohan, il appartenait lui-même à la haute noblesse et cette promotion était, de toute évidence, une faveur. Elle sera renou-

velée encore par cette commission du 20 novembre 1720 signée de Louis XV, qui lui confiait la garde du Dépôt de cartes... avec 6000 livres d'appointements⁽¹¹⁾. Quoiqu'il en soit, promu chef d'escadre, il quitta dès le mois de mai 1722 cette charge pour laquelle il ne semble pas avoir eu de vocation particulière : elle revient à un capitaine de vaisseau.

Moins éphémère fut le premier commis qui avait été adjoint à Luynes : Jacques Nicolas Bellin (1703-1772). Arrivé au Dépôt au début de 1721, à l'âge de 18 ans, il y passa toute sa vie, laissant à sa mort une œuvre cartographique considérable⁽¹²⁾.

La recherche d'archives privées relatives à Bellin n'ayant pas abouti, nous ne savons rien des circonstances qui l'ont amené au Dépôt. Peut-être aurait-il fait son apprentissage chez Clairambault ? Il avait déjà acquis un certain métier, en tout cas, pour justifier les appointements de 1200 livres qui lui furent alloués.

Son premier travail connu sera d'extraire des Archives de la Marine tous les documents se rapportant à la navigation et d'en dresser un inventaire qui nous est parvenu⁽¹³⁾. La tâche ne fut pas aisée car il dut compter avec l'obstruction de Clairambault, qui voyait sans plaisir lui échapper une partie du fonds qu'il s'était appliqué à constituer. Luynes sera obligé d'intervenir et l'inventaire, qui avait demandé presque un an de travail, sera finalement accepté par le Conseil de Marine en octobre 1721.

Bellin s'employait aussi à effectuer des copies sur papier huilé (calque) de cartes marines ainsi que cela avait été prescrit dans l'Arrêt du 19 novembre 1720. On avait largement recours à ce procédé pour reproduire des cartes imprimées, hollandaises ou anglaises par exemple, ou encore pour obtenir un duplicata d'une carte originale manuscrite avant d'avoir fait les frais d'une gravure sur cuivre. Ces cartes originales sont bien gardées et ne sortent pas facilement du Dépôt. On apprend, par exemple, par une lettre du 4 mai 1721 de d'Anville, Géographe du Roi, qu'il se propose de se rendre sur place au Dépôt pour examiner des documents originaux « *en présence d'une des personnes préposées à la garde* »⁽¹⁴⁾. Chargé de dresser la carte du diocèse de Lisieux, il désirait s'inspirer pour la partie maritime de la carte de Magin.

⁽⁶⁾ Ainsi le tracé de la fameuse « mer de l'ouest » née de l'imagination de G. Delisle fut-il élevé au rang de secret d'état - cf. Lucie Lagarde com. au CFC - 21-1-1990.

⁽⁷⁾ A.N. MAR 1JJ/1/26.

⁽⁸⁾ Louis Alexandre de Bourbon, né en 1678 de la liaison de Louis XIV avec Mme de Montespan, fut légitimé et prit à l'âge de 5 ans le titre d'Amiral de France. Ne se contentant pas du simple rôle de figuration attaché à ce titre, il navigua effectivement et porta un intérêt personnel aux affaires de la Marine (jusqu'en 1723).

⁽⁹⁾ Ce très bel hôtel, place des Victoires, après avoir été saccagé pendant la Révolution, abrita un temps l'Imprimerie Nationale. Il est de nos jours le siège de la Banque de France.

⁽¹⁰⁾ Jeunes gentilhommes qui se destinaient à servir dans la Marine. Ce mode de recrutement des officiers dans la noblesse fut supprimé par l'ordonnance royale du 1^{er} janvier 1786. Il était réservé aux jeunes gens de famille noble mais on n'était cependant pas exigeant sur les preuves.

⁽¹¹⁾ On apprend que le premier Inspecteur du Dépôt fut, à cette époque, engagé dans une singulière affaire de famille. Sa sœur Jeanne, comtesse de Verüe, était en effet devenue, contre son gré, maîtresse du Roi du Piémont et maintenue prisonnière, en quelque sorte, à la cour de Turin. Le chevalier de Luynes, profitant d'une escale à Gênes, viendra la délivrer.

La liaison de Jeanne de Luynes avec le Roi du Piémont servit, en 1990, d'argument pour une superproduction cinématographique : « La Putain du Roi ».

⁽¹²⁾ Inventaire en annexe.

⁽¹³⁾ A.N. - MAR/B/8/9.

⁽¹⁴⁾ A.N. MAR C7/6, dossier d'Anville.

Bellin sera bientôt secondé dans ce travail par un autre dessinateur : le futur Premier Géographe du Roi, Philippe Buache (1700-1773). Celui-ci, qui venait de se voir décerner le prix d'architecture de l'Académie, obtint cet emploi sur recommandation de Guillaume Delisle, dont il devait plus tard devenir le gendre. Ses appointements, 800 livres ⁽¹⁵⁾, alors que Bellin en percevait 1 200, et le fait qu'il n'ait laissé aucune trace de son activité au Dépôt, font penser qu'elle ne s'exerça que temporairement et qu'il devait passer plus de temps dans le cabinet de son futur beau-père qu'aux côtés de Bellin. On est actuellement sans aucune information sur les relations qui existèrent entre ces deux hommes dont les très longues carrières furent parallèles et probablement concurrentes.

Le chevalier Louis-Charles de La Blandinière (vers 1680-1739), capitaine de vaisseau, succéda à Luynes le 18 mai 1722. Il conserva sa charge beaucoup plus longtemps que son prédécesseur et, lorsqu'il la quittera en 1734, ayant été promu chef d'escadre, il poursuivra néanmoins ses travaux de cartographie.

BELLIN OBTIENT LE BREVET D'« INGÉNIEUR HYDROGRAPHE DE LA MARINE » – 1741

Le début du règne personnel de Louis XV commence avec l'arrivée effective au Ministère de la Marine de Maurepas ⁽¹⁶⁾. La politique extérieure, sous le ministère de Fleury, n'était guère favorable à la Marine et Maurepas dut se démener pour obtenir des crédits. Il suivit en tout cas de près l'activité du Dépôt. Pas une carte, pas un journal de bord ne pouvait y être emprunté sans que la décision lui soit soumise. Mais cette vocation de conservation, d'examen et de copie de cartes prévue par la décision du Conseil de Marine de 1720 va bientôt s'étendre vers une activité de mise à jour des cartes. Bellin s'en acquitta en se livrant à un travail de compilation essentiellement sédentaire. On apprend pourtant qu'il se rendit en mission à Dunkerque. La Blandinière ayant reçu en effet l'ordre, le 7 février 1730, « de se transporter incessamment au Port de Dunkerque pour y dresser un état exact de la situation actuelle du chenal et du port [...] de faire démolir

tous les ouvrages qui pourraient avoir été construits en contravention aux dispositions du Traité d'Utrecht et de La Haye [...] » ⁽¹⁷⁾, se fait accompagner par Bellin. Celui-ci exécute sur place de nombreux plans qui seront adressés au Ministre.

Promu Chef d'Escadre, La Blandinière sera remplacé, le 1^{er} novembre 1734, par un jeune capitaine de vaisseau : le chevalier Antoine d'Albert du Chesne (1681-1751), qui venait de se signaler par une étude relative à la construction d'un port à Gravelines. C'est un officier scientifique qui deviendra deux ans plus tard membre associé libre de l'Académie Royale des Sciences. D'Albert s'était penché sur le calcul de la longitude dans un mémoire approuvé par cette académie en 1724.

La Blandinière poursuivit néanmoins la nouvelle cartographie qu'il avait entreprise avec Bellin. Il obtint une gratification annuelle de 3 000 livres, soit la moitié des appointements d'Inspecteur, pour prix de ces travaux et la percevra jusqu'à sa mort, le 28 juillet 1739. Il s'agit, pour l'essentiel, des cartes des côtes de Saint-Domingue, de l'Acadie et d'une carte de la Méditerranée en trois feuilles. Publiée en 1737, celle-ci sera la première carte dressée au Dépôt, encore qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'une carte de navigation mais plutôt d'un canevas que les navigateurs sont invités à renvoyer au Dépôt après y avoir consigné leurs observations ⁽¹⁸⁾. On remarque qu'elle ne porte pas de mention d'auteur : Bellin travaillait encore dans l'anonymat.

Cette carte de la Méditerranée est « réduite » ⁽¹⁹⁾, innovation très mal accueillie, tant par les officiers que par les capitaines marchands et surtout par les pilotes qui, quand ils se servaient de cartes, les voulaient « plates ». Maurepas, devant cette opinion réactionnaire unanime, prit une décision surprenante

⁽¹⁷⁾ A.N. MAR C/7/154 – Dossier La Blandinière. Le Père de Charlevoix, dans l'introduction à son « Histoire de l'Isle de Saint-Domingue » publiée en 1730, fait également allusion à cet épisode.

⁽¹⁸⁾ Reliée dans la première édition de l'Hydrographie Française. Elle portera par la suite les nos 38, 39 et 40. Elle est accompagnée d'un mémoire (B.N. G 3352 et A.N. MAR 3JJ/5).

⁽¹⁹⁾ Les cartes réduites sont construites suivant le système de projection dit de Mercator, dont l'usage remonte, dit-on, à l'École Dieppoise vers 1630. On les distingue des cartes en projection plate ou « cartes plates » où on observe que les degrés de latitude sont représentés avec une dimension constante. Ce type de projection entachait inévitablement le tracé des routes sur la carte, et d'autant plus que son échelle en était petite. Il fut progressivement abandonné mais on trouve encore des cartes plates (d'échelle voisine du 1:1 000 000) dans le supplément du Neptune Oriental, publié pourtant en 1781. Quelles soient « réduites » ou « plates », les cartes marines du XVIII^e siècle sont largement pourvues en roses qui faisaient l'office du réseau de méridiens et parallèles, celui-ci n'étant pas tracé. La latitude d'un point de la carte peut être lue en se reportant à l'« échelle » correspondante (bord gradué de la carte). Les cartes réduites présentent de la même manière une « échelle » de longitude qui fait défaut sur les cartes plates.

⁽¹⁵⁾ Chiffre rapporté par Bellin. A.N. MAR 1JJ/1.

⁽¹⁶⁾ Jean Frédéric Phéliepeaux, comte de Maurepas (1701-1781) avait succédé prématurément à son père J. Pontchartrain comme secrétaire d'état en 1715 (il avait donc 14 ans) mais n'exerça réellement sa fonction de Ministre de la Marine qu'à partir de 1723.

pour le ministre de la Marine éclairé qu'on présente généralement : il écrira à Bellin le 5 février 1745 pour lui demander de graver une autre carte de la Méditerranée qui soit plate⁽²⁰⁾. Celui-ci s'incline devant la pression exercée sur le ministre par la marine du Levant et fait copier la carte de Grognard, pilote à Toulon⁽²¹⁾.

Quant à d'Albert, à peine désigné comme « Préposé à la Garde et à l'Inspection des Cartes et Plans de la Marine », il reçut le commandement de l'*Aquilon*. Il partit pour une campagne au Levant, au cours de laquelle on apprend qu'il avait pris à son bord un dessinateur et un pilote pour lever des plans de ports et de rades⁽²²⁾. Pendant son absence, La Blandinière assura probablement au Dépôt une sorte d'intérim.

De son côté, Bellin entreprit, à cette époque, de dresser des cartes de géographie. Il publia notamment en 1736 une carte de l'archipel des Kouriles, qui présente Yeso comme un prolongement du Kamtchatka et il s'en expliqua dans un mémoire. Une controverse s'établit entre géographes à ce sujet⁽²³⁾ et c'est Lapérouse qui en apportera la conclusion en relevant, en 1787, ces côtes encore mal connues.

En 1738, d'Albert se sépara de Philippe Buache et un certain Le Moyne prit sa place⁽²⁴⁾ qu'il devait conserver plus de 50 ans.

Tandis que d'Albert prend de nouveau la mer, en 1739, Bellin qui a maintenant 36 ans confirme la place importante qu'il s'est acquise dans la production cartographique. Il est autorisé à vendre à son profit les cartes du Dépôt et obtient un brevet d'Ingénieur Hydrographe de la Marine, qu'il convoitait depuis plusieurs années.

Le titre d'« Ingénieur Hydrographe de la Marine » apparaît ainsi pour la première fois dans l'histoire sur ce brevet signé le 1^{er} août 1741⁽²⁵⁾ (*illustration 5*). Cependant, Bellin ne peut être considéré comme le précurseur des Ingénieurs Hydrographes dont le corps allait être créé beaucoup plus tard, en 1814. En réalité, rien dans la nature des travaux qu'il a réalisés ne le distingue des géographes de son temps si ce n'est que nombre d'entre eux ont la description des côtes pour objet. Pourquoi a-t-il sollicité ce brevet ? Le manque complet de sources ne permet pas de trouver une réponse dans sa vie personnelle, mais on peut facilement imaginer qu'il ait

eu envie et même besoin d'ajouter à son nom un titre lui conférant un certain crédit. Pourquoi alors ne pas avoir reconnu à Bellin sa qualité de géographe ?

Il faut ici se souvenir que les Sanson avaient monopolisé cette charge pendant tout le siècle précédent et l'avait transmise au XVIII^e siècle aux Vaugondy qui l'avaient un peu dévaluée. C'est pour lui redonner son ancienne signification, en même temps qu'il octroyait une faveur à Guillaume Delisle (1675-1726), que Louis XV créa à son intention le titre nouveau de « Premier Géographe du Roi » avec 1 200 livres⁽²⁶⁾. C'est exactement, remarquons-le, la somme qui sera attachée quelques années plus tard au brevet de Bellin. Philippe Buache hérita dès 1729 de ce titre, l'année même où il épousait la fille de G. Delisle. Après lui, ce sera J.B. Bourguignon d'Anville (1697-1782), qui le transmettra enfin à J.N. Buache de la Neuville, le cousin de Beautemps-Beaupré.

Ceci paraît expliquer que Bellin ne pouvait solliciter un brevet de Géographe.

A la différence de Buache qui était bien en cour – le Roi aurait même assisté à son mariage – Bellin était sans protecteur connu et on peut imaginer que c'est le chevalier d'Albert qui se chargea de convaincre Maurepas de lui faire obtenir ce titre d'Ingénieur Hydrographe de la Marine. Titre qui, d'ailleurs, n'est pas sans rappeler celui des « Ingénieurs Géographes » qui existait depuis longtemps dans l'armée. Notons que la Marine avait déjà, elle aussi, ses Ingénieurs qui remplissaient des emplois divers de logistique et assuraient en cas de besoin le relevé des ouvrages portuaires. Quant aux Hydrographes, ils étaient comme eux des hommes de terrain que l'on trouvait dans tous les grands ports. Ainsi trouve-t-on déjà, à la fin du XVII^e siècle, un certain Roussin, qui portait à Marseille le titre d'*Ingénieur et Hydrographe*.

Quoi qu'il en soit, à partir de 1741, le nom de Bellin apparaîtra sur les cartes et sur les mémoires avec des titres variables, parmi lesquels celui d'« Ingénieur de la Marine » sera de beaucoup le plus employé.

A sa mort, le titre d'Ingénieur Hydrographe de la Marine sera successivement transmis à Rizzi Zannoni et Bonne, avant de revenir à J.N. Buache de la Neuville. Soulignons que ce dernier, après avoir été Premier Géographe du Roi sous l'ancien régime deviendra, à la Restauration, Premier Ingénieur dans le corps des Ingénieurs Hydrographes de la Marine créé en 1814. Ainsi, la longue suite des Géographes du Roi allait-elle trouver là un prolongement inattendu.

⁽²⁰⁾ A.N. MAR 2JJ/43.

⁽²¹⁾ Cartes numérotées 41, 42, 43 dans l'Hydrographie Française.

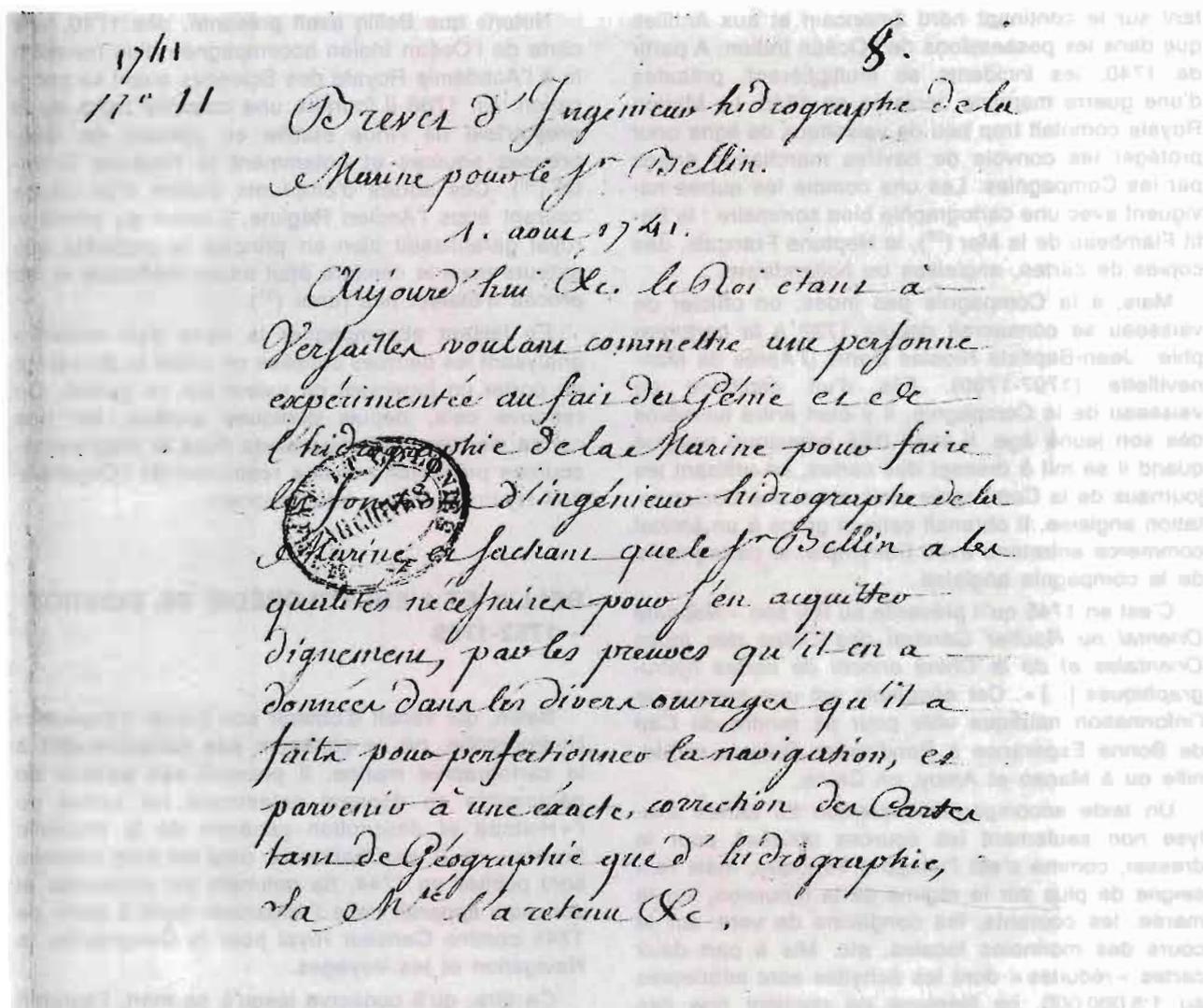
⁽²²⁾ A.N. MAR C/7/3, dossier d'Albert.

⁽²³⁾ Cité par Numa Broc. La Géographie des Philosophs – Paris Ed. Orphrys 1975.

⁽²⁴⁾ On trouve cette information sous la plume de Bellin. A.N. MAR C/7/24 dossier Bellin.

⁽²⁵⁾ On nommait brevet l'acte lui-même, signé par le Roi, par lequel il accordait une grâce.

⁽²⁶⁾ Numa Broc, op. cit.



5. Le premier brevet d'Ingénieur Hydrographe (copie)
Archives Nationales

LE NEPTUNE ORIENTAL – 1745

Au Dépôt, on continuait d'enranger des documents. On apprend par exemple que Bellin s'est livré, en 1742, à l'examen détaillé des cartes marines trouvées dans la bibliothèque du Maréchal d'Estrées, dressant un copieux inventaire (985 pièces)⁽²⁷⁾. Il

⁽²⁷⁾ Un « catalogue des estampes, cartes géographiques etc. de monseigneur le maréchal Duc d'Estrées » a été imprimé par Guérin à Paris en 1741. Les cartes inventoriées par Bellin y figurent probablement. Le duc Victor d'Estrées (1660-1737) avait été, sous la Régence, Président du Conseil de Marine, ce qui peut expliquer l'importance de cette collection entreprise peut-être par son père, le neveu de la célèbre Gabrielle d'Estrées, Jean d'Estrées (1624-1707). En effet, ce dernier termina une carrière, pourtant tardivement commencée, dans la Marine avec le grade de vice-amiral.

constate que beaucoup de ces documents proviennent des archives de la Marine « ce qui paraît suffisant [écrit-il] pour réclamer ces pièces, les faire remettre au Dépôt et empêcher qu'elles ne puissent passer aux étrangers »⁽²⁸⁾. On voit ici que le souci de prévenir les fuites, exprimé dans le texte de 1720, était toujours vivant. Il demande, à cette occasion, en 1742, que l'on fasse faire un timbre qui marquerait tous les documents du Dépôt comme cela se faisait à la Bibliothèque Royale pour les livres. C'est l'origine du « macaron » gravé sur les cartes, tradition qui sera reprise sur les documents contemporains publiés par le SHOM.

Sur mer, l'alliance avec l'Angleterre devenait de plus en plus difficile à maintenir, dans une situation de rivalité commerciale ou coloniale qui s'exerçait

⁽²⁸⁾ A.N. MAR C7/24 – Dossier Bellin.

tant sur le continent nord américain et aux Antilles que dans les possessions de l'Océan Indien. A partir de 1740, les incidents se multiplièrent, préludes d'une guerre maritime déclarée en 1745. La Marine Royale comptait trop peu de vaisseaux de ligne pour protéger les convois de navires marchands armés par les Compagnies. Les uns comme les autres naviguent avec une cartographie bien sommaire : le Petit Flambeau de la Mer ⁽²⁹⁾, le Neptune Français, des copies de cartes, anglaises ou hollandaises...

Mais, à la Compagnie des Indes, un officier de vaisseau se consacrait depuis 1732 à la cartographie : Jean-Baptiste Nicolas Denis D'Après de Manneville (1707-1780). Fils d'un capitaine de vaisseau de la Compagnie, il y était entré lui-même dès son jeune âge. Il avait déjà beaucoup navigué quand il se mit à dresser des cartes, en utilisant les journaux de la Compagnie mais aussi une documentation anglaise. Il obtenait celle-ci grâce à un amical commerce entretenu avec Dalrymple, le cartographe de la compagnie anglaise.

C'est en 1745 qu'il présente au Roi son « *Neptune Oriental ou Routier Général des Côtes des Indes Orientales et de la Chine enrichi de cartes hydrographiques [...]* ». Cet ensemble est une somme de l'information nautique utile pour se rendre du Cap de Bonne Espérance à Pondichéry, Batavia et Manille ou à Macao et Amoy, en Chine.

Un texte accompagnant quelque 25 cartes analyse non seulement les sources utilisées pour le dresser, comme c'est l'usage à l'époque, mais renseigne de plus sur le régime de la mousson, sur la marée, les courants, les conditions de vent, sur le cours des monnaies locales, etc. Mis à part deux cartes « réduites » dont les échelles sont inférieures au 1:5 000 000, ce Neptune ne contient que des cartes « plates (voir note précédente⁽¹⁹⁾). Une échelle graphique en lieues marines (de 20 au degré) est ajoutée par commodité quand la graduation de l'« échelle » de latitude placée en bordure de la carte n'est pas subdivisée en multiples de trois minutes. Sur quelques cartes plates, Manneville a tracé un méridien dont la valeur est donnée par rapport à celui de l'Observatoire Royal de Paris. Le navigateur pourra s'en servir s'il désire connaître la longitude d'un point de la carte. Il pourra, à défaut, trouver dans le texte quelques coordonnées de points à terre, mais ceci est sans grande portée pratique puisque la détermination de la longitude en mer est encore à cette époque plus qu'approximative.

Fait par un officier particulièrement compétent, le Neptune Oriental sera bien sûr très apprécié sur les vaisseaux de la Marine Royale. Longtemps utilisé, il sera réédité et nous verrons comment le Dépôt s'en assura plus tard la propriété.

⁽²⁹⁾ Décrit par Mireille Pastoreau, op. cit.

Notons que Bellin avait présenté, dès 1740, une carte de l'Océan Indien accompagnée d'un mémoire lu à l'Académie Royale des Sciences avant sa publication. En 1766 il fournira une nouvelle *carte de la presqu'île de l'Inde* établie en utilisant de nombreuses sources et notamment le Neptune Oriental ⁽³⁰⁾. Ces sortes d'emprunts étaient d'un usage courant sous l'Ancien Régime. L'octroi du privilège royal garantissait bien en principe la propriété des auteurs mais la censure était assez inefficace et les procès n'étaient pas rares ⁽³¹⁾.

En faisant accompagner la carte d'un mémoire analysant les sources utilisées on offrait la possibilité de porter un jugement de valeur sur sa qualité. On retrouve cela, depuis quelques années, sur nos cartes marines contemporaines dans le diagramme-sources préconisé par une résolution de l'Organisation Hydrographique Internationale.

BELLIN ET L'ENCYCLOPÉDIE DE DIDEROT – 1752-1769

Bellin, qui venait d'obtenir son brevet d'ingénieur Hydrographe, ne se consacre pas exclusivement à la cartographie marine. Il poursuit ses travaux de géographie en donnant notamment les cartes de l'« Histoire et description générale de la Nouvelle France » du P. de Charlevoix, dont les trois volumes sont publiés en 1744. Sa notoriété est consacrée et son nom apparaît dans l'Almanach royal à partir de 1745 comme Censeur royal pour la Géographie, la Navigation et les Voyages.

Ce titre, qu'il conserva jusqu'à sa mort, l'aurait-il fait désigner pour collaborer à l'Encyclopédie de Diderot? Rien de moins sûr. Les archives de cette prodigieuse entreprise ayant disparu, on ne saura peut-être jamais pourquoi Bellin se trouva chargé des articles se rapportant à la Marine. N'ayant guère quitté son cabinet parisien, il était bien mal choisi en tout cas pour traiter cette matière. Quoi qu'il en soit il rédigea, à partir de 1752 semble-t-il, une certaine d'articles, dont la plupart se trouvent dans les sept premiers volumes de texte. Puis, beaucoup plus tard, il fournit des dessins pour les quatre volumes de planches d'illustration. Ces dessins furent repris

⁽³⁰⁾ « Remarques sur la carte de la presqu'île de l'Inde [...] » par Bellin. Paris – Didot. 1766.

⁽³¹⁾ E. Taillemite rapporte que Manneville accusa Bellin de plagiat dans une plainte déposée à l'Académie Royale des Sciences. « Dictionnaire des Marins » par E. Taillemite. Paris – EMOM – 1982. Cette plainte, déposée en 1746, concernait en fait certaines cartes de Bellin publiées dans l'Histoire Générale des Voyages de l'abbé Prévost. Les différents qui auraient pu opposer les deux cartographes seront étudiés par M. Filliozat dans la thèse de l'École des Chartes qu'elle a entrepris de consacrer à Manneville (1991).

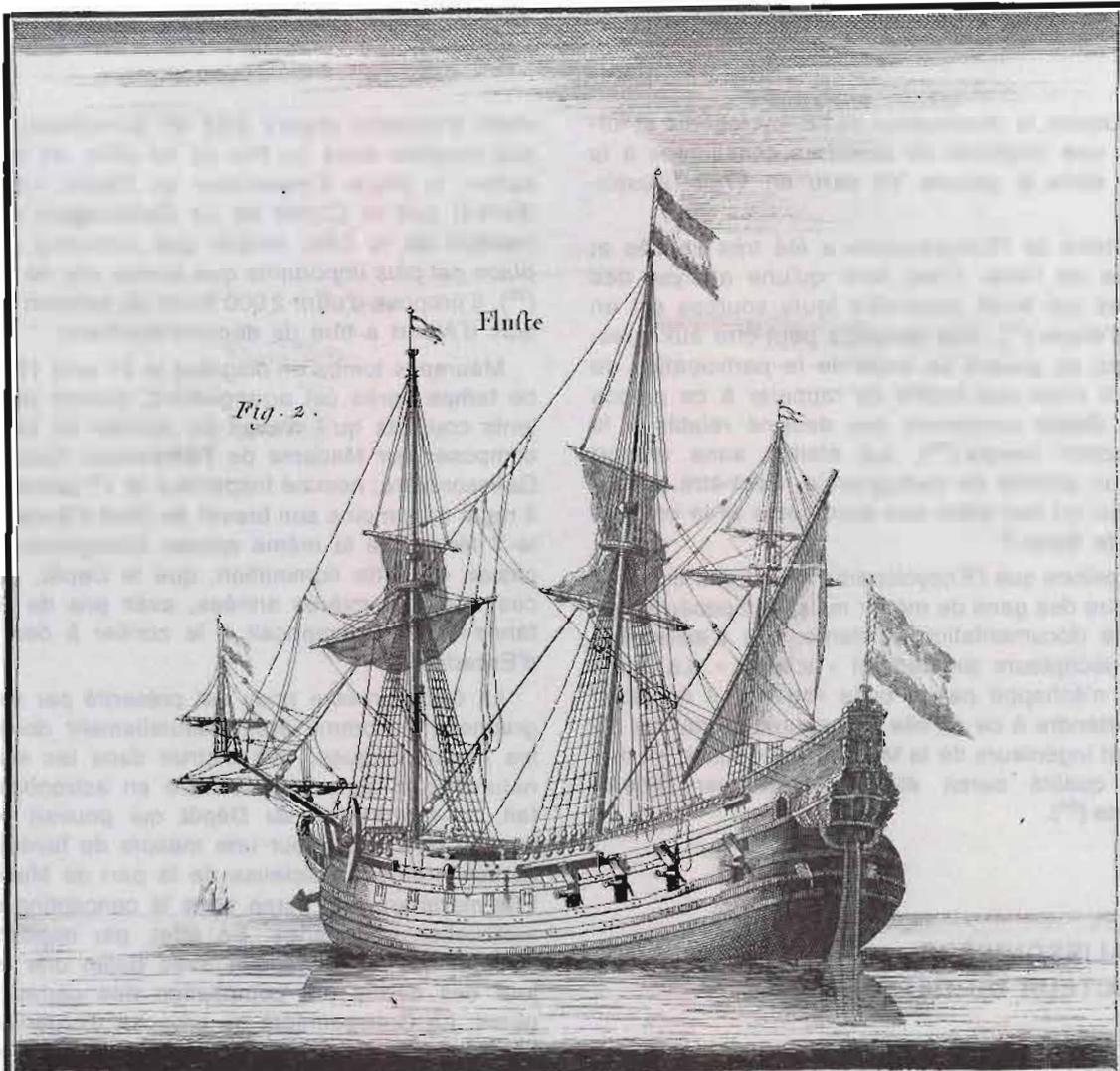


Fig. 2.

Fluste

Figure pour expliquer ce que c'est que la Dérive et comment
on la peut connoître. Voyez le mot Dérive.

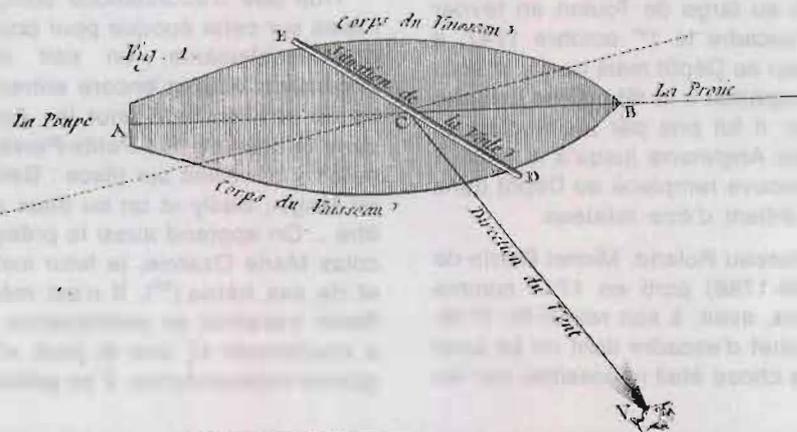


Fig. 1.

Corps du Vaisseau

La Poupe

La Proue

le Centre

Corps du Vaisseau

Direction du Vent

Veneur del.

Benard fecit.

sur les notions de M.
Bellin sur de la Marine

Marine, Bâtimement appelle' Fluste.

6. Marine, planche XV du « Recueil de planches sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques avec leur explication » (7^e vol. 1769). Gravure d'après des dessins de Bellin.
doc. de l'auteur

par Goussier, le dessinateur de l'Encyclopédie et formeront une vingtaine de planches consacrées à la Marine dans le volume VII paru en 1769 (*illustration 6*).

L'histoire de l'Encyclopédie a été très étudiée et continue de l'être. C'est ainsi qu'une analyse des planches qui feraient apparaître leurs sources est en cours d'étude⁽³²⁾. Elle répondra peut-être aux questions qui se posent au sujet de la participation de Bellin. Il n'est pas inutile de rappeler à ce propos que le Dépôt conservait des dessins relatifs à la construction navale⁽³³⁾, qui étaient sans rapport avec son activité de cartographie. Peut-être découvrirait-on un lien entre ces documents et la collaboration de Bellin ?

Rappelons que l'Encyclopédie n'était pas destinée à instruire des gens de métier mais, composée à partir d'une documentation existante, elle s'adressa à des souscripteurs simplement « éclairés ». La partie marine n'échappe pas à cette règle et il ne fallait pas s'attendre à ce qu'elle soit appréciée par les officiers et ingénieurs de la Marine. Cependant, sa médiocre qualité aurait été reconnue par Diderot lui-même⁽³⁴⁾.

LA GALISSONNIÈRE, INSPECTEUR DU DÉPÔT – 1750

Pendant la première guerre maritime au cours de laquelle les escadres françaises et espagnoles se trouvèrent confrontées aux Anglais, il y a peu à dire sur l'activité du Dépôt, par manque de sources. Le chevalier d'Albert reçut presque coup sur coup plusieurs commandements dont celui de *L'Éole*, qui participa à l'engagement au large de Toulon en février 1744. Promu chef d'escadre le 1^{er} octobre 1747, il fut néanmoins maintenu au Dépôt mais ne s'y attarda pas, car en janvier il repartait à la tête d'une escadre pour l'Inde. Au retour, il fut pris par les Anglais et maintenu prisonnier en Angleterre jusqu'à la paix. A la fin de 1749, on le trouve remplacé au Dépôt dans des conditions qui méritent d'être relatées.

Le capitaine de vaisseau Roland, Michel Barrin de La Galissonnière (1693-1756) parti en 1747 comme Gouverneur du Canada, avait, à son retour fin 1749, sollicité le brevet de chef d'escadre dont on lui avait donné l'assurance. La chose était impossible, car les

chefs d'escadre étaient déjà en surnombre. Maurepas proposa alors au Roi de lui offrir, en compensation, la place d'Inspecteur du Dépôt. « On croit [écrit-il] que le Comte de La Galissonnière est plus capable de la bien remplir que personne et cette place est plus importante que jamais elle ne l'a été »⁽³⁵⁾. Il propose d'offrir 2 000 livres de pension au marquis d'Albert à titre de dédommagement.

Maurepas tomba en disgrâce le 24 avril 1749, peu de temps après cet arrangement, victime des insolents couplets qu'il n'avait pu résister au plaisir de composer sur Madame de Pompadour. Quant à La Galissonnière, nommé Inspecteur le 1^{er} janvier 1750, il reçut néanmoins son brevet de Chef d'Escadre dès le 7 février de la même année. Soulignons, à l'occasion de cette nomination, que le Dépôt, pendant ces trente premières années, avait pris de l'importance et on commençait à le confier à des Chefs d'Escadre.

La Galissonnière nous est présenté par ses biographes⁽³⁶⁾ comme étant naturellement doué pour les mathématiques, très instruit dans les sciences naturelles et davantage encore en astronomie. En fait, sa nomination au Dépôt qui pouvait passer, comme on l'a vu, pour une mesure de faveur, était particulièrement judicieuse de la part de Maurepas. Elle marquera une étape dans la conception de l'amélioration des cartes. En effet, par opposition à d'Albert qui avait pratiqué avec Bellin une mise à jour des cartes par compilation des cartes étrangères, La Galissonnière se proposa d'organiser sur le terrain des missions d'observations astronomiques pour multiplier des déterminations de coordonnées qui seraient ensuite vérifiées par les astronomes les plus en vue du moment : Le Monnier, Bouguer ou J.N. Delisle.

Comment se présente le Dépôt, au moment où La Galissonnière en a la charge ?

Trop peu d'informations sont actuellement disponibles sur cette époque pour pouvoir répondre de façon satisfaisante; on sait seulement que les documents étaient encore entreposés dans une partie du pavillon loué pour les Archives de la Marine dans le couvent des Petits-Pères. Un personnel bien réduit y travaillait sur place : Bellin, Le Moyne, Claro ou Magin, Bailly et un ou deux autres commis peut-être... On apprend aussi la présence en 1757 de Nicolas Marie Ozanne, le futur instructeur du Dauphin et de ses frères⁽³⁷⁾. Il n'est même pas certain que Bellin travaillait en permanence dans ces locaux. Il a maintenant 47 ans et jouit, c'est probable, d'une grande indépendance. Il se partage entre une activité

⁽³²⁾ M. Pinault : Aux sources des planches de l'Encyclopédie – Histoire de l'Art – 1989 n° 5/6. Du même auteur : Diderot et les illustrateurs de l'Encyclopédie – Revue de l'Art – 1984, n° 66.

⁽³³⁾ A.N. MAR 6/JJ/89, 90.

⁽³⁴⁾ F.A. et S.L. Kafker – The Encyclopedists as individuals... The Voltaire Foundation – Oxford – 1988.

⁽³⁵⁾ A.N. MAR C/7/159 – Dossier La Galissonnière. L'orthographe « Galissonnière » est utilisée sur les documents du xviii^e, on a retenu cependant la forme « Galissonnière » adoptée par la plupart des auteurs.

⁽³⁶⁾ R. Lamontagne; J.P. Grandjean de Fouchy.

⁽³⁷⁾ A.N. MAR C/7/232 – Dossier Ozanne « La famille des Ozanne » de C. Auffret, Rennes – H. Caillière – 1891.



7. Marquis de La Galissonnière.
Archives de l'Académie des Sciences – Paris

personnelle; collaboration à l'Encyclopédie, cartes de l'Histoire Générale des Voyages⁽³⁸⁾ et la publication des cartes marines du Dépôt. On voit que ces dernières étaient dressées par lui par ordre du Ministre de la Marine. Son brevet d'Ingénieur semble avoir donc ici valeur de privilège. C'est-à-dire qu'il relève, pour son activité, du Roi, par son ministre, sans que la responsabilité de l'Inspecteur soit mise autrement en évidence. De fait, ce dernier ne sera jamais mis en cause dans les critiques qui ne manqueront pas d'être émises sur la qualité des cartes. Par ailleurs, Bellin assurait à ses dépens la gravure et l'impression; moyennant quoi, le bénéfice de la vente lui revenait (si bénéfice il y avait...). Il fournissait sur des états annuels une comptabilité sommaire, qui faisait apparaître en débours les dons de cartes accordés

aux officiers sur ordre du ministre. Il assurait donc la vente des cartes qu'on pouvait obtenir chez lui, rue Dauphine, mais aussi dans les ports par l'intermédiaire des marchands de cartes ou d'estampes. Les cartes dressées au Dépôt sont peu nombreuses en 1750, une vingtaine environ, et la première édition du Neptune Français est depuis longtemps épuisée. La marine en acquiert les planches en 1751 et Bellin entreprend une nouvelle édition corrigée. Cette édition accompagnée d'un mémoire fut publiée en 1753 avec l'approbation de l'Académie de Marine. C'est à cette époque qu'il quitta la rue Dauphine pour s'installer dans le quartier St Thomas (St Louis) du Louvre, *rue du Doyenné, à la première arcade de St Louis du Louvre*⁽³⁹⁾ où il est probable qu'il a engagé un commis pour le seconder.

⁽³⁸⁾ « Histoire Générale des Voyages [...] » par l'abbé Prévost. Vingt volumes publiés chez Didot de 1746 à 1770 (Bellin soumit les cartes du second volume à l'approbation de l'Académie des Sciences le 30 juillet 1746).

⁽³⁹⁾ Ce quartier a été rasé sous le Second Empire pour réaliser le grand projet de réunir le Palais des Tuileries au Louvre. L'adresse donnée par Bellin correspond au pavillon Mollien du Louvre actuel.

LES « OFFICIERS SAVANTS » – L'ENSEIGNE DE VAISSEAU DE CHABERT

Alors que Diderot se lance dans la publication d'une Encyclopédie et que les idées des philosophes se répandent, le milieu du XVIII^e siècle fut marqué dans la marine par le véritable engouement de quelques officiers pour les « lumières ». L'astronomie, l'hydrographie, l'horlogerie dont on attendait la résolution du problème des longitudes étaient à la mode parmi eux. Dans une Marine demeurée assez conservatrice, ils formaient clan et certains d'entre eux se trouvèrent ainsi réunis à Brest, à l'instigation du C.V. Bigot de Morogues. Cette sorte de « salon » devint par le règlement du 30 juillet 1852 l'Académie de Marine, appelée à jouer un rôle dans le mouvement d'amélioration des cartes du Dépôt. Dans la composition de la nouvelle société savante, on trouve La Galissonnière comme « membre honoraire » tandis que Bellin et d'Après de Manneville sont « membres libres »⁽⁴⁰⁾. Parmi les trente officiers de Marine choisis, on relève le nom d'un Enseigne de Vaisseau, le seul de ce grade : de Chabert, le futur Inspecteur du Dépôt.

Joseph Bernard de Chabert de Cogolin (1724-1805) partageait avec La Galissonnière le goût de l'astronomie qu'il avait étudiée avec Le Monnier et le souci de l'appliquer à la construction des cartes. Jeune Garde de la Marine, il avait fait un levé du port de Chibouctou (Halifax) en décrivant minutieusement toutes ses opérations⁽⁴¹⁾. En 1750, on le voit de nouveau au Canada avec des instructions rédigées par La Galissonnière. Le résultat de sa campagne sera publié en 1753 sous le titre éloquent de « *Voyage fait par ordre du Roi en 1750 et 1751 dans l'Amérique septentrionale pour rectifier les cartes des costes de l'Acadie, de l'Isle Royale et de l'Isle de Terre Neuve; et pour en fixer les principaux points par des observations astronomiques* ». Cet ouvrage reçut, outre l'approbation de la nouvelle Académie de Marine, celle plus précieuse de l'Académie Royale des Sciences dont Chabert allait devenir membre.

Il paraît utile de souligner dès maintenant que tous les Inspecteurs qui se succéderont à la tête du Dépôt jusqu'à la Révolution assumeront cette responsabilité sans pour autant négliger leur carrière militaire. On pouvait leur confier des commandements qui les tenaient éloignés du Dépôt pendant la saison. La préparation de la Guerre de Sept Ans verra ainsi La Galissonnière appelé à former à Brest puis à Toulon

les Officiers et Gardes de la Marine dans l'exercice des évolutions navales. Il garda cependant le contact avec le Dépôt et poursuivit l'orientation scientifique qui venait d'être donnée en faisant calculer de nouvelles coordonnées, base indispensable de toute amélioration des cartes. L'astronome Messier fut engagé, tandis que Chabert procédait à des rectifications de longitude sur les cartes. Plus tard, en 1756, on s'attachera les services de J.N. Delisle, après en avoir acquis le cabinet⁽⁴²⁾.

En 1756, la guerre de Sept Ans à peine déclarée, La Galissonnière est promu Lieutenant Général et se voit confier l'escadre devant soutenir l'expédition du duc de Richelieu chargé de déloger les Anglais de Minorque. Il doit sa célébrité à la façon exemplaire dont il remplit cette mission, bien qu'avec un peu plus d'audace il aurait pu, dit-on, défaire l'escadre de Byng à laquelle il se heurta. Atteint d'hydropisie, il devait trouver la mort quelques mois après cet engagement et on rapporte que Louis XV aurait eu ce mot en l'apprenant : « *C'est dommage, je lui destinais le bâton de Maréchal* »⁽⁴³⁾.

LE MARQUIS DE CHABERT, SOUS-INSPECTEUR – 1758 LE NEPTUNE FRANÇAIS, 2^e VOLUME

C'est un officier âgé, pour l'époque, qui fut appelé à remplacer La Galissonnière. Le chef d'escadre Antoine, Alexis Périer de Salvert (1691-1757) fut désigné le 14 novembre 1756 avec le titre de « *Garde et Inspecteur* ». Inspecteur éphémère, il devait décéder le 7 avril de l'année suivante.

Le chef d'escadre Maximin de Bompar (1713-1773), qui lui succéda, porte le même titre. Quand il prit effectivement son service, le 1^{er} novembre 1757, il obtint que ses appointements d'Inspecteur soient portés de 6 000 à 9 000 livres, sans qu'on trouve de justification économique à cette importante augmentation, dont profiteront ses successeurs. La livre, unité monétaire de l'Ancien Régime, avait en effet été stabilisée en 1726 et le resta jusqu'à la Révolution.

A peine désigné pour le Dépôt, Bompar reçut coup sur coup le commandement d'une escadre et la responsabilité de Commandant de la Marine à Toulon (1760). Pendant ces absences prolongées, le Lieutenant de Vaisseau de Chabert le remplaça et obtint, en 1758, le titre de Sous-Inspecteur qui lui permettait

⁽⁴⁰⁾ Les académiciens, « libres » ou « associés » comme on les appellera dans l'Académie Royale de Marine créée en 1769, pouvaient être pris en dehors de la Marine. Ils n'étaient pas tenus à assister aux séances et il est bien probable que Bellin ne se rendit à aucune.

⁽⁴¹⁾ A.N. MAR 3JJ/273/104.

⁽⁴²⁾ Bibliothèque de l'Observatoire – Fonds Delisle – Correspondance Tome XIII.

⁽⁴³⁾ Cité par G. Lacour – Gayet – La Marine Militaire de la France sous le règne de Louis XV. Paris – Librairie Champion – 1910.

de s'imposer auprès de Bellin et Delisle. On le trouve au Dépôt jusqu'en mai 1762, quand il prit le commandement de la *Gracieuse*.

Après ses travaux en Nouvelle France (1750-1751) qui avaient déterminé sa vocation et lui avaient valu son admission à l'Académie de Marine, il avait formé le projet de faire la cartographie de la Méditerranée, le second volume du Neptune Français jamais paru. Enseigne de Vaisseau, il s'était rendu en 1753 à Carthagène pour observer une éclipse de soleil, prélude à une détermination de points par observation astronomique qui, entreprise systématiquement, lui permettrait de réaliser un projet qui avait l'agrément du ministre. En 1756, dans l'expédition de Minorque, il commandait l'*Hirondelle* dans l'escadre de La Galissonnière et avait mis à profit une relâche pour déterminer la position de Fort Saint-Philippe, opération renouvelée l'année suivante, alors qu'il commandait cette fois le *Topaze*. Les travaux avaient fait l'objet d'une communication à l'Académie Royale des Sciences. En 1759, devenu membre associé libre, il présenta en séance un projet d'*observations astronomiques et hydrographiques pour parvenir à former pour la mer Méditerranée une suite de cartes exactes, accompagnées d'un portulan sous le titre de Neptune Français Second volume*. Ce projet, 32 cartes, reprend fidèlement celui qui avait été présenté, en 1701, par l'Hydrographe des Galères M. de Chazelles à la même Académie et qu'il n'avait pu mener à bien avant sa mort, survenue en 1710.

Remarquons que Chabert, Sous-Inspecteur, travaillait sur ce projet à titre personnel, mais en s'assurant cependant la collaboration de Bellin. Pour la rédaction [écrivait-il] le succès est assuré par l'avantage que j'ai eu d'y associer M. Bellin, Ingénieur de la Marine et Géographe du Dépôt; son habileté est connue par l'Hydrographie Française, recueil de cartes dont il est l'auteur. Il qualifie l'Hydrographie Française d'*ouvrage excellent à bien des égards et dont l'utilité a été depuis ce temps généralement reconnue* (44). Cette citation témoigne de l'estime que Chabert semblait porter à Bellin à cette époque. Elle mérite d'être relevée car cette estime ne devait pas résister aux années. Elle éclaire aussi le rôle joué par le Dépôt dans l'édition des cartes marines. Il apparaît comme un ensemble de moyens – documentation et dessinateurs – mis à la disposition d'auteurs qui ont initiatives et responsabilité. Il faudra attendre 1773 pour que soit confirmée la compétence exclusive du Dépôt dans la publication et la vente des cartes marines et le milieu du xx^e siècle pour que toute mention d'auteurs individuels disparaisse sur ces cartes. On observe ainsi le transfert très lent, très progressif, de la qualité d'auteur, jusque-là reconnue à des individus, au profit d'un organisme d'état : le SHOM.

(44) A.N. MAR 2JJ/43 – Cette phrase du texte manuscrit lu par Chabert le 25 avril 1759 a curieusement disparu dans le texte imprimé.

LE DÉPÔT À VERSAILLES – 1763-1775

En 1761, le duc de Choiseul, qui était Ministre de la Guerre, reçoit en outre le département de la Marine dont il entreprend le redressement. Il y a beaucoup à faire après les désastres de Lagos et des Cardinaux (1759) qui ont causé d'énormes pertes. Bompar et Chabert sollicitèrent tour à tour le nouveau ministre pour que d'autres locaux soient affectés au Dépôt qui se trouvait de plus en plus à l'étroit. Ils souhaitaient les obtenir au Louvre où de nombreux services s'étaient installés dans les bâtiments désertés par l'administration royale. C'est en juillet 1763, à la fin de la Guerre de Sept Ans, que le projet aboutit enfin..., mais pour Versailles. Le Dépôt, suivant encore le sort des Archives de la Marine, emménagea dans un hôtel qui venait d'être achevé pour abriter les « papiers » des Affaires Étrangères. Le duc de Choiseul, qui cumulait avec son cousin Choiseul-Praslin les départements de la Guerre, des Affaires Étrangères et de la Marine, avait souhaité dès 1761 réunir ses différents services. Il obtint du Roi l'autorisation de construire un nouveau bâtiment contre l'Hôtel de la Guerre, que l'Ingénieur Géographe J.B. Berthier venait de terminer, rue de la Surintendance. Berthier fut chargé du nouveau chantier et deux ans plus tard, les archives prenaient place dans un bâtiment qui suscita l'admiration des contemporains : l'Hôtel des Affaires Étrangères et de la Marine. On admirait sa décoration mais aussi la disposition fonctionnelle des lieux qu'on avait rendus, innovation technique, *incombustibles*, en évitant l'emploi du bois (45).

C'est donc dans des locaux neufs et du dernier cri que le Dépôt s'installe en 1763 (*illustrations 8, 10*).

Il semble néanmoins entrer, à ce moment-là, dans une période de moindre activité. Son éloignement, sensible à l'époque, de Paris n'y était pas étranger ni, bien sûr, les absences répétées de l'Inspecteur. Le Lieutenant de Vaisseau, François, Bernard de Narbonne Pelet (1719-1775) entré au Dépôt le 1^{er} janvier 1762 avait succédé à Bompar le 15 février, mais il reçut aussitôt le commandement du *Topaze* bientôt suivi, en 1764, de celui du *Singe*. Quant à Chabert, il poursuivait de façon presque ininterrompue jusqu'à la fin de 1771 ses campagnes en Méditerranée, multipliant ses observations astronomiques.

(45) C'est aujourd'hui la Bibliothèque de Versailles, 5 rue de l'Indépendance Américaine. Des études ont été consacrées à cet hôtel par A. Joly, *Neptunia*, 1^{er} trim. 1948 et par P. Breillat – *Revue de la Sté Suisse des Amis de Versailles* – n^o 9 – 1961. J.B. Berthier était le père du Maréchal de l'Empire.



*L'élevation de la seconde Porte des Hôtels communs aux Départemens
des Affaires Etrangères, de la Marine; et de la Guerre; à Versailles.*

8. Portail de l'Hôtel des Affaires Étrangères et de la Marine tel qu'il se présentait quand le Dépôt y fût installé.
Bibliothèque de Versailles.

MORT DE BELLIN – 1772

A Versailles, le flux des documents en provenance des ports se ralentit. On note cependant l'acquisition, en 1772, d'une importante collection de cartes et de plans ayant appartenu à M. Bégon, intendant de la Marine ⁽⁴⁶⁾. L'essentiel de l'activité cartographique était toujours entre les mains de Bellin, demeuré à Paris. Il continuait d'assurer l'impression et la vente des cartes. Et, à partir de 1769, on apprend qu'il se chargea en outre de la délivrance à la Marine Royale de la « *Connaissance des Temps* » ⁽⁴⁷⁾.

On remarque que le budget de ces activités était assez variable, passant par exemple de 3 175 livres en 1769 à 5 262 l'année suivante ⁽⁴⁸⁾. Avec l'aide de commis, il poursuivait la cartographie de l'« *Hydrographie Française* ». Cet ensemble comprendra dans la première édition, parue au moment de sa mort, une centaine de cartes datées de 1737 à 1772 et reliées en deux volumes. Bellin est l'auteur de la plupart de ces cartes, mais on a vu que des cartes de Grognard y avaient été ajoutées. Une carte de l'Acadie dressée par Chabert en 1750 y trouva également sa place. Par la suite, l'« *Hydrographie Française* » s'enrichira de cartes d'auteurs divers. Portefeuille de cartes en continuelle évolution, qui ne doit pas par conséquent être assimilé à un Atlas dont la composition ne varie qu'au rythme de ses éditions successives, l'« *Hydrographie Française* » peut aussi s'acquérir par feuilles séparées ⁽⁴⁹⁾. Cet ensemble était destiné à remplacer le *Neptune Français*, dont la dernière édition parut en 1773.

Bellin, en dépit de son âge, conservait une activité surprenante comme en témoignent encore ses derniers ouvrages de géographie, le « *Petit Atlas maritime* » paru en 1764 (*illustration 9*) ou l'« *Atlas de l'isle de Corse* » paru en 1769. L'abondance de cette production n'alla pas sans quelques négligences. Reconnaissons cependant à Bellin qu'il exploita

consciencieusement les meilleurs *matériaux* se gardant d'échafauder d'incertaines et dangereuses hypothèses, comme le fit Philippe Buache.

Il a pratiquement le monopole de la fourniture des cartes aux vaisseaux du Roi écrira Fleurieu. Cela lui attire des critiques qui se font de plus en plus vives à la fin de sa vie, critiques qui sont rarement constructives. On verra ainsi Bougainville s'en prendre aux cartes de Bellin qu'il utilisa pour son tour du monde ⁽⁵⁰⁾. Cependant il semble qu'il n'ait proposé aucune rectification de tracé de côtes et les cartes ne gagneront de sa navigation que quelques beaux toponymes. Chabert qui s'était montré, en 1759, respectueux pour son savoir-faire sera, avec Fleurieu, à l'origine du discrédit qui allait bientôt planer sur son œuvre et passer sans discernement dans la postérité. Au fond il y a eu conflit de génération entre un Bellin pratiquant comme les autres géographes de son temps une cartographie de compilation, « littéraire » en somme, et cet officier, de vingt ans plus jeune, épris d'astronomie, et poursuivant en outre une carrière militaire exemplaire.

Ce conflit met en tout cas en évidence l'étape qui vient d'être franchie : la qualité des cartes marines allait désormais profiter des connaissances acquises par les *officiers savants*. Grâce à leurs observations astronomiques, on disposa de nouvelles déterminations de points remarquables qui permirent de recalculer des portions entières de côtes et le marquis de Chabert se présente comme un précurseur dans ce domaine. En revanche, on ne constate guère d'intérêt de la part de ces officiers pour la bathymétrie ou pour les méthodes de relevés des côtes. C'était encore, et depuis toujours, un domaine dévolu aux pilotes. On en verra notamment les conséquences au cours de la guerre d'Amérique quand l'escadre de d'Estaing sera privée d'un succès décisif parce qu'elle dut s'en remettre aux pilotes locaux pour pénétrer dans la Delaware (juillet 1778). La gravure des sondes et des natures du fond ne s'est pas encore généralisée sur les cartes de cette époque bien que leur première apparition remonte à 1627, sur les cartes du dieppois Jean Guérard ⁽⁵¹⁾.

Les cartes de Bellin sont systématiquement vérifiées et soumises à une critique constructive faite point par point... et sans complaisance. La critique de Fleurieu au cours de son voyage sur l'*Isis* ⁽⁵²⁾, comme plus tard celle de Verdun et Borda sur la

⁽⁴⁶⁾ Au total 288 documents dont l'inventaire nous est parvenu. A.N. MAR 1JJ/4. Il s'agit probablement d'une partie des collections achetées par le Roi à Michel Bégon (1717-1795) assez endetté. Il avait été mis à la retraite en 1761 après avoir, comme son père et son aïeul, fait une carrière d'intendant de la Marine et réuni une très importante bibliothèque.

⁽⁴⁷⁾ Cette publication, commencée dès 1682, porte aujourd'hui le titre : « *Connaissance des Temps – Ephémérides astronomiques* ». Jusqu'à une époque récente, le SHOM en assurait la délivrance aux unités de la Marine.

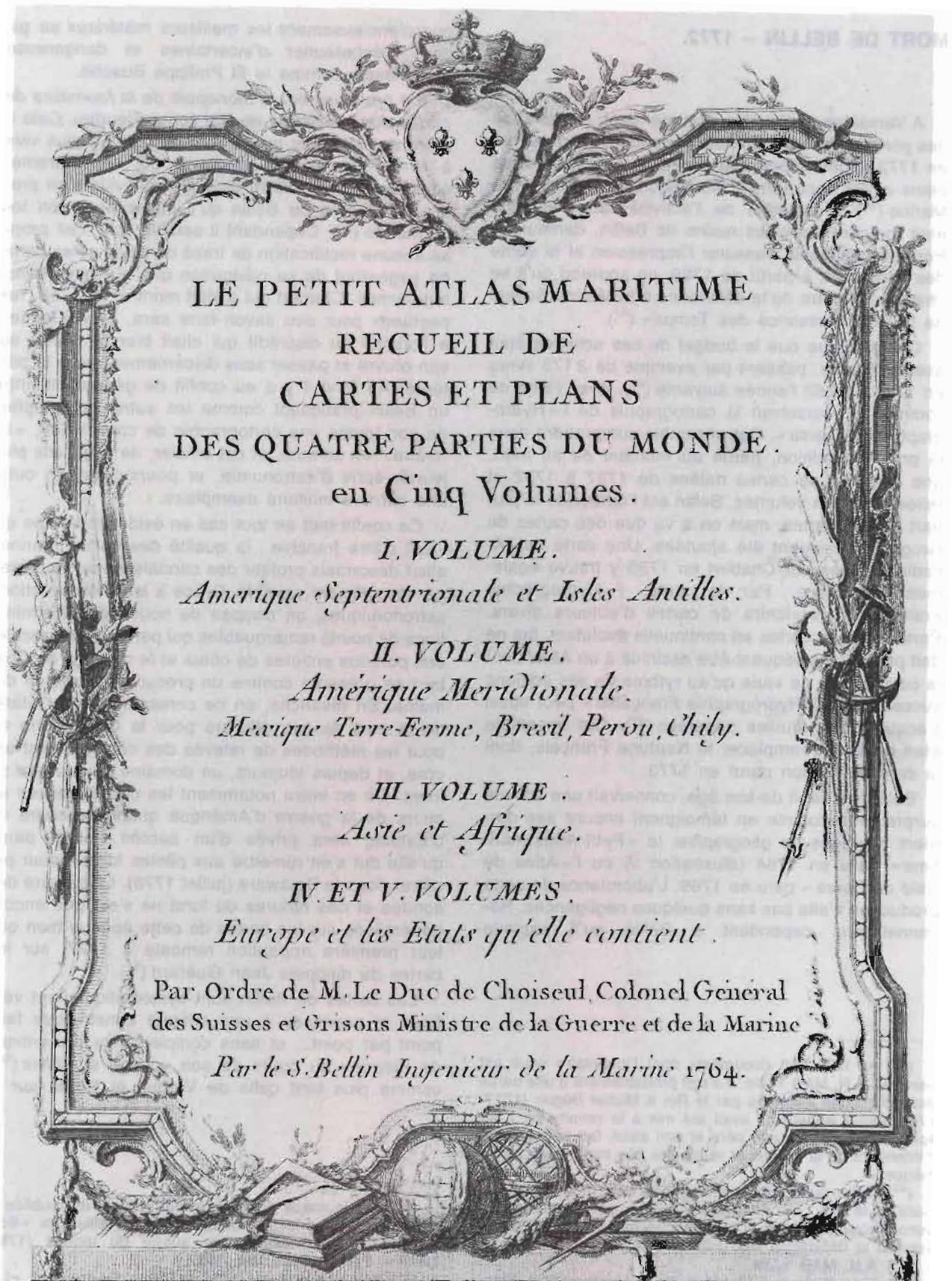
⁽⁴⁸⁾ A.N. MAR 1JJ/4.

⁽⁴⁹⁾ Une étude systématique de l'« *Hydrographie Française* » et du « *Neptune Oriental* », à l'exemple de celle qui fut réalisée pour le « *Neptune Français* », reste à faire. Un inventaire exhaustif des cartes dressées au Dépôt est le préalable nécessaire pour toute étude de l'« *Hydrographie Française* » qui se voudrait rigoureuse.

⁽⁵⁰⁾ Les journaux de cette navigation ont été publiés et commentés dans le très beau livre d'E. Taillémite « *Bougainville et ses compagnons autour du monde (1766-1769)* ». Paris – Impr. Nat. 1977.

⁽⁵¹⁾ Voir à ce propos l'étude de Marcel Destombes : « *Les plus anciens sondages portés sur les cartes nautiques aux XVI^e et XVII^e siècles* ». Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco – 1968.

⁽⁵²⁾ Voyage fait par ordre du Roi en 1768 et 1769 [...]. Deux volumes. Paris – Imp. Royale – 1773.



9. Frontispice du Petit Atlas Maritime.

Cet atlas de format modeste (0,24 × 0,32 m) regroupe pas moins de 575 cartes et autres plans de port. En le dédicant au duc de Choiseul, Bellin, le présentait comme « suite nécessaire de nos cartes marines ». De fait, il fut systématiquement délivré par le Dépôt aux bateaux qui entreprenaient une navigation de quelque importance.

Flore⁽⁵³⁾ sera exemplaire. L'Académie de Marine dont l'activité avait été mise en sommeil par le déclenchement de la guerre de Sept Ans est réorganisée en 1769, devenant l'Académie Royale de Marine. Elle examine, elle aussi, avec soin les cartes et mémoires de Bellin. On apprend ainsi qu'il se fit rappeler à l'ordre pour avoir mis en vente une carte sans avoir tenu compte des rectifications demandées par l'Académie. A une autre occasion, on lui opposa qu'il ne pouvait faire valoir son titre de membre de l'Académie sur une carte qui n'aurait pas été soumise à son approbation⁽⁵⁴⁾. Ceci dit, l'Académie Royale de Marine joua un rôle assez secondaire dans l'évolution des activités du Dépôt, tout au moins jusqu'en 1771. A cette date, en effet, devenue affiliée de l'Académie des Sciences, elle soutint activement des recherches qui allaient considérablement profiter à l'hydrographie : l'Horlogerie de Marine. La conservation du temps en mer et la résolution du problème de la longitude qu'elle allait permettre ont été abondamment traitées par de nombreux auteurs⁽⁵⁵⁾. Il ne paraît pas nécessaire d'y revenir. On retiendra seulement ici que le marquis de Chabert, comme Fleuriu qui allait devenir son adjoint, eurent un rôle déterminant dans cette affaire si bien que le Dépôt se trouva bientôt chargé de l'approvisionnement de la Marine en chronomètres et gardes-temps. Cette mission demeure encore celle du SHOM bien que l'ère de l'électronique et des satellites artificiels les ait rendus accessoires.

Par ailleurs, Bellin qui s'était vu accorder le privilège de la vente des cartes fut soupçonné d'en tirer un profit abusif⁽⁵⁶⁾. Ceci paraît sans fondement et on ne trouve guère de trace d'une éventuelle aisance qu'il aurait ainsi acquise. On apprend en effet qu'il ne laissa que des dettes à sa veuve. C'est du moins ce qu'elle invoqua pour obtenir du Roi un secours. Autre signe de la modestie de ses moyens : il maria sa fille, unique très probablement, à un officier sans lui assurer de dot⁽⁵⁷⁾.

La mort surprend Bellin à Versailles le 21 mars 1772 sans qu'on en connaisse les circonstances. Un inventaire de son cabinet fut dressé et toutes les planches de cuivre, cartes, journaux et autres documents qui s'y trouvaient furent remis au Dépôt.

⁽⁵³⁾ Voyage fait par ordre du Roi en 1771 et 1772 [...] tome second. Paris – Imp. Royale – 1778.

⁽⁵⁴⁾ Cf. Histoire de l'Académie de Marine de A. Donaud du Plan – Paris – Berger Levrault – 1879.

⁽⁵⁵⁾ Voir en particulier « Contribution à l'étude de l'horlogerie marine et son incidence hydrographique en Europe 1750-1850 », thèse soutenue par B. Passi en 1982 à Paris 4.

⁽⁵⁶⁾ A.N. MAR 1JJ/25/7.

⁽⁵⁷⁾ Contrat de mariage 1763. Arch. Ville de Paris 5-AZ-4002. Le gendre de Bellin, Etienne Taitbout, ancien « Capitaine au régiment de la Marine », devint son héritier.

LE DÉPÔT À LA FIN DU RÈGNE DE LOUIS XV L'ARRÊT DU 5 OCTOBRE 1773

La disparition de Bellin qui avait incarné pendant un demi-siècle la cartographie du Dépôt, crée une situation nouvelle. Le départ du vieil homme qui avait été un peu malmené à la fin de sa vie dut être inévitablement envisagé, on n'ose pas dire espéré. Nous ne savons pas cependant comment fut choisi son successeur. C'est en tout cas un Géographe de renom qui est appelé par le nouveau ministre, de Boynes, pour le remplacer.

Jean, Antoine Rizzi Zannoni (1736-1814) né en Dalmatie, a réalisé les travaux de triangulation au profit de plusieurs cours d'Europe⁽⁵⁸⁾. Sans doute attend-t-on de lui ce que n'avait su faire Bellin : assurer à la construction des cartes une base géodésique. Son brevet d'Ingénieur Hydrographe est signé dès le 22 mars et il se voit confier en outre la Garde du Dépôt. Cette responsabilité était jusqu'alors assumée par l'Inspecteur lui-même. Il semble que Narbonne ait mal accueilli la nomination de Rizzi Zannoni, très introduit à la cour, et qu'il aurait aussitôt démissionné. Il s'ensuivit apparemment une situation confuse dans la direction du Dépôt assurée par Rizzi Zannoni jusqu'à la fin d'août. Celui-ci est alors écarté pour reprendre enfin sa place, le 1^{er} janvier 1773, quand un nouvel Inspecteur fut désigné, sans avoir cependant la Garde du Dépôt *qui ne pouvait revenir à un étranger*. Encore ce souci de prévenir les fuites !

C'est un Ingénieur Géographe, jusqu'alors au Dépôt de la Guerre : L'Huillier de la Serre, qui devient Garde. Ce capitaine d'Infanterie dirigera ce qu'on nommera désormais le « Bureau des Plans et Cartes de la Marine ». Il s'agit de l'encadrement des commis qui travaillent sur place mais aussi de la gestion courante des documents. C'est un premier pas vers l'organisation hiérarchisée qui sera achevée par Chabert. Celui-ci, qui était le véritable inspirateur du Dépôt, vit avec dépit un capitaine de vaisseau moins ancien que lui prendre l'Inspection : Gabriel, Joseph d'Oisy d'Assignies (vers 1725-1776) mais il obtint la promesse en tout cas de lui succéder, dûment couchée sur un brevet d'Adjoint le 20 mars 1773.

C'est donc en définitive un service de la Marine en pleine mutation que l'on trouve à la fin du règne de Louis XV, avec seize personnes en 1773.

Inspecteur : d'Oisy

Adjoint : de Chabert

Hydrographe : Rizzi Zannoni

Garde : L'Huillier

Astronome : abbé Rochon

⁽⁵⁸⁾ Un curriculum vitae complaisamment établi par l'intéressé nous est parvenu. A.N. MAR 1JJ/5. Voir aussi « J.A. Rizzi Zannoni en France » par Drapeyron – Paris – Revue de Géographie – 1897.

A ceux-ci se joindra en 1774 un professeur de mathématique que nous verrons bientôt succéder à Rizzi Zannoni : Rigobert Bonne (1727-1792). Parmi les ingénieurs, on trouve : Le Moyne, Claro, Bailly de Saint Paulin et Grogard du Justin.

Mise à part la dernière réédition du Neptune Français, parue en 1773, on constate que le nombre de cartes « dressées au Dépôt » après la mort de Bellin est considérablement réduit. Cette pénurie semble avoir suscité dans les ports une cartographie « sauvage ». Degaulle, pilote et Maître d'Hydrographie au Havre, soumit ainsi à l'Académie des Sciences une carte de la Manche en trois feuilles. L'Académie donne son approbation le 18 octobre 1773, provoquant un véritable tollé au Dépôt où on accuse l'auteur d'avoir utilisé indûment des documents source dont il n'aurait pas dû avoir connaissance. D'autres cas semblables s'étaient déjà présentés mais c'est certainement cette affaire qui fut à l'origine d'une prise de position très importante pour l'avenir du Dépôt : l'Arrêt du Conseil du Roi du 5 octobre 1773 [...] *plusieurs géographes et pilotes prétendaient s'ingérer à construire et publier des cartes marines et en faire un objet de commerce, voulant Sa Majesté prévenir un tel abus dont les suites seraient à craindre pour la sûreté de la navigation et diminuer autant qu'il est possible les dangers de la mer à cette classe précieuse de ses sujets qui a le courage de les affronter [...] ordonne : qu'à l'avenir, toutes les cartes marines, portulans et instructions nécessaires pour la conduite des vaisseaux tant de guerre que de commerce du Royaume soient exclusivement composés, dressés et publiés au Dépôt [...].* Ce texte traversant les âges définit une des missions actuelles du SHOM ⁽⁵⁹⁾.

⁽⁵⁹⁾ Un extrait de cet Arrêt qui n'a jamais été abrogé est publié dans le Bulletin Officiel Marine BOEM 675.

RETOUR DU DÉPÔT À PARIS – 1775

Le début du règne de Louis XVI suscite beaucoup d'espoir dans la Marine. L'intérêt du jeune roi pour les choses de la mer, pour la géographie, pour les cartes marines est rapporté par ses biographes et sera mis en évidence plus tard dans sa participation aux préparatifs du voyage de Lapérouse. Il confie bientôt le département de la Marine à Sartine, l'ancien ministre de la Police, qui ne reculera pas devant les dépenses pour reconstruire la flotte. Les croisières de formation des escadres se poursuivirent dans la perspective d'une revanche envers l'Angleterre. Chabert, qui prendra une part active à la guerre d'Amérique qui n'allait pas tarder à se déclarer, consacre au Dépôt, entre 1772 et 1776, l'essentiel de son activité. D'Oisy qui semble avoir eu, comme son prédécesseur, des différends avec Rizzi Zannoni ou qui, peut-être, n'avait pu s'imposer auprès de Chabert, aurait quitté son poste pour ne le reprendre que le 26 février 1775. A cette date, Chabert qui assurait un intérim de fait, obtint un nouveau brevet d'Inspecteur Adjoint. Il se rendait fréquemment à Versailles où demeuraient ses beaux-parents ⁽⁶⁰⁾. On apprend qu'il établit au début de 1775 les projets d'une nouvelle organisation du Dépôt *qui a beaucoup souffert* selon lui de son éloignement à Versailles. Il se chargea notamment de trouver un nouvel emplacement à Paris, mais il s'attaqua aussi au statut de l'Hydrographe : [...] *on avait accordé à feu Bellin le bénéfice de la vente de ses œuvres c'était un encouragement mais c'était un abus. L'Hydrographe doit être assez bien payé par le Roi pour n'être qu'à son service. Alors ni temps ni peine ne*

⁽⁶⁰⁾ Rue Neuve Notre-Dame. Chabert a épousé en 1771 Hélène Täscher, sœur de l'intendant des « isles du Vent de l'Amérique ».

10. Extrait de la coupe de l'Hôtel des Affaires Étrangères et de la Marine.

Cet extrait est limité aux étages supérieurs du bâtiment. Le Dépôt occupait avec les autres « papiers » de la Marine et les maquettes de bateaux, le troisième étage. Au-dessus de cet étage, sous les combles, l'artiste a curieusement représenté un atelier d'impression en taille douce. Un dessin un peu antérieur, conservé à la Bibliothèque Nationale, représente le même atelier mais disposé de façon plus appropriée cette fois, au rez-de-chaussée. Il s'agit de la très belle Imprimerie Royale.

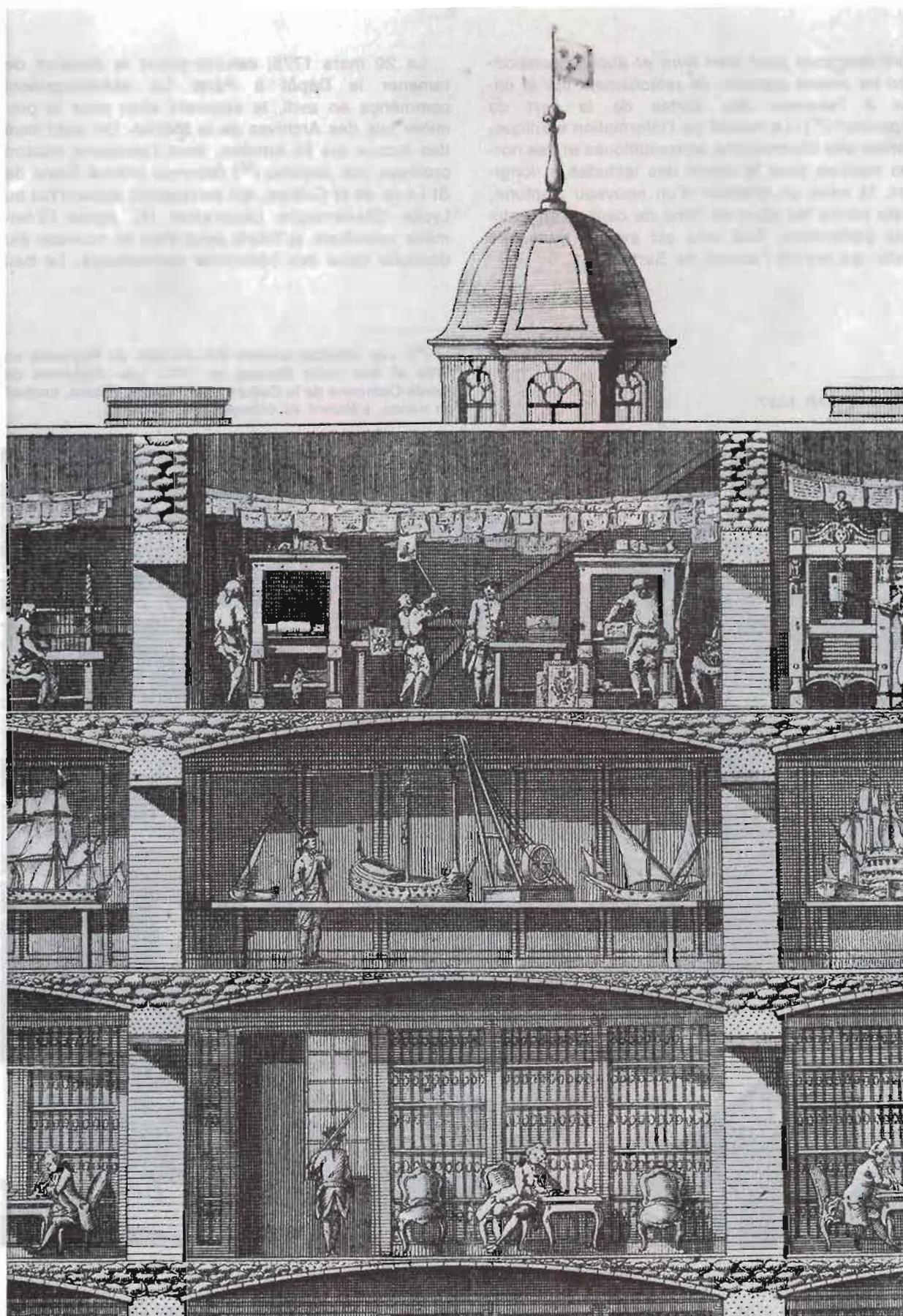
Parmi les épreuves fraîchement imprimées que l'on voit mises à sécher au-dessus des têtes, l'artiste n'a pas représenté de cartes marines. Il est fort probable cependant que certaines y furent imprimées. On apprend, en tout cas, que d'Oisy acquit pour le Dépôt, au moment de son transfert à Paris, quatre des presses à bras que l'on reconnaît sur cette gravure. Un ordre signé par Sartine le 23 juin 1775 autorise en effet le directeur de l'Imprimerie Royale à livrer au chevalier d'Oisy « *Toutes les pressions en taille douce et les ustensiles des dites presses provenant de l'imprimerie de l'hôtel de la Guerre à Versailles [...]* » (AN. MAR 1JJ/11).

La valeur de ces quatre presses fut estimée avec les « ustensiles » à 1 474 livres et l'imprimeur Aubert en prit livraison. C'est lui qui assura désormais sur les presses appartenant au Roi l'impression des cartes du Dépôt.

Il avait soumissionné pour obtenir ce marché et factura périodiquement ses tirages au Dépôt.

Jusqu'à ce que l'impression en offset vienne progressivement remplacer la taille douce, les cartes marines du SHOM furent imprimées par un artisan travaillant sur les presses de la Marine, comme elles le furent jadis par Aubert.

La dernière carte du SHOM, gravée sur cuivre, fut imprimée ainsi en 1970. Les 3 522 planches de cuivre que possédait encore le SHOM furent alors remises au Musée de la Marine à Paris accompagnées d'une presse qui s'y trouve actuellement exposée (1991).



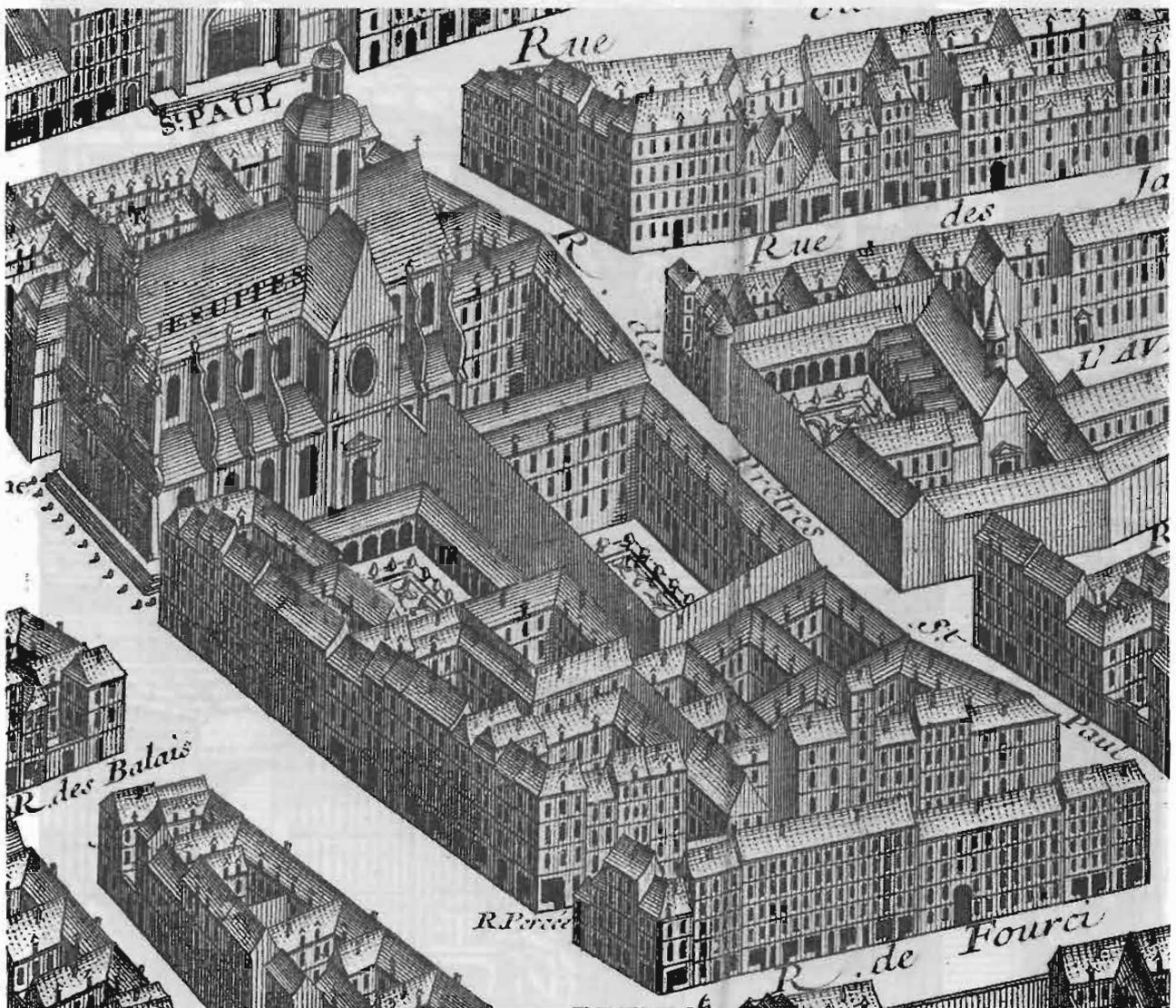
10. Extrait de la coupe de l'Hôtel des Affaires Étrangères et de la Marine gravée par Ingouf vers 1770.
Bibliothèque de Versailles

seront épargnés pour bien faire et aucune considération ne pourra apporter de relâchement sur la critique à l'examen des cartes de la part de l'Inspecteur ⁽⁶¹⁾. Le recueil de l'information nautique, l'examen des observations astronomiques et des horloges marines pour le calcul des latitudes et longitudes, la mise en chantier d'un nouveau Neptune, la lutte contre les abus de dons de cartes consentis à des particuliers. Tout cela est évoqué dans ses projets, qui auront l'accord de Sartine.

Le 20 mars 1775, celui-ci prend la décision de ramener le Dépôt à Paris. Le déménagement commença en avril, le séparant ainsi pour la première fois des Archives de la Marine. On avait loué des locaux rue St Antoine, dans l'ancienne maison professe des Jésuites ⁽⁶²⁾ devenue prieuré Royal de St Louis de la Culture, qui correspond aujourd'hui au Lycée Charlemagne (illustration 11). Après l'intermède versaillais, le Dépôt avait ainsi de nouveau élu domicile dans des bâtiments conventuels. Le bail

⁽⁶¹⁾ A.N. MAR 1JJ/7.

⁽⁶²⁾ Les Jésuites avaient été chassés du Royaume en 1764 et leur ordre dissous en 1773. Les chanoines de Sainte-Catherine de la Culture dont l'église, voisine, tombait en ruines, s'étaient vu octroyer ces bâtiments.



11. Extrait du Plan de Paris, dit « de Turgot ». Archives Nationales

Ce plan gravé entre 1734 et 1739, présente la maison professe des Jésuites avant qu'ils en furent chassés, en 1762. D'Oisy avait loué pour le Dépôt une salle au second étage de l'aile s'ouvrant au nord sur les jardins et au sud sur la rue des Prêtres St-Paul. On retrouve, inchangée l'implantation actuelle des bâtiments du Lycée Charlemagne mais le jardin est devenu cour de récréation.

signé par d'Oisy fait état d'une grande salle au deuxième étage ayant deux rangs l'un sur l'autre chacun de huit croisées de face sur jardin et deux corridors attenants à la dite salle au second et troisième étage ayant vue sur la rue des Prêtres St Paul. Plus un petit appartement contigu à la dite salle ayant deux croisées sur le jardin et un petit bûcher pour la provision de bois [...]. De plus, on a accordé deux chambres [...] moyennant 200 L de loyer de sorte que le total du loyer de la marine est de 1200 L⁽⁶³⁾. Après quelques travaux⁽⁶⁴⁾, le Dépôt semble maintenant plus au large qu'à Versailles et surtout beaucoup mieux placé pour ses activités qui s'exercent dans les milieux scientifiques restés à Paris ou avec des artisans qui s'y trouvent aussi réunis.

Ce transfert s'accompagne de changement dans le personnel. L'Huillier est remplacé dans ses fonctions de Garde par un commis très ancien : Le Moyne, qui avait été recruté par Bellin en 1738⁽⁶⁵⁾. Quant à Rizzi Zannoni, il semble avoir, lui aussi, cessé sa collaboration à cette époque. Il est remplacé par Bonne, dont le brevet d'Ingénieur Hydrographe n'est pourtant signé qu'à la fin de l'année. Des astronomes travaillent également pour le Dépôt : Mechain, Messier et le célèbre abbé Rochon, dont la collaboration, sans appointements, au Dépôt remonte à 1770.

LE NEPTUNE ORIENTAL – 2^e ÉDITION – 1775

Depuis sa publication, en 1745, le Neptune Oriental était encore largement utilisé par les vaisseaux de la Marine Royale en Océan Indien. Sa mise à jour était assurée par d'Après de Mannevillette qui s'était vu confier le dépôt de cartes de Lorient. Après la dissolution de la Compagnie des Indes et le rachat du port par le Roi, Mannevillette devint, en 1773, *Inspecteur pour le Roi des cartes et journaux de la navigation de l'Inde à l'Orient*. Malgré son âge avancé, il entreprit de faire, par souscription, une deuxième édition de son Neptune. De vingt cinq, le nombre de cartes devait passer à cinquante six. Principale innovation, la couverture de l'atlas s'étend aux côtes ouest et sud de l'Afrique. Mannevillette avait repris la mer en 1749 pour refaire la cartographie de ces régions en s'assurant le concours de l'abbé de la Caille. Ce dernier expérimentait alors l'emploi des

⁽⁶³⁾ Le bail passé le 30 mars 1775 devant Maître Trudon est conservé. Arch. Ville de Paris – DQ 10 C 641 (n° 3193).

⁽⁶⁴⁾ La facture de ces travaux a été conservée. A.N. MAR 1JJ/9.

⁽⁶⁵⁾ On trouve cette information sous la plume de Bellin. A.N. MAR C/7/24 dossier Bellin.

distances lunaires pour le calcul de la longitude. En 1775, le Roi souscrivit pour 10 000 L et il fut décidé en outre que les planches reviendraient au Dépôt dès que le tirage aurait atteint le seuil de 3 000 exemplaires.

Cette seconde édition du Neptune Oriental fut fort mal accueillie au Dépôt, où on faisait remarquer que Mannevillette n'avait pas soumis ses cartes à l'examen préalable prévu par l'Arrêt du 5 octobre 1773. De plus, on lui reprochait de ne pas en avoir intégralement communiqué les matériaux. Après l'abbé Rochon, d'Oisy se livra à une critique minutieuse et très sévère de chacune des nouvelles cartes, établissant des comparaisons avec les cartes de Bellin, largement favorables à ces dernières et il proposa de soumettre ces critiques à l'arbitrage de l'Académie⁽⁶⁶⁾.

À la mort de Mannevillette, en 1780, toutes les planches du Neptune Oriental n'avaient pas encore été remises au Dépôt. On traita avec son frère d'Après de Blangy qui était son héritier et toutes les archives cartographiques purent enfin être transférées de Lorient à Paris en septembre.

Au prix d'une nouvelle souscription, un supplément au Neptune Oriental comprenant dix huit nouvelles cartes fut publié en 1781 par les soins de Blangy. Un certificat de Fleurieu, gravé en bonne place, atteste néanmoins que ces cartes sont bien conformes aux documents originaux acquis par le Roi. La vie et l'œuvre de Mannevillette se trouvent relatées dans la préface de cette publication posthume.

LE DÉPÔT À LA VEILLE DE LA RÉVOLUTION

Le marquis de Chabert et le chevalier de Fleurieu, Inspecteurs – 1776

En 1776, la déclaration d'indépendance des états américains offre l'occasion attendue pour reprendre les hostilités avec l'Angleterre et revenir sur le « honteux traité de Paris ». Les croisières de formation se multiplient. Chabert sur l'*Atalante* s'embarqua pour la Méditerranée. Presque simultanément, il devint Inspecteur, comme convenu, à la mort de d'Oisy survenue le 10 mai.

Le Dépôt fut dirigé en son absence par le chevalier Charles, Pierre Claret de Fleurieu (1738-1810) promu Inspecteur-Adjoint. Fleurieu avait montré de

⁽⁶⁶⁾ A.N. MAR 1JJ/12.



12. Marquis de Chabert.
Archives de l'Académie des Sciences – Paris

puis longtemps son intérêt pour les cartes marines. Il continua à suivre de près l'activité du Dépôt quand les responsabilités les plus hautes lui seront confiées et on le verra travailler jusqu'à sa mort à son « Neptune de la Baltique et du Cattégat » ⁽⁶⁷⁾.

La promotion du marquis de Chabert comme Inspecteur, en 1776, mérite d'être soulignée. S'intéressant aux cartes depuis qu'il sert dans la Marine, on le trouve bientôt mêlé aux activités du Dépôt pour s'imposer enfin, dès 1758, en qualité de Sous-Inspecteur. Il se présente ainsi comme le premier officier se consacrant par vocation personnelle aux activités du Dépôt, vocation contrariée toutefois par de trop nombreuses campagnes.

La mort de Bellin, le transfert à Versailles et surtout les promotions de Chabert et de Fleurieu à la tête du Dépôt, autant d'événements qui allaient amener une profonde mutation. La nouvelle organisation qui se met progressivement en place ⁽⁶⁸⁾, en mettant fin aux privilèges et mesures particulières, créa un Service de la Marine qui annonçait déjà le SHOM.

Le Dépôt obtint l'exclusivité de dresser, imprimer, délivrer et vendre les cartes marines, en effet :

- sa responsabilité dans la confection des cartes était reconnue par l'Arrêt du 5 octobre 1773;
- les cartes sortent, à partir de 1775, des presses du Dépôt provoquant une compréhensible levée de boucliers des imprimeurs;

⁽⁶⁷⁾ Un colloque a été organisé en juin 1989 par la Commission Française d'Histoire Maritime sous le titre : « Fleurieu et la Marine de son temps ». Actes à paraître (1991).

⁽⁶⁸⁾ Une notice historique rédigée en 1867 par le CV Leps relate sommairement ces faits. B.N. NAF 9498 fol. 1).

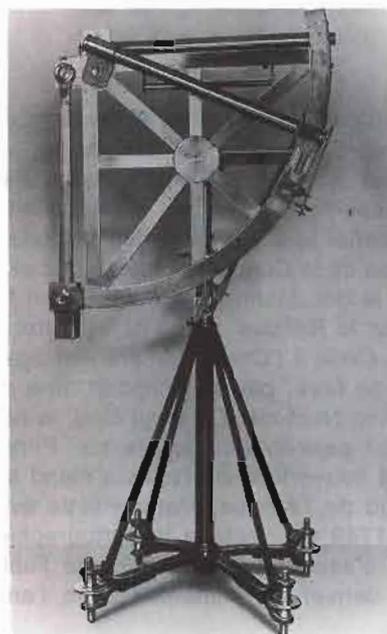
— en 1775 encore, on renonce à une ancienne pratique : les dons de cartes à des particuliers;

— enfin, une décision du 30 septembre 1776, mettant fin à un privilège accordé à Bellin, créa l'*Entrepôt Général pour la vente des cartes et ouvrages du Dépôt des Cartes, Plans et Journaux de la Marine*. Par Ordonnance Royale du 28 octobre 1775, des entrepôts auxiliaires avaient été mis en place, dans les ports, chez des commerçants dûment agréés.

Dans le personnel, on relève quelques changements. Un état de 1779 fournit la liste suivante des Ingénieurs : Bonne, Mechain, Le Moyne fils, Bailly, Pruvost, Le Roy, l'Artigne, La Roche, à laquelle il faut ajouter Le Moyne (le garde), Claro, Audin et Groizard.

Mais l'événement remarquable demeure le recrutement, en 1776, de Jean Nicolas Buache (de la Neuville) (1741-1825), Géographe Ordinaire du Roi. C'était le neveu de Philippe Buache, qui fut employé dans sa jeunesse aux côtés de Bellin. Buache, à qui on confia la gestion de l'Entrepôt, ne devait plus quitter le Dépôt. Devenu Ingénieur Hydrographe au départ de Bonne, en 1788, il devint Inspecteur pendant la Révolution, puis Conservateur jusqu'à ce qu'il se trouve remplacé par son cousin, Beautemps-Beaupré ⁽⁶⁹⁾.

⁽⁶⁹⁾ Une biographie de Beautemps-Beaupré a été entreprise. Thèse en cours (1991) de O. Chapuis.



13. Quart de cercle, par la V^{ie} Lennel.
Musée national des techniques, Paris.

Ce quart de cercle (1,5 m de haut) à deux lunettes dont l'une peut être rendue horizontale est vraisemblablement inspiré de celui de J. Bird. Il aurait été utilisé par le marquis de Chabert pour ses déterminations de positions géographiques à terre.

De 1720 à 1789

A la veille de la Révolution et une soixantaine d'années après la décision du Conseil de Marine du 19 novembre 1720, on trouve la marine royale ainsi dotée d'une nouvelle institution dont la vocation scientifique allait sans cesse s'affirmer. Cette simple mesure d'ordre qui se proposait assez prosaïquement de distinguer les documents nautiques des autres archives de la Marine afin d'en tirer un meilleur parti eut, on le voit, des conséquences inattendues.

Le Dépôt des Cartes, Plans et Journaux de la Marine s'était structuré peu à peu, se débarrassant, en cette fin de l'Ancien Régime, des privilèges particuliers et en imposant sa responsabilité dans l'édition des cartes marines. Sa création n'est pas le fruit d'une décision officielle répondant au souci d'améliorer la sécurité de la navigation, on la doit largement au pragmatisme propre à l'époque, rythmé d'initiatives personnelles de marins scientifiques.

Comme bien d'autres institutions de l'Ancien Régime, la reconnaissance officielle : l'Arrêt du Roi du 5 octobre 1773, était venue tardivement consacrer une compétence déjà éprouvée sans viser néanmoins l'organisation même du Dépôt. Il faudra encore attendre dix ans de plus pour que celle-ci fasse enfin l'objet d'un texte remplaçant l'acte fondateur de 1720.

SOURCES

— Pour l'essentiel, cette étude a été réalisée au moyen des archives conservées aux Archives Nationales dans les séries Marine suivantes :

- B8 Archives
- C7 Dossiers individuels
- 1JJ Correspondance des Directeurs du Dépôt
- 2JJ Papiers d'Hydrographes
- 3JJ Observations scientifiques et géographiques

— Le Service Historique de la Marine conserve dans sa bibliothèque quelques études non publiées.

— A la Bibliothèque Nationale, on a consulté la correspondance conservée dans le fonds Clairambault (vol 873). Dans le fonds Margry se trouve aussi la notice manuscrite du CV Leps (1867) retraçant l'histoire du Dépôt de 1720 à 1867 - B.N. - NAF 9498 fol 1.

— Quelques documents intéressants sont conservés aux Archives de la Ville de Paris.

— Les archives de l'Académie des Sciences et celles de l'Observatoire n'ont pas été systématiquement explorées.

BIBLIOGRAPHIE

On s'est borné à établir ici une bibliographie sommaire dans laquelle les ouvrages généraux et les documents nautiques se sont trouvés exclus. Ces derniers constituent pourtant une source primordiale. Les cartes qui font l'objet d'un catalogage systématique, en cours de réalisation à l'EPSHOM (1991), étaient souvent accompagnées de mémoires. On trouvera en annexe un inventaire des mémoires publiés par Bellin.

Il aurait fallu enfin citer dans cette bibliographie les récits imprimés de campagnes, les « voyages », qui apportent des critiques sur les cartes dressées au Dépôt. Bien d'autres ouvrages encore, comme des publications de l'Académie, auraient dû y trouver place...

- HARISSE H. - *Notes sur la Nouvelle France 1545-1700*. Paris - Libr. Tross - 1872.
- DONEAUD DU PLAN A. - *Histoire de l'Académie de Marine* Paris - Berger Levrault - 1879.
- de FONTAINE de RESBECQ H. - *L'administration centrale de la Marine et des Colonies*. Paris - Baudoin - 1886.
- DRAPEYRON L. - *Les deux Buache*. Inst. Géo de Paris - Delagrave - 1888.
- DRAPEYRON L. - *J.A. Rizzi Zannoni en France*. Revue de Géographie - 1897.
- NEUVILLE M.D. - *État Sommaire des Archives de la Marine antérieures à la Révolution*. Paris - Libr. L. Baudoin - 1898.
- de LA RONCIÈRE Ch. - *Origines du Service Hydrographique de la Marine*. Paris - Impr. Nat. - 1916.
- ROLLET DE L'ISLE M. - *Étude historiques sur les Ingénieurs Hydrographes et le Service Hydrographique de la Marine (1814-1914)*. Annales Hydrographiques - 1950.
- BENOIT M. - *Souvenirs Maritimes*. Journal de la Marine Marchande - 1953. Numéro spécial p. 163.
- LAMONTAGNE R. - *La Galissonnière et le Canada*. Paris - PUF - 1962.
- LAMONTAGNE R. - *L'expédition hydrographique de Chabert au Canada*. Rev. d'Hist. Sc. - 1964.
- NUMA BROU - *La Géographie des Philosophes*. Paris - Ed. Orphrys - 1975.
- LEGRAND A. - *Inventaire des archives du Port de Lorient*, sous série 1 P Cie des Indes Impr. de la Marine - 1978.
- COVILLAULT P. - *Histoire des archives et de la bibliothèque du Service Hydrographique de la Marine*. Publication interne du SHOM - 1979.
- PASTOUREAU M. - *Les atlas français XVI^e et XVII^e siècles*. Paris - BN 1984.
- BOURGOIN J. - *L'Hydrographie française au XVIII^e siècle*. Actes du colloque « La mer au siècle des encyclopédies » - Littérature des Voyages - Paris, Genève - Champion, Slatkine - 1987.

ANNEXE

PUBLICATIONS DE J.N. BELLIN

J. Polak, dans sa « Bibliographie maritime Française depuis les temps reculés jusqu'à 1914 »⁽¹⁾, dresse une liste de 38 publications (reproduites ci-après avec l'autorisation de l'auteur) qu'il convient de compléter avec les ouvrages suivants :

— Lettre [...] sur la carte de l'histoire d'Epaminondas. Paris – 1739.

— Histoire et description générale de la Nouvelle France [...] par le père de Charlevoix – 3 vol. Paris 1744. (cartes de Bellin).

— Essai géographique sur les isles britanniques. Paris – Didot – 1757 (traduit de l'anglais par Bellin).

— Cartes et plans de plusieurs parties des côtes d'Angleterre d'Écosse et d'Irlande, copiés sur ceux du pilote côtier de la Grande Bretagne de Greenville, Collins. Paris – Dépôt gén. Mar. s.d. (attribué à Bel-

lin. Illustration de l'Essai géographique sur les Isles britanniques).

— Histoire Générale des Voyages [...] Abbé Prévost. Paris – Didot – 1746-1770 (20 tomes, cartes de Bellin).

— Description Géographique de la Guyane contenant les possessions et les établissements des français [...] Paris – Stompe – 1763.

— Description Géographique de la Guyane [...] Paris – Bailly – 1769.

— Atlas de l'isle de Corse. Paris – Bailly – 1769.

— Description géographique et historique de l'isle de Corse pour joindre aux cartes et plans de cette isle. Paris – Didot – 1769.

— L'enfant géographe. ou Nouvelle méthode pour apprendre la Géographie [1769].

— Catalogue des cartes hydrographiques et autres ouvrages dressés au Dépôt [...]. Paris – 1778 [B.N. Q 9482].

565. BELLIN (Jacques-Nicolas).

Catalogue des cartes hydrographiques qui ont été dressées au Dépôt des cartes, plans et journaux de la marine, pour le service des vaisseaux du Roy, depuis 1737 jusqu'en 1756 par le Sr. Bellin. Paris, Bellin, 1755, in-4°, 4 pp. [BN. Q. 1487].

566. — Recueil de Mémoires qui ont été publiés, avec les cartes hydrographiques que l'on a dressées au dépôt des cartes et plans de la marine depuis 1737 jusqu'en 1751. Paris, Didot, Chardon, Vve Delatour, Bellin, 1737-1767, in-4°. Ce recueil renferme 27 pièces, précédées d'un avertissement. Chaque pièce a sa pagination particulière.

567. — Observations sur la construction de la nouvelle carte de la Méditerranée dressée au Dépôt des plans de la Marine... en 1737. Paris, Bellin, s.d. in-4°, 8 pp. [BN. G. 3352 (2)].

568. — Observations sur la construction de la carte de l'Océan méridional pour servir aux vaisseaux du Roy, dressée au Dépôt des cartes, plans et journaux de la Marine... 1739. Paris, Bellin, s.d., in-4°, 18 pp. [BN. G. 3352 (16)].

569. — Lettre de M. B..., ingénieur de la marine, à M..., de l'Académie royale des sciences de Paris, le 12 mars 1740. S.l. (Paris), Didot, 1756, in-4°, 8 pp. [BN. G. 3352 (27)].

570. — Observations sur la construction de la carte de l'Océan oriental ou mer des Indes, pour servir aux vaisseaux du Roy..., 1740. S.l. (Paris), Vve Delatour, 1751, in-4°, 35 pp. [BN. G. 3352 (1)].

571. — Observations sur la construction de la carte des mers comprises entre l'Asie et l'Amérique, appelées par les navigateurs Mer du Sud et Mer Pacifique, pour servir aux vaisseaux du Roy, dressée au Dépôt des cartes, plans et journaux de la Marine... en 1741. Paris, Bellin, s.d., in-4°, 20 pp. [BN. G. 3352 (21)].

572. — Observations sur la construction de la carte de l'Océan occidental pour servir aux vaisseaux du Roy, dressée au Dépôt des cartes, plans et journaux de la Marine... en 1742. Paris, Bellin, 1751, in-4°, 12 pp. [BN. G. 3352 (4)].

573. — Observations sur la carte du golphe du Mexique, et des isles de l'Amérique, dressée par ordre du comte de Maurepas. Paris (1749), in-4°, 17 pp. Leclerc, p. 14.

574. — Observations sur la carte de la Manche, dressée au Dépôt des cartes, plans et journaux de la marine, pour le service des vaisseaux du Roy... en 1749. Paris, Bellin, s.d., in-4°, 4 pp. [BN. G. 3352 (6)].

575. — Observations sur la carte de l'isle de Saint-Domingue et des débouquements, dressée au Dépôt des plans de la Marine, pour le service des vaisseaux du Roy..., 1750. Paris, Bellin, 1750, in-4°, 8 pp. [BN. G. 3352 (25)].

576. — Observations sur la carte du golfe de Gascogne, dressée au Dépôt des cartes, plans et journaux de la marine, pour le service des vaisseaux du Roy..., 1750. Paris, Bellin, s.d., in-4°, 5 pp. [BN. G. 3352 (7)].

577. — Observations sur la carte réduite des mers du Nord, dressée au Dépôt des cartes et plans de la Marine, pour le service des vaisseaux du Roy..., 1751. Paris, Bellin, s.d. (1751), in-4°, 8 pp. [BN. G. 3352 (10)].

578. — Remarques sur les cartes du Neptune français, dont les planches ont été remises au Dépôt des plans de la Marine en 1751. S.l.n.d., in-4°, 15 pp. [BN. G. 3352 (26)].

579. — Observations sur la carte réduite des costes d'Espagne et de Portugal, depuis le cap Pinas jusqu'au détroit de Gibraltar, dressée au Dépôt des cartes et plans de la Marine, pour le service des vaisseaux du Roy..., 1751. Paris, Bellin, s.d. in-4°, 8 pp. [BN. G. 3352 (18)].

580. — Remarques sur la carte réduite des isles Philippines qui a été dressée au Dépôt des cartes et plans de la marine, pour le service des vaisseaux du Roy..., 1752. Paris, Bellin, 1752, in-4°, 7 pp. [BN. G. 3352 (13)].

581. — Remarques sur la carte réduite en deux feuilles, des côtes occidentales d'Afrique depuis le détroit de Gibraltar jusqu'à la rivière de Sierra Leone, dressée au Dépôt des cartes, plans et journaux de la marine, pour le service des vaisseaux du Roy... en 1753. Paris, Bellin, 1753, in-4°, 18 pp. [BN. G. 3352 (18)].

582. — Observations sur la carte réduite de l'Océan méridional pour servir aux vaisseaux du Roy, dressée au Dépôt des cartes et plans de la Marine..., 1753. S.l.n.d., in-4°, 15 pp. [BN. G. 3352 (17)].

583. — Remarques sur la carte, en deux feuilles, des côtes occidentales d'Afrique, depuis l'Equateur jusqu'au cap de Bonne-Espérance, dressée au Dépôt des cartes et plans de la marine pour le service des vaisseaux du Roy..., 1754. S.l. (Paris), Didot, 1755, in-4°, 7 pp. [BN. G. 3352 (20)].

(1) Édition des 4 Seigneurs, Grenoble – 1976. Un supplément a été publié. Ed. Delbane – Grenoble – 1983.

584. — Remarques sur la carte réduite des isles Açores, dressée au Dépôt des cartes, plans et journaux de la marine, pour le service des vaisseaux du Roy..., 1754. Paris, Didot, 1755, in-4°, 10 pp. [BN. G. 3352 (15)].

585. — Remarques sur la carte réduite des parties connues du globe terrestre, dressée au Dépôt des cartes, plans et journaux de la marine, pour le service des vaisseaux du Roy..., 1755. S.l. (Paris), Didot, 1755, in-4°, 16 pp. [BN. G. 3352 (2)].

586. — Remarques sur la carte de l'Amérique septentrionale, comprise entre le 28° et le 72° degré de latitude, avec une description géographique de ces parties. Paris, Didot, 1755, in-4°, 131 pp.

587. — Remarques sur les isles Jersey, Gernesey (sic) et Aurigny. Paris, Didot, 1756, in-4°, 23 pp.

588. — Remarques sur le détroit de Belle-Isle, et les côtes septentrionales de la Nouvelle-France, depuis la rivière St-Jean, jusqu'au cap Charles: tirées des journaux de navigation qui sont au dépôt des cartes de la Marine. Paris, Didot, 1758, in-4°, 16 pp. et cartes. [BN. G. 3352 (23)].

589. — Description géographique des isles Antilles possédées par les Anglois. Sçavoir la Jamaïque, la Barbade, Antigue, Montserrat, S. Christophe, Nieves, l'Anguille, et les Vierges, Isles Lucayes et Bermudes. Paris, Didot, 1758, in-4°, XII-171 pp., deux titres, dont un gravé et 13 cartes h. t.

590. — Remarques sur la carte du golfe Saint-Laurent, isle de Terre-Neuve, et partie de la côte de Labrador, en deux feuilles, dressée au Dépôt des cartes et plans de la marine, pour le service des vaisseaux du Roy..., 1753 et 1764. Paris, Didot, s.d., in-4°, 11 pp. [BN. G. 3352 (22)].

591. — Description géographique des débouquemens qui sont au Nord de l'Isle de Saint-Domingue. Paris, Didot, 1768, in-4°, 3 ff. n. ch., 152 pp., deux titres, dont un gravé, 34 cartes h. t.

592. — Description géographique du golfe de Venise et de la Morée. Avec des remarques pour la navigation et des cartes et plans des côtes, villes, ports et mouillages. Paris, Didot, 1771, in-4°, XII-235 pp. et 49 planches h. t., dont certaines en dépliant. SHM 12.A.11.

593. — Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné... publié par Diderot et d'Alembert, 1751-1772. La Marine, in-folio comportant: 12 pp. d'explication des planches, 37 planches sous les nos 1 à 25, qui par les planches doubles, triples ou quadruples, équivalent à 52; ensuite un feuillet d'explication des planches d'évolutions navales et 7 planches; ensuite 11 pp. d'explication de forge des ancres, une table des proportions de trente ancres de différents poids et 13 planches. Dans l'Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné, publ. par Diderot et d'Alembert, tome I^{er}, 1751, page XLII, on lit: « La Marine est de M. Bellin, censeur royal et Ingénieur ordinaire de la Marine, aux travaux duquel sont dues plusieurs cartes que les Savans et les Navigateurs ont reçues avec empressement. On verra par nos planches de Marine que cette partie lui est bien connue ».

594. — Hydrographie française, recueil des cartes marines générales et particulières dressées au dépôt des cartes, plans et journaux, par ordre des ministres de la Marine depuis 1737 jusques en 1772. (Versailles, 1773). 2 vol. in-

folio max. Cet atlas se compose d'un frontispice, deux titres gravés, une planche de pavillons, 2 cartes des parties connues du globe terrestre et des variations de l'aiguille aimantée, répétées en tête de chaque tome, 95 cartes, la plupart doubles, plus 6 cartes numérotées 7 bis, 20 bis, 32 bis, 50 bis, 56 bis, 75 bis, d'un feuillet de table et d'un feuillet impr., répétés en tête de chaque tome, et de 7 ff. imprimés.

Un supplément est paru à Paris, 1823-1824; il comporte 44 ff.

Voir dans Brunet, Manuel du libraire, le classement de l'Hydrographie française en 14 atlas.

595. — Le Petit Atlas maritime. Recueil de cartes et plans des quatre parties du monde, en cinq volumes. S.l. (Paris), 1764, 5 vol. in-4°. Contient en tout 575 cartes et plans. Vol. I: Amérique septentrionale et îles Antilles, 102 cartes et plans. - Vol. II: Amérique méridionale, Mexique, Brésil, Pérou, Chili, etc., 89 cartes. - Vol. III: Asie et Afrique, 124 cartes. - Vol. IV: Europe, 128 cartes. - Vol. V: France, 132 cartes.

596. — Observations sur la carte générale des costes de Guinée depuis la rivière de Sierra Leone jusqu'au cap de Lopes-Gonsalvo et la carte particulière de la Côte d'Or depuis la rivière d'Ancobar jusqu'à la rivière de Volta, dressée au Dépôt des cartes et plans de la marine, pour le service des vaisseaux du Roy... S.l.n.d., in-4°, 8 pp. [BN. G. 3352 (19)].

597. — Remarques sur la carte de la presqu'île de l'Inde, contenant les côtes de Malabar, Coromandel, etc., depuis le golphe de Cambayc jusqu'aux bouches du Gange, dressée au Dépôt des cartes, plans et journaux de la Marine, pour le service des vaisseaux du Roy..., 1766. Paris, Didot, 1766, in-4°, 16 pp. [BN. G. 3352 (12)].

598. — Observations sur la construction de la carte de l'Archipel, dressée au Dépôt des plans et journaux de la marine, pour servir aux vaisseaux du Roy... S.l.n.d., in-4°, 8 pp. [BN. G. 3352 (10)].

599. — Remarques sur la carte réduite de l'Océan septentrional compris entre l'Asie et l'Amérique suivant les découvertes qui ont été faites par les Russes, dressée au Dépôt des cartes et plans de la marine pour le service des vaisseaux du Roy..., 1766. Paris, Bellin, s.d., in-4°, 8 pp. [BN. G. 3352 (14)].

600. — Remarques sur la carte réduite de l'Islande et des mers qui en sont voisines, pour servir à la pêche de la baleine, dressée au Dépôt des cartes, plans et journaux de la marine..., 1767. Paris, Bellin, s.d., in-4°, 8 pp. [BN. G. 3352 (3)].

601. — Remarques sur son Neptune et son Hydrographie. Versailles, Imprimerie du dép. de la marine, 1773, in-folio (Cat. Bibl. marine et colonies, n° 1886).

602. — Le Neptune françois ou Recueil des cartes marines levées et gravées par ordre du roi. Nouvelle édition donnée avec un Mémoire sur les cartes, par M. Bellin. Paris, au dépôt général de la marine, 1753, in-folio. Ce recueil comporte 30 cartes des côtes de France et d'Europe, sur double page. C'est un nouveau tirage du Neptune françois, publié par l'Imprimerie royale en 1693. Il comprend une 30^e carte, ainsi que des remarques et un examen critique de Bellin.

603. BELPAIRE (Antoine).

Mémoire sur les changements que la côte d'Anvers à Boulogne a subis, depuis la conquête de César jusqu'à

ÉTUDE DE LA DOCTRINE D'EMPLOI DU SONAR D'EXPLORATION HYDROGRAPHIQUE MARINE (SEHM)

par

M. J.M. CHIMOT, Ingénieur Principal de l'Armement (hydrographe)
Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

RÉSUMÉ

La Mission Hydrographique de Recherche a été chargée en 1988 et 1989 d'étudier la doctrine d'emploi du Sonar d'Exploration Hydrographique Marine (SEHM). Après une description du système (comprenant le sonar et un système de visualisation de carte marine), le rapport présente les résultats de l'évaluation qui confirment l'intérêt du sonar pour :

- les recherches d'épave ou d'obstruction sur information plus ou moins douteuse de position;
- la classification et le recueil d'éléments utiles pour une identification ultérieure de l'épave ou de l'obstruction;
- les recherches sur anomalie magnétique de faible amplitude et de faible extension et sur écho significatif détecté au sondeur latéral;
- la cotation de petits objets (hauteur inférieure à 5 % de la profondeur), la décision d'entamer ou non une étude au sondeur vertical et la définition de la zone de cette dernière;
- la description des lignes de crête des ridins, à l'occasion des levés périodiques de contrôle.

Par contre, son emploi en levé régulier ne peut être envisagé que pour des zones restreintes, importantes du point de vue de la sécurité de la navigation et en complément du sondeur latéral et du magnétomètre.

Enfin sont décrites quelques précautions à prendre pour son emploi simultané avec d'autres capteurs : sondeur vertical, magnétomètre et radiolocalisateurs.

ABSTRACT

In 1988 and 1989 the MHR (Mission Hydrographique de Recherche) was in charge of studying the doctrine of use for the hydrographic sonar SEHM (Sonar d'Exploration Hydrographique Marine). After a description of the system (which includes the sonar and a dedicated ECDIS) the report presents the results of the evaluation which confirm the usefulness of the sonar for:

- the searches for wrecks or obstructions on dubious position information;
- collecting and classifying useful elements for a later identification of the wreck or the obstruction;
- the searches on magnetic anomalies of low amplitude and narrow extension and on significant echoes of a side scan sonar;
- the determination of the size of small objects (of height lesser than 5 % of the depth), the decision of undertaking or not an echo sounder research survey and the determination of the limits of the area to survey;
- the description of the sandwaves' crest lines during occasional control surveys.

On the contrary, the SEHM can only be used in hydrographic surveys in limited areas that are important from the point of view of the safety of navigation, and in addition to the use of the side scan sonar and the magnetometer.

This report then describes a few precautions to take to use the SEHM simultaneously with some other instruments: echo sounders, magnetometers and radio positioning systems.

PREMIÈRE PARTIE PRÉSENTATION GÉNÉRALE

I. GÉNÉRALITÉS

La Mission Hydrographique de Recherche a été chargée en 1988 et 1989 d'étudier la doctrine d'emploi du Sonar d'Exploration Hydrographique Marine (SEHM). Ce sonar qui équipe le BH2 *Lapérouse*, est

un sonar de coque, DUBM 21 C de Thomson-Sintra ASM. Conçu à partir d'un sonar de chasse aux mines, il incorpore des options spécifiques nécessaires à l'exploration hydrographique.

L'étude a porté sur l'emploi du SEHM en levé régulier, en recherche d'épave sur information de position, en classification et en mesure de dimension d'obstruction.

1.1. Le sonar

1.1.1. Spécifications générales

Cet équipement est destiné à l'exploration des fonds compris entre 10 et 60 mètres de profondeur; il permet la détection, l'investigation et la classification par analyse de la forme de l'ombre acoustique, des objets ayant un maître-couple au moins égal à 1 m².

Dans sa fonction exploration, ce sonar doit pouvoir être mis en œuvre normalement par mer force inférieure ou égale à 3 et pour des vitesses du bâtiment inférieures ou égales à 8 nœuds.

En investigation et classification, les vitesses du bâtiment doivent être inférieures ou égales à 6 nœuds.

On admet un fonctionnement du système avec des performances dégradées pour une mer de force

4 ou une profondeur comprise entre 60 et 100 mètres.

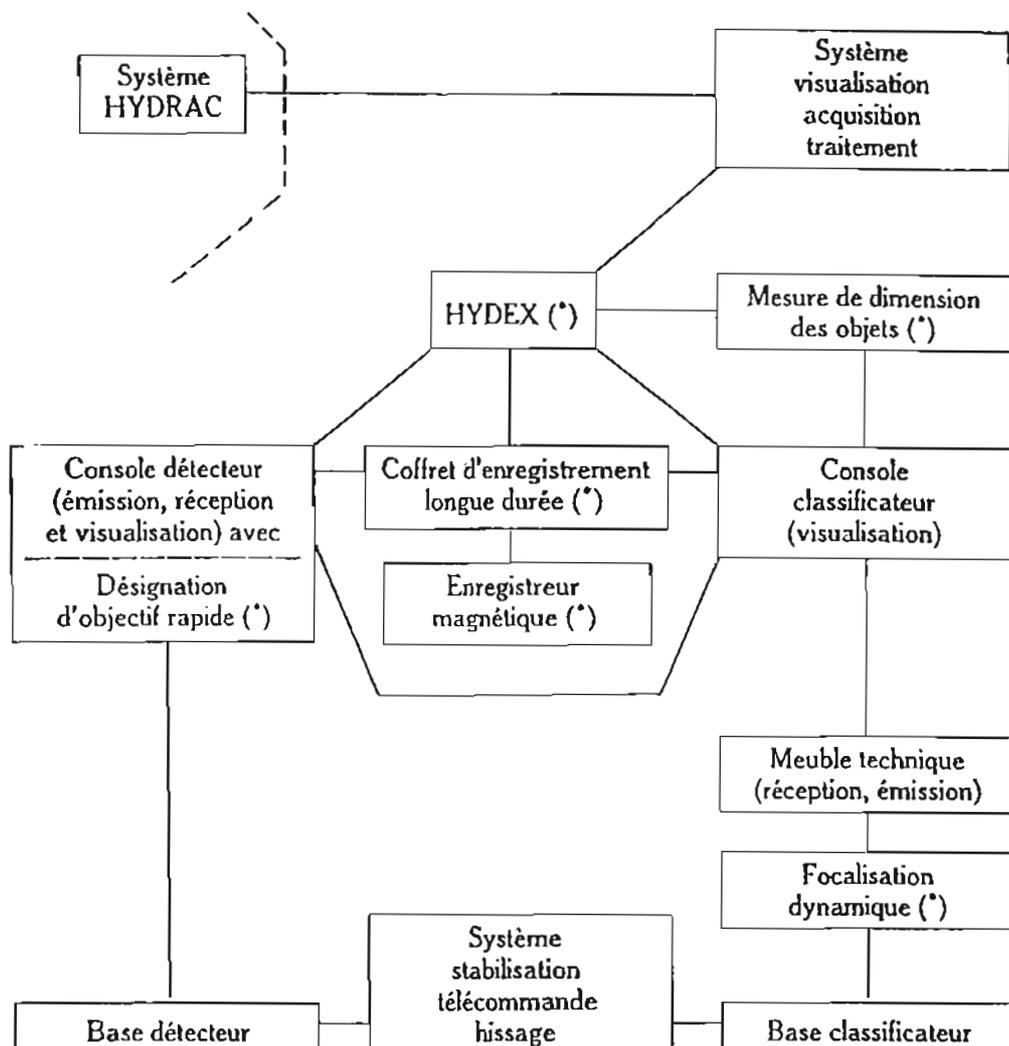
Il est équipé de dispositifs permettant l'exploitation en temps réel, la mesure sur écran des dimensions des dangers détectés et l'enregistrement des données nécessaires à une exploitation en temps différé.

Les principales caractéristiques des sonars sont rappelées en annexe, ainsi que les performances prévues dans les spécifications techniques et observées lors des essais officiels.

1.1.2. Description

Un schéma synoptique (fig. 1) présente l'équipement qui se compose :

— d'un sous-ensemble de stabilisation-télécommande et hissage des bases du sonar détecteur et du sonar classificateur. Il est monté dans un puits situé au tiers avant du bâtiment (point giratoire) et



(*) Option spécifique au DUBM 21 C.

FIG. 1. Schéma synoptique du Sonar d'Exploration Hydrographique Marine.

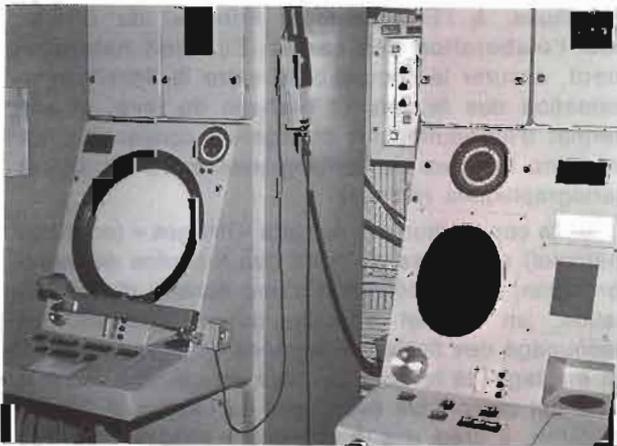
est complété par un système d'obturation de ce puits;

— d'un sous-ensemble de détection, constitué par un sonar actif à balayage manuel ou automatique (secteur couvert de 30° sur une portée affichée de 400, 600 ou 900 m et pouvant être orienté indépendamment en gisement $\pm 175^\circ$ et en site $- 5$ à 40°) et fonctionnant à 100 kHz. Ce sonar comprend, en particulier, une console de visualisation et un dispositif de pointage rapide qui permet à l'opérateur de désigner des échos pour une analyse au classificateur ou pour un archivage des informations correspondantes (azimut-distance);

— d'un sous-ensemble de classification, constitué par un sonar actif à balayage manuel (secteur couvert de 10° sur une portée affichée de 200 ou 300 m et pouvant être orienté indépendamment en gisement entre $\pm 175^\circ$ et en site de $- 5$ à 40°) et fonctionnant à 420 kHz. Ce sonar comprend, en particulier, un coffret réalisant une focalisation dynamique entre 50 et 300 m, une console de visualisation permettant à l'opérateur de classifier l'écho par analyse de l'ombre, au besoin avec utilisation d'une loupe (10° par 25 m), de procéder à des mesures de dimensions horizontales et verticales des objets et de transmettre les informations correspondantes pour archivage;

— d'un dispositif d'enregistrement du signal vidéo des images visualisées sur les consoles du détecteur et du classificateur;

— d'un coffret interface (HYDEX) par lequel transitent toutes les informations sous forme numérique, issues du sonar ou nécessaires à son emploi.



Les consoles du détecteur (à gauche) et du classificateur (à droite).

I.2. Le système de Visualisation- Acquisition- Traitement (VAT)

Le système VAT est, selon la terminologie consacrée actuellement, l'esquisse d'un Système Electro-

nique de Visualisation d'une Carte Marine (SEVCM). Il est adapté à la conduite d'un levé au sonar et réalise les fonctions suivantes :

1) Acquisition et archivage sur support informatique de toutes les informations provenant :

— du système Hydrac d'acquisition de données hydrographiques numériques :

- les heure – position et cap du bâtiment – profondeur – marée prédite, à tout instant, de manière à dater et positionner les échos pointés au sonar;

- les caractéristiques des routes à suivre (numéro de profil, coordonnées des début et fin) et du suivi réel de ces routes (heures de début et fin, écart latéral);

— et du sonar :

- les états du classificateur et du détecteur, c'est-à-dire les valeurs de leurs paramètres d'utilisation (portée, durée d'émission, orientation des bases) de manière à pouvoir contrôler, a posteriori, que l'insonification de la zone du levé a été totale;

- l'azimut et la distance des échos pointés au détecteur ou au classificateur;

- les résultats des mesures de dimension d'objet. A cet effet, le système VAT retransmet en permanence au sonar, par l'intermédiaire du coffret Hydex, la profondeur sous les bases.

2) Présentation sur écran graphique couleurs d'une synthèse de la situation, comportant, en superposition sur un fond de carte marine :

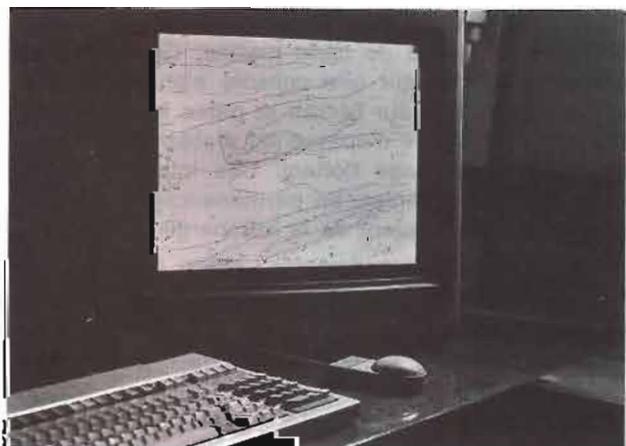
- les routes à suivre,

- la position actuelle du bâtiment, ainsi que la route effectivement suivie,

- les secteurs en cours d'insonification par les sonars,

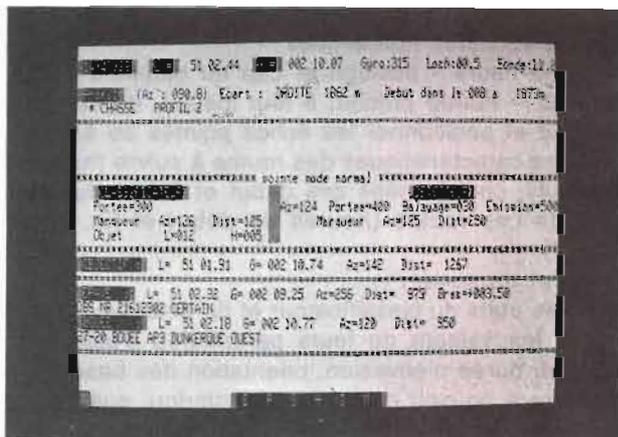
- tous les échos pointés, jusque là.

Par ailleurs, le fond de carte marine est régénéré automatiquement au fur et à mesure des déplacements du bâtiment.



Présentation sur écran graphique couleur d'une synthèse de la situation, adaptée à la conduite du levé.

Cette présentation est complétée par l'affichage, sur une console alphanumérique, de toutes les informations de navigation et d'emploi des sonars.



Affichage sur console alphanumérique des informations de navigation, d'emploi des sonars ou résultant de l'interrogation de la base de données.

3) Introduction, pour archivage, de commentaires sur le déroulement des opérations (écart pour éviter une bouée, par exemple, ou radiolocalisation perturbée...) ou des renseignements sur la nature des échos pointés et du fond. Outre la possibilité d'introduire un commentaire libre, une série de qualificatifs figés est proposée au secrétaire (petite ou grosse obstruction, métallique ou rocheuse..., écho douteux...). Il peut aussi, sur indication des opérateurs au sonar, chaîner les échos pointés de manière à délimiter des zones ou à relever le plan de structures linéaires (lignes de crête, contours d'une épave...).

4) Impression des informations acquises et des commentaires sur une imprimante rapide, de manière à constituer un journal de quart, et report de la route et des échos pointés sur un traceur à plat.

5) Interrogation des fichiers utilisés, en partie, pour créer le fond de carte marine. Cette fonction permet d'obtenir, sur une console alphanumérique, après désignation sur l'écran et grâce à une souris, les caractéristiques d'épaves ou d'obstructions, d'amers ou du balisage flottant. Ces informations, si elles étaient présentes en permanence sur l'image visualisée, risqueraient de la surcharger.

6) Conduite des opérations : grâce à cette fonction, le secrétaire peut définir, en utilisant la souris ou le clavier,

— pour le classificateur ou le détecteur, indépendamment :

- un axe de veille (généralement la direction de la route à suivre) :
- une zone particulière à examiner plus précisément (une obstruction, par exemple).

— pour la passerelle :

- un point à rejoindre ou à tenir (point privilégié d'examen d'une épave...);
- une route à suivre sur les indications des opérateurs sonar (retransmission des éléments de position des échos pointés).

Les éléments relatifs à ces « objectifs » sont entretenus automatiquement en fonction des déplacements du bâtiment et affichés sur les consoles sonar ou sur l'Indicateur de Désignation d'Objectif à la passerelle.

1.3. La Carte Électronique

La constitution et la tenue à jour de la Carte Électronique, ensemble de fichiers contenant les caractéristiques des objets cartographiques à représenter par le VAT, sont articulées en quatre phases :

— la préparation qui consiste à définir, en fonction de la zone, de l'échelle et des particularités du levé à exécuter, la coupure et les éléments pertinents à faire figurer ou pour lesquels il est nécessaire de posséder des renseignements. La liste des éléments retenus comprend généralement : le trait de côte, les amers, les secteurs de feux, les alignements, les isobathes, des sondes, les épaves et obstructions, les câbles sous-marins, le balisage, les zones de restriction...

— la constitution des fichiers de « données » (en mode vecteur) : cette opération est réalisée, thème par thème, par numérisation, saisie manuelle ou extraction automatique à partir des fichiers déjà constitués, à l'Établissement Principal du SHOM, pour l'élaboration des cartes. Elle doit naturellement, assurer la compatibilité entre la densité d'information des fichiers et l'échelle du levé, et elle permet d'introduire, par codage ou convention, les relations logiques ou topologiques entre les objets cartographiques retenus;

— la constitution des fichiers « images » (en mode matriciel) et la mise au point des formules de transformation. Après définition d'une échelle de visualisation, un logiciel effectue automatiquement un découpage des fichiers « données » correspondant à un maillage de la zone du levé en cellules, dont la taille est compatible avec celle de l'écran. A l'étape suivante, il crée une à une les « images » de ces cellules avec coloration des zones (terre, estran, zones comprises entre deux isobathes) et report des symboles. Il les archive, ensuite, sur support informatique.

Ce sont ces « images » qui vont permettre en temps réel de régénérer le fond de carte automatiquement au fur et à mesure des déplacements du bâtiment et les fichiers « données » découpés, quant à eux, permettront un accès rapide aux informations destinées à l'affichage sur interrogation.

Cette solution, de constituer les images avant les opérations à la mer plutôt qu'en temps réel, a été imposée par les performances de l'équipement informatique retenu en 1985. Cependant, compte tenu de l'extension géographique d'un levé au sonar et de la durée des travaux, elle est justifiée et elle apporte

un certain confort, lors de l'exécution du levé, puisque la régénération du fond de carte est quasiment instantanée;

— la vérification qui est réalisée à partir des listages et de tracés, ainsi que par visualisation des images créées.

ANNEXE AU CHAPITRE I

1. Principales caractéristiques des sonars du SEHM

	Sonar détecteur	Sonar classificateur
Fréquence	100 kHz \pm 10 kHz (modulation linéaire)	420 kHz \pm 15 kHz (modulation linéaire)
Niveau sonore	120 dB pour la puissance max. (2 kW) 110 dB pour la puissance moyenne	122 dB pour la puissance max. (4,5 kW)
Bruit électronique	- 52 dB	
Durée d'impulsion (impulsion rectangulaire)	0,2 ou 0,5 ms au choix	0,2 ou 0,5 ms associées aux échelles 200 et 300 m
Échelles et périodes de récurrence	50 à 400 m, T = 0,533 s à 2 % près 50 à 600 m, T = 0,8 s à 2 % près 50 à 900 m, T = 1,2 s à 2 % près	50 à 200 m, T = 0,266 s \pm 0,00133 s 50 à 300 m, T = 0,4 s \pm 0,00133 s
Secteur couvert en gisement	de - 15° à + 15° en secteur fixe de - 60° à + 60° en balayage mécanique de - 105° à + 105° en balayage mécanique de - 175° à + 175° en balayage manuel	de - 5° à + 5° en secteur fixe de - 175° à 175° en balayage manuel
Vitesse de balayage automatique	8 °/s	
Orientation en site	de - 5° à 40°	de - 5° à 40°
Émission	1 transducteur	1 transducteur avec possibilité d'émettre en lobe large (10°) ou lobe étroit (3°)
Réception	32 colonnes de 6 transducteurs	100 colonnes de 6 céramiques élémentaires
Voies préformées	20	80
Directivité en gisement	2 θ_3 : 1,5 \pm 0,1° 2 θ_{10} : 2,5 \pm 0,5°	\leq 0,17° \leq 0,30°
Pas entre les voies	1,5 \pm 0,1°	0,125 \pm 0,05°
Directivité en site	2 θ_3 : 11 \pm 1°	11 \pm 1°
Niveau des secondaires	\leq - 18 dB	\leq - 21 dB
Stabilisation en roulis tangage	\pm 15° \pm 5°	\pm 15° \pm 5°

2. Spécifications techniques

2.1. L'équipement conserve toutes ses performances pour :

- une profondeur des fonds à explorer comprise entre 10 et 60 m;
- sur un fond stable, plat et uni avec rides profondes de moins de 15 cm;
- une mer force ≤ 3 ;
- de bonnes conditions de bathycélérimétrie;
- une vitesse maximale de 8 nœuds pour le détecteur et de 6 nœuds pour le classificateur.

Les performances sont dégradées par mer force 4 ou une hauteur d'eau de 60 à 100 m.

2.2. Performances

L'équipement permet la détection et la classification des objets ayant un maître couple au moins égal à 1 m².

Le détecteur permet la détection à 500 m d'un objet dont l'index de réflexion est de -20 dB sur un fond dont le coefficient de réverbération est de -30 dB.

Le classificateur permet la classification sur ombre :

- d'un objet cylindrique (longueur 2 m, diamètre 0,5 m) vu par le travers à 250 m;
- d'un objet sphérique (diamètre 1 m), lorsque ces cibles sont posées sur un fond dont le coefficient de réverbération est de -20 dB.

3. Performances observées lors des essais officiels

3.1. Conditions des essais

- date : 25 novembre 1987
- type de fond assez stable et assez uni, accidents de terrain (trous, bosses, rides) inférieurs à 20 cm;
- profondeur : 30 m;
- vitesse du vent : 20 nœuds;
- état de la mer : 2;
- vitesse du bâtiment : 4 nœuds;
- cibles cylindriques (longueur 2 m, diamètre 0,6 m).

3.2. Résultats (opérateurs alertés)

- Détecteur (durée d'émission 0,5 ms, puissance maximale)
 - distance moyenne de détection : 606 m (minimum 530 m, maximum 700 m);
 - pouvoir séparateur sur 2 cibles distantes de 15 m (échelle 600 m) : cibles distinguées à 370 m, en moyenne, perpendiculairement à l'axe acoustique, et à 490 m, parallèlement.
- Classificateur (durée d'émission 0,5 ms, échelle 300 m)
 - distance moyenne de détection 280 m (minimum 255 m, maximum 300 m);
 - pouvoir séparateur sur 2 cibles distantes de 1 m : cibles distinguées à 210 m, en moyenne, perpendiculairement à l'axe acoustique, et à 220 m, parallèlement;
 - mesure de dimensions d'objet à 200 m : longueur 2,2 m (au lieu de 2 m), hauteur 0,5 m (au lieu de 0,6 m).

DEUXIÈME PARTIE

EMPLOI EN LEVÉ RÉGULIER

II. APPLICATION DE LA THÉORIE DU SONAR AU DÉTECTEUR

II.1. Le contraste

II.1.1. La formule du contraste

La détection par écho d'un objet posé sur le fond est possible si l'intensité sonore renvoyée par le corps et captée par l'antenne de réception est supérieure à la réverbération du fond.

Le niveau sonore reçu correspondant à ce corps est :

$$L_x = S - 2 H(r) + T_x$$

où

S est le niveau sonore d'émission,

r est la distance de l'objet à détecter,

H(r) représente la perte de propagation : $H(r) = 20 \log r + a_0 r$ où le premier terme exprime l'affaiblissement de l'intensité sonore par divergence géométrique de l'onde et le second la perte par atténuation (voir § 1 de l'annexe 1),

T_x l'index de réflexion du corps à détecter (voir § 2 de l'annexe 1).

Le niveau sonore réverbéré est :

$$L_R = S - 2 H(r) + R_F + 10 \log A$$

où

R_F est l'index de réverbération de fond (voir § 3 de l'annexe 1)

A l'aire réverbérante :

$$A = 2 \theta_3 \cdot r \cdot c \cdot t/2$$

On définit le contraste C par :

$$C = L_X - L_R = -10 \log r + T_X - R_F - 10 \log \theta_3 - 10 \log \tau$$

Le contraste est donc indépendant du niveau sonore mais dépend de la cible, de la distance d'observation et de la nature du fond. Cette valeur du contraste n'a évidemment de sens que si les deux niveaux sonores précédents sont supérieurs à celui du bruit.

II.1.2. Évaluation du contraste nécessaire à une détection

Pour qu'un opérateur au détecteur puisse prendre la décision de classer l'écho visualisé comme contact, il est nécessaire que le contraste soit supérieur à un seuil de détection (SD).

Une méthode pour évaluer ce seuil consiste à appliquer l'équation du contraste aux performances de l'équipement énoncées par le constructeur (§ 2.2 de l'annexe au chapitre I – avec $2 \theta_3 = 1,5^\circ$ $\tau = 0,2$ ms). On trouve ainsi :

$$C = 7 \text{ dB} \geq \text{SD}$$

II.1.3. Application

Les caractéristiques du détecteur à prendre en compte pour l'application de la formule du contraste sont donc :

- la directivité en gisement : $2 \theta_3 = 1,5^\circ$;
- la longueur de l'impulsion : au choix 0,2 ou 0,5 ms.

Des simulations ont été réalisées à partir de l'ensemble des éléments précédemment rappelés.

Sans attacher trop de signification, dans l'absolu, aux résultats quantitatifs ainsi obtenus, on peut cependant préciser que la détection d'un corps est d'autant plus aisée que la valeur du contraste est plus grande et donc :

- que les fonds sont plus réguliers,
- que l'angle de rasance est plus faible pour les fonds constitués de sable, de gravier ou de roche (la valeur du contraste est approximativement constante pour les fonds de vase),
- que la durée d'impulsion est plus courte,
- et évidemment, que l'index de réflexion du corps est plus important.

Ces résultats montrent en outre un bilan très positif du point de vue de l'acoustique. Ils permettent en revanche de mieux comprendre la richesse et la diversité de l'information présentée sur le scope du détecteur et montrent l'utilité du classificateur qui facilite le tri des échos détectés.

II.2. La portée

II.2.1. Estimation de la portée en présence de bruit

Reprenons le niveau sonore correspondant au corps à détecter et reçu par l'antenne de réception :

$$L_x = S - 2 H(r) + T_x$$

Si B est le niveau de bruit, reçu par l'antenne, dans la bande passante du récepteur et dans la direction explorée, il faut que le contraste soit supérieur au seuil de détection :

$$C = L_x - B \geq \text{SD}$$

Le bruit est engendré par la mer et l'environnement, par le sonar (bruit électronique) et par le bâtiment porteur. La portée sera obtenue par résolution de l'équation suivante :

$$2 H(r) = S + T_x - B - \text{SD}$$

II.2.2. Application au sonar détecteur

Les caractéristiques du sonar qui doivent être prises en compte pour la détermination de la portée sont :

- le niveau sonore d'émission : $S = 120$ dB (référence 1μ bar);
- le bruit électronique : -52 dB (donnée constructeur).

Supposons que le bruit ambiant de la mer soit faible (conditions de mer idéales, pas de trafic à proximité du sonar et côtes éloignées), il faut, pour résoudre l'équation de la portée, comparer le bruit du bâtiment au bruit électronique du sonar. Les courbes de l'annexe 2, établies à partir des comptes rendus des essais officiels du BH2 *Lapérouse*, représentent le bruit du bâtiment, à différentes allures et en fonction du gisement, mesuré grâce au sonar lui-même et ramené par l'intermédiaire des courbes d'étalonnage des préamplificateurs au niveau de réception de l'antenne.

Ces courbes permettent, par résolution directe ou en utilisant, par exemple, l'abaque de la figure 4, de déterminer la portée en fonction du gisement. La figure 5 illustre ce calcul pour une cible d'index de réflexion de -11 dB (sphère parfaite de maître-couple 1 m^2) et pour différentes allures du *Lapérouse*.

On a ainsi la confirmation que la vitesse de 4 nœuds est la plus silencieuse et que les résultats sont alors comparables, entre les gisements 270° et 100° , à ceux obtenus bâtiment stoppé.

A la vitesse de 6 nœuds, cet intervalle se réduit, sensiblement, de 290° à 20° , on peut noter la présence d'un bruit gênant à tribord et surtout une dégradation rapide des performances pour les gisements supérieurs à 80° ou inférieurs à 290° . En analysant la figure 6, qui présente les courbes iso-

contrastes de cibles diverses, on s'aperçoit qu'une cible d'index de réflexion de -10 dB et une épave, objets très différents, ressortent du bruit avec le même contraste et pour la même distance, si elles sont observées, à une vitesse de 6 nœuds, avec des gisements respectivement égaux à 280 et 240° . Cette zone de dégradation rapide des performances sera donc particulièrement déconcertante pour l'opérateur et on sera donc amené à limiter le secteur balayé automatiquement à $\pm 60^\circ$ à cette vitesse, alors que, à 4 nœuds, l'amplitude $\pm 105^\circ$ pourra être employée (fig. 7).

Ces différentes courbes ont été calculées avec un coefficient d'absorption de 40 dB/km, avec une valeur de 35 dB/km, la portée de détection d'une épave, pour une vitesse de 4 nœuds, passe de 700 à 770 m.

Les courbes sont, par ailleurs, cohérentes avec les résultats obtenus lors des essais officiels du *La-pérouse*, puisque la cible utilisée a été détectée à 700 m par le travers, alors que la théorie donne une distance de 740 m pour une cible de taille équivalente mais de forme parfaite.

Cependant il faut signaler que ces résultats ont été obtenus dans de bonnes conditions. Le détecteur peut en effet être fortement limité en portée, avec des profils de célérité à gradient négatif. On cite ainsi des cas de portée réduite à 250 ou 300 m.

III. POUVOIR SÉPARATEUR – LA VISUALISATION

III.1. Le volume de confusion

La base du sonar est composée de 32 colonnes de transducteurs qui servent à former les 20 voies de la chaîne de réception. Chacune d'elles a une ouverture à 3 dB en gisement (2θ) égale à $1,5^\circ$ et en site (2α) de 11° . Ces voies sont focalisées à l'infini.

Le sonar ne permet donc pas de distinguer deux objets se trouvant dans le volume de confusion d'ouvertures angulaires, 2α et 2θ , et de longueur $c\tau/2$ (soit 0,15 m et 0,375 m pour les longueurs d'impulsion de 0,2 et 0,5 ms offertes).

III.2. L'échantillonnage du signal et la visualisation

L'échantillonnage a pour but la présentation sur un écran cathodique de l'ensemble de l'information de toutes les voies. Le signal reçu est échantillonné

successivement pour chacune des voies, toutes les $66 \mu\text{s}$ et sur une durée de $2,2 \mu\text{s}$ (ce qui permet d'avoir au minimum trois échantillons sur la durée de l'impulsion). Cette cadence est synchronisée avec le balayage ($22 \mu\text{s}$ sont nécessaires au retour du spot).

La visualisation des signaux est assurée sur la console détecteur qui comprend un tube cathodique à écran circulaire, légèrement rémanent. Deux modes de visualisation sont possibles :

— le mode centré : l'image est un secteur de 30° asservi en azimut à la base et balayé par arcs successifs;

— le mode excentré : l'image représente le même secteur, dilaté de manière à occuper une plus grande surface sur le tube. Ce dernier mode n'est évidemment utilisable que lorsque la base est orientée dans une direction constante, ce qui n'est généralement pas le cas.

Le tube a une diamètre utile de 36 cm et une définition de 1 024 lignes réparties sur un rayon. Une intégration des échantillons est donc introduite par la définition de l'écran, et chaque ligne correspond à 8, 12 ou 18 échantillons, pour les échelles respectivement égales à 400, 600 ou 900 m. Ces échantillons sont pris sur une distance égale au millième de l'échelle qui correspond donc à la distance théorique de confusion pour un opérateur, soit 0,2 mm sur l'écran.

Par ailleurs, le tube ne permet qu'une dynamique de 26 dB en visualisation; il viendra donc diminuer de façon appréciable les performances du sonar.

III.3. Le pouvoir séparateur

Un opérateur doit pouvoir distinguer, sur un fond plat et très peu encombré, deux cibles situées, perpendiculairement à l'axe acoustique, à une distance angulaire supérieure ou égale à deux fois le pas entre les voies ($1,5^\circ$). Cette distance peut être légèrement diminuée, s'il prend la précaution d'assurer un balayage continu. Les performances observées lors des essais officiels (voir annexe au chapitre I) confirment ce résultat : deux cibles distantes de 15 m sont distinguées à 370 m.

Lorsque les cibles sont examinées dans la direction de l'axe acoustique, elles devraient pouvoir être distinguées, dans des conditions idéales, si leur distance est supérieure ou égale à deux fois la distance de confusion théorique pour un opérateur. Cependant, la qualité de l'écran, la rémanence du tube (créant une pollution de l'écran compte tenu du déplacement du bâtiment), les réglages de luminosité, de gain vidéo et de concentration ainsi que les réflexions parasites interviennent évidemment, diminuent le pouvoir séparateur et ont un « effet multiplicateur », difficilement chiffrable, sur le bruit

propre du bâtiment. Les performances observées lors des essais officiels ont montré que deux cibles distantes de 15 m étaient distinguées à partir de 490 m, distance supérieure donc à la distance de discrimination en gisement.

IV. EMPLOI DU SEHM EN LEVÉ RÉGULIER

Les règles de mise en œuvre du SEHM sont récapitulées, avec quelques justifications, en annexe.

Les essais relatifs à cet emploi ont été menés en Baie de Douarnenez qui offrait, d'une part, un site relativement protégé et peu fréquenté, permettant de diminuer au maximum les parasites de surface, de sillage ou de bruits provenant de bâtiments proches et qui, d'autre part, avait fait l'objet de levés de fonds par des chasseurs de mines.

Les éléments disponibles pour l'étude de l'emploi du sonar en levé régulier proviennent donc des sources suivantes :

- une couverture « chasseurs de mines », résultant de la compilation des résultats de plusieurs missions;

- une première couverture au sondeur latéral numérique EG & G 260, en échelle 0-150 m, sur profils espacés de 100 m;

- une seconde, en échelle 0-100 m, sur profils espacés de 100 m, intercalaires par rapport au précédent réseau;

- une première couverture « sonar-Lapérouse », avec utilisation conjointe du détecteur et du classificateur sur profils espacés de 100 m;

- une seconde, avec utilisation du détecteur seul, sur profils espacés de 100 m, intercalaires par rapport au précédent réseau ;

- une couverture sonar (détecteur et classificateur) effectuée par le CMT *Cassiopee* sur profils espacés de 250 m.

La terminologie utilisée dans ce rapport est la suivante : les éléments des couvertures du sondeur latéral sont appelés échos, ceux des sonars bien pointés (B.P.). La population de référence est constituée de la couverture « chasseurs de mines » et du

résultat d'un dépouillement classique des bandes de sondeur latéral.

De la comparaison des résultats obtenus, on peut tirer les conclusions suivantes :

- la mise en œuvre simultanée du détecteur et du classificateur, sur le *Lapérouse*, permet de réduire, de façon appréciable, la proportion de B.P. non confirmés par le sondeur latéral, sans cependant atteindre les performances de la *Cassiopee*. La différence observée est très probablement due au niveau du bruit propre du *Lapérouse* et à l'effet multiplicateur déjà signalé pour la visualisation (l'installation d'une propulsion auxiliaire devrait déjà réduire sensiblement le taux de fausse alarme). Par contre, les proportions, équivalentes, de B.P. trouvant un correspondant dans la population de référence montrent que l'expérience et l'entraînement des opérateurs sonar du *Lapérouse* ne peuvent être mises en cause;

- compte tenu de l'absence de moyens de traitement en temps différé d'un levé sonar, le sondeur latéral numérique (échelle 100 m) constitue un moyen sûr pour éliminer des Bien Pointés les petits échos ou les parasites. Les enregistrements réalisés avec cet appareil ne permettent cependant ni la détection des B.P. valables du sonar ni leur classification;

- les proportions relativement faibles d'éléments de la population de référence et, notamment, d'échos du sondeur latéral, détectés sont probablement dues, d'une part à l'exécution du levé sur un seul réseau de profils, avec recherche au sonar au voisinage de la direction de ces derniers et, d'autre part, à la richesse de l'information présentée sur les écrans et à la difficulté d'effectuer le tri en temps réel. Elles montrent les limites d'emploi du sonar en levé systématique.

Compte tenu de ces résultats, de la lourdeur des traitements d'épuration et surtout de la meilleure efficacité du sondeur latéral, le sonar du *Lapérouse* doit être consacré, en priorité, à la recherche d'obstructions sur information de position. En levé systématique, sur des fonds très peu encombrés et pour une zone limitée particulièrement critique sur le plan de la sécurité de la navigation, il peut, cependant, être utilisé en complément du sondeur latéral et du magnétomètre, compte tenu de la finesse des objets qu'il permet de détecter et de classifier. De manière à limiter le nombre de profils, la recherche au sonar doit alors être conduite en balayage automatique ou manuel avec l'amplitude la plus grande possible.

ANNEXE 1 AU CHAPITRE II

1. L'atténuation

La formule du coefficient d'absorption, a_0 , proposé par M. Schulkin et H.W. Marsh [2], a été établie d'après un modèle tenant compte de l'absorption pure, de la relaxation moléculaire du sulfate de magnésium et de l'acide borique et du pH.

Appliquée aux conditions régnant généralement en Manche (température comprise entre 8 et 16° – salinité comprise entre 34,0 et 35,5 ‰ – pH compris entre 7,8 et 8,5 – profondeur d'intervention comprise entre 10 et 80 m), elle fournit les plages suivantes de variation de a_0 :

- pour le détecteur : 35 dB/km < a_0 < 40 dB/km
- pour le classificateur : 115 dB/km < a_0 < 125 dB/km

2. L'index de réflexion

L'index de réflexion est défini à partir du rapport de l'intensité du son retourné par la cible, à une distance de 1 mètre de son centre acoustique, dans une direction quelconque, à l'intensité incidente provenant d'une source éloignée :

$$T_x = 10 \log \frac{I_r}{I_i}$$

Il peut être calculé, aisément, lorsque la cible est rigide et a une forme géométrique simple, parfaite, sans irrégularité :

— pour une sphère $T_x = 10 \log \frac{R^2}{4}$ où R est le rayon en mètre ($T_x = -11$ dB pour une sphère de 0,56 m de rayon et donc de maître couple 1 m²)

— pour un cylindre $T_x = 10 \log \frac{RL^2}{2\lambda}$ où L est la hauteur du cylindre et si la distance d'observation r est supérieure à $\frac{L^2}{2\lambda}$ (un cylindre de 0,25 m de rayon, de 2 m de longueur et donc de 1 m² de maître couple

a un index de réflexion de + 15 dB, pour une distance d'observation au détecteur supérieure à 270 m).

Pour un même maître couple, la forme de la cible a donc une importance considérable sur l'index de réflexion.

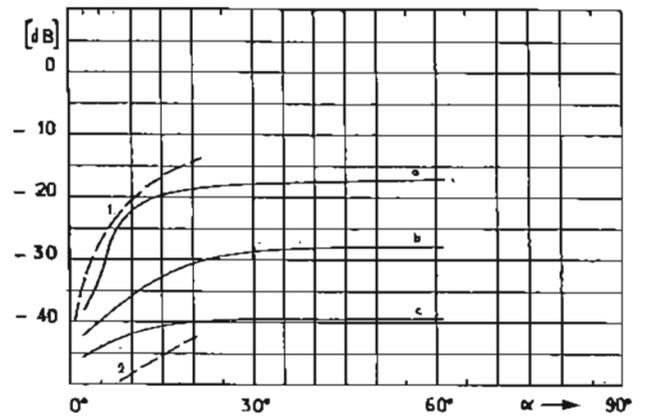
Par ailleurs, on admet les valeurs nominales précisées dans le tableau ci-dessous pour différents types de cibles [référence 1].

3. L'index de réverbération du fond

Cet index est défini à partir du rapport de l'intensité sonore réverbérée à 1 m de l'élément de surface unité à l'intensité sonore incidente mesurée au centre de l'élément réverbérant.

Il dépend de la nature du fond, de la fréquence utilisée et de l'angle de rasance. Mc Kinney et Anderson [3] ont étudié pour une fréquence voisine de 100 kHz, ce paramètre sur des fonds constitués de vase, de sable, de gravier et de roches.

La figure ci-dessous fournit leurs résultats dont le caractère indicatif ne doit pas être oublié.



Mc. Kinney-Anderson 1964 – Réf. [3]

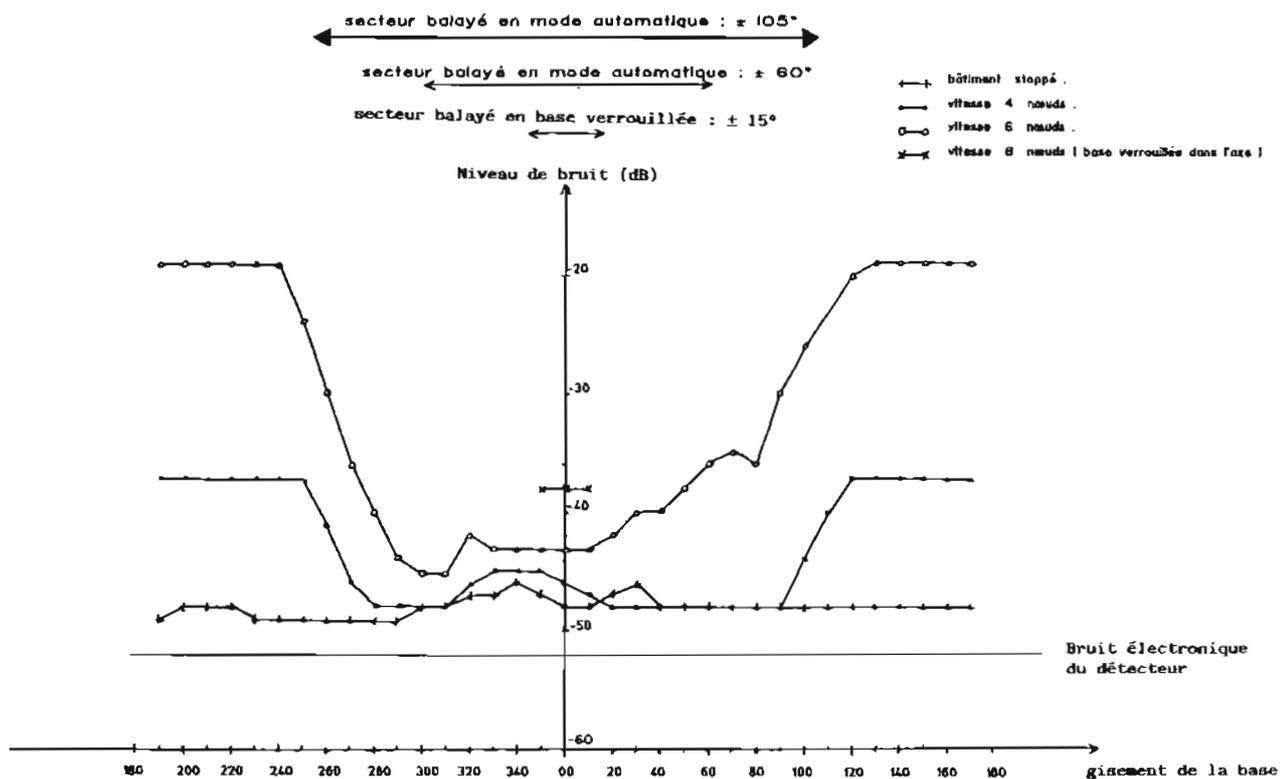
1) Ramené à 100 kHz (imp. dir.) eau peu profonde
a – gravier; b – sable; c – boue

2) 90 kHz. Lac Travis

1 – Roche (fond aplani); 2 – Sable (fond aplani).

Cible	Aspect	T_x en dB	Observations
sous-marin	— travers — avant ou arrière — intermédiaire	+ 25 dB + 10 dB + 15 dB	On adoptera ces valeurs approximatives pour une épave
mine	— travers — autre	+ 10 dB - 25 à + 10 dB	
banc de poissons	— vu sous une longueur L (en m)	$19 \log L - 24$	$T_x = 10$ dB pour $L = 60$ m
relief sous-marin		30 à 60 dB	

ANNEXE 2 AU CHAPITRE II



- Conditions des essais : mer ≤ 3 , vent ≤ 25 nœuds, profondeur > 50 m - source : compte rendu d'essais n° 30 novembre 87

FIG. 2. Niveau de bruit en fonction du gisement de la base du détecteur, bâtiment stoppé ou sous propulsion principale.

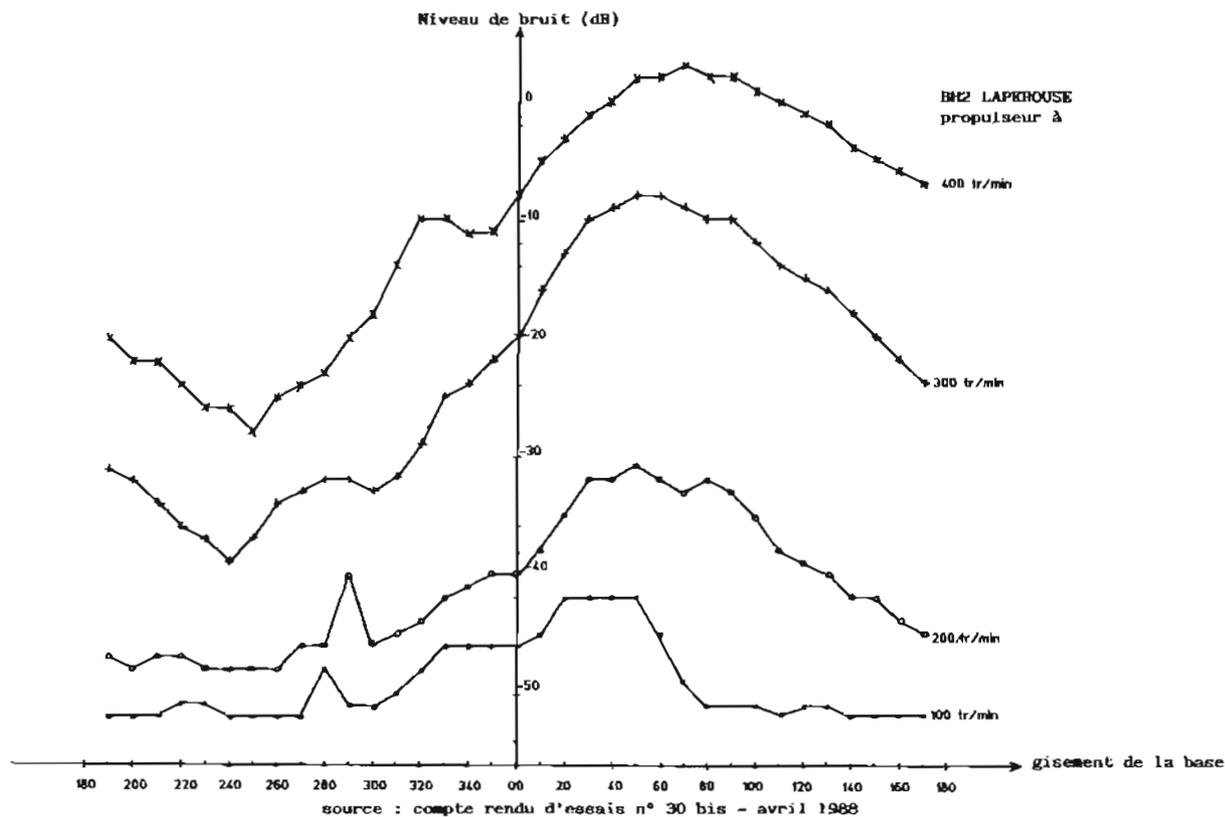
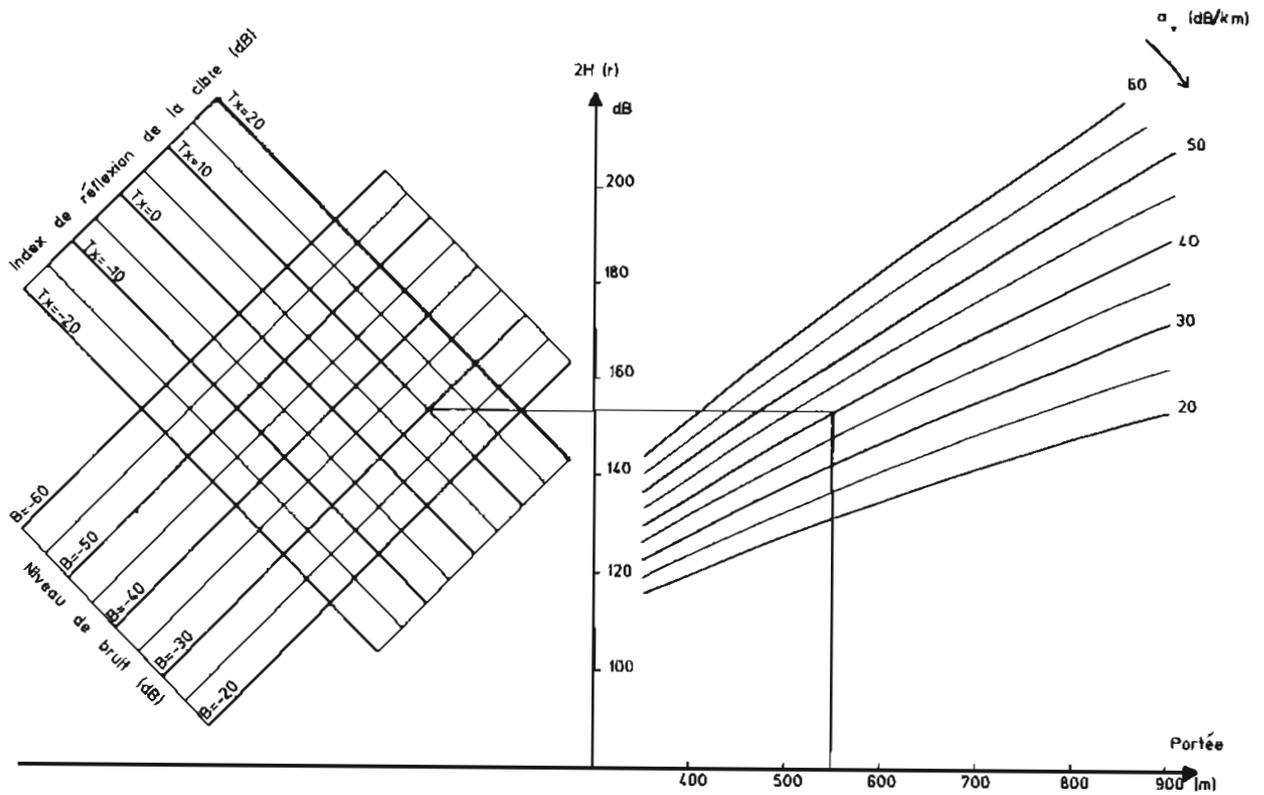


FIG. 3. Niveau de bruit en fonction du gisement de la base du détecteur, propulseur d'étrave en fonction (poussée Tribord).



Pour un niveau de bruit de -30 dB et un coefficient d'absorption de 40 dB/km, une cible d'index de réflexion de 10 dB peut être détectée avec le sonar à environ 550m.

FIG. 4. Exemple d'utilisation de l'abaque de calcul de la portée du détecteur.

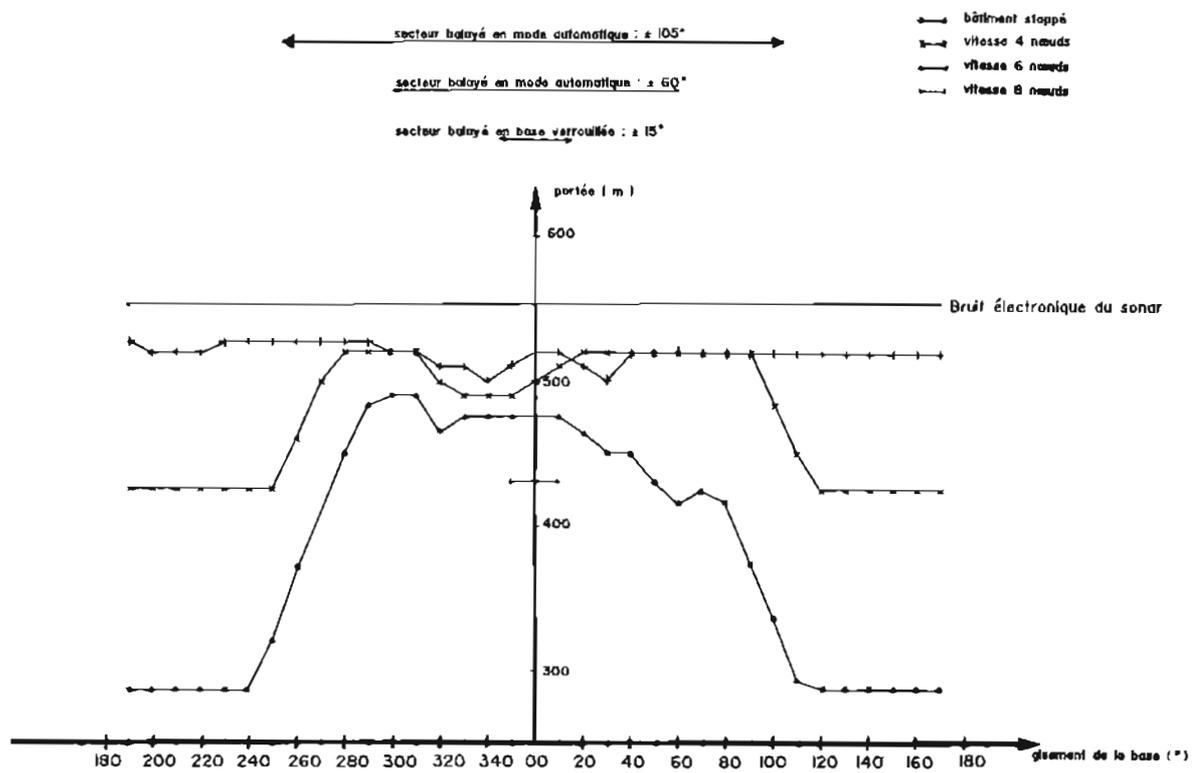


FIG. 5. Portée de détection d'une cible d'index de réflexion - 11 dB (sphère de maître-couple 1 m²) pour un coefficient d'absorption $a_0 = 40$ dB/km et pour un seuil de détection SD = 7 dB.

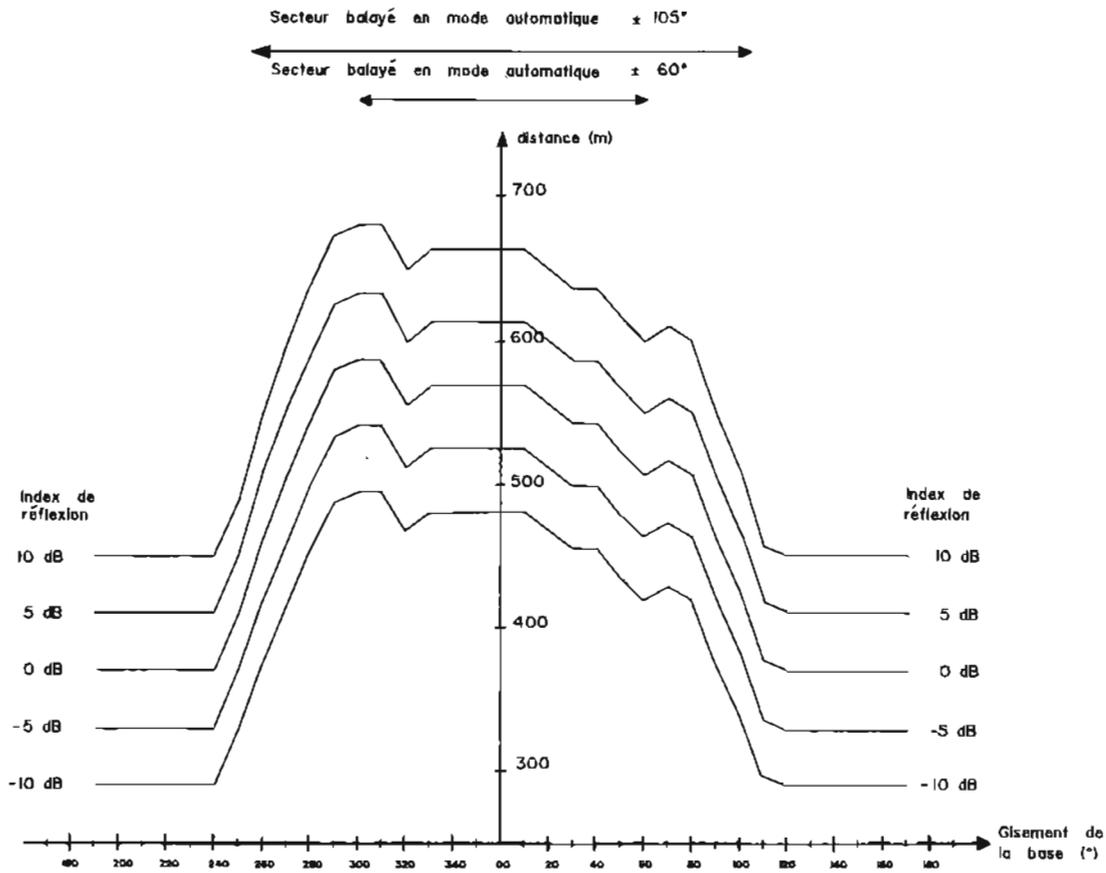


FIG. 6. Courbes isocontrastes (7 dB) pour un coefficient d'absorption $a_0 = 40$ dB/km et pour une vitesse du bâtiment de 6 nœuds.

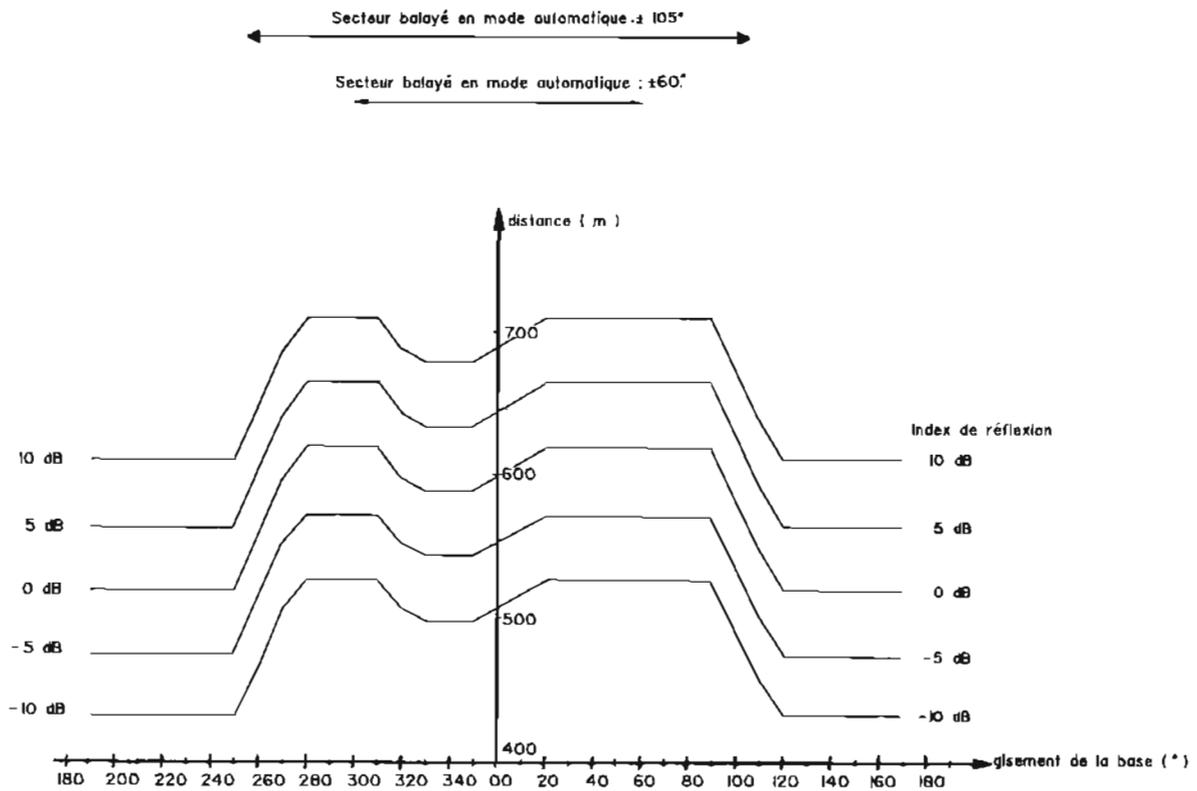


FIG. 7. Courbes isocontrastes (7 dB) pour un coefficient d'absorption $a_0 = 40$ dB/km et pour une vitesse du bâtiment de 4 nœuds.

ANNEXE AU CHAPITRE IV

Règles de mise en œuvre du SEHM en levé régulier

1. La richesse et la diversité des informations présentées sur l'écran du détecteur poussent à limiter volontairement ses performances, de manière à faciliter la tâche des opérateurs en diminuant le nombre d'échos :

— la durée d'impulsion sera donc généralement réglée à 0,5 ms et 0,2 ms sera réservée à des fonds très peu réverbérants;

— l'échelle sera limitée à 600 m.

Par ailleurs, le classificateur sera mis en fonction de manière à éliminer, dans la mesure du possible, les échos parasites. A certaines époques de l'année, la présence de bancs de poissons peut, notamment, avoir une grande répercussion sur l'efficacité en détection. Les opérateurs peuvent être saturés par un grand nombre d'échos mobiles et fluctuants qui doivent être classifiés et rejetés.

2. Le détecteur peut être fortement limité en portée, avec des profils de célérité à gradient négatif. On cite ainsi des cas de portée réduite à 250 ou 300 m. On procèdera donc, généralement en début de sortie, à la vérification de la portée effective sur une mire connue (mire de Camaret, mires du Polygone du Becquet) ou sur une obstruction ou une épave dans la zone du levé.

Le classificateur est utilisé avec un site plus important, de ce fait, il est moins affecté par la courbure des rayons. Il convient donc, pour améliorer la précision de localisation des contacts, de n'utiliser que les Bien Pointés provenant de ce dernier sonar.

3. Pour le détecteur, la réverbération de fond diminue les performances (mauvais contraste écho/réverbération) et affecte la probabilité de détection.

Avec le classificateur, elle favorise la formation des ombres. Il convient donc d'avoir le meilleur contraste possible entre l'ombre et la réverbération du fond et un moyen pour augmenter son niveau consiste à augmenter la rance, en se rapprochant du contact.

D'une manière générale, on utilisera l'angle de rance minimum, en sachant, toutefois, qu'en pointant les sonars avec un site faible, on risque de « ramas-

ser » des échos parasites de surface, des sillages et des bruits provenant des bâtiments proches.

On notera, par ailleurs, que le passage de lobe large à lobe étroit pour le classificateur devrait permettre normalement d'obtenir un gain en contraste, on constate cependant que ce réglage n'apporte pas vraiment d'amélioration, compte tenu certainement de la très bonne qualité de formation des voies et du faible niveau des lobes secondaires. Le lobe étroit peut toutefois, être utile en cas de dégradation des performances en classification.

4. La vitesse de 4 nœuds est la plus silencieuse pour le détecteur. Il semble aussi que ce soit la limite pour que les opérateurs aient le temps de réagir et de classifier les échos. Par fonds encombrés, il peut même être nécessaire de réduire encore l'allure.

Dans ces conditions, on peut utiliser le mode de balayage automatique $\pm 105^\circ$ pour le détecteur. L'amplitude du balayage doit cependant être réduite ($\pm 60^\circ$) par mer force 3, compte tenu des mouvements de plate-forme qui génèrent des échos parasites par le travers.

Pour améliorer la résolution, l'opérateur doit assurer un balayage continu du détecteur, en mode manuel, et du classificateur.

5. Le classificateur est normalement insensible au bruit ambiant. On a constaté que des précipitations atmosphériques pouvaient, cependant, le rendre inexploitable.

Le détecteur est, par contre, sensible au bruit de la mer dès que le vent dépasse force 3, le bruit de surface est gênant par force 4 et peut saturer l'écran. Les conditions limites d'emploi du détecteur sont : vitesse du vent inférieure à 25 nœuds et un état de mer inférieure à force 4.

6. Le sondeur Deso 20 du PC Scientifique perturbe le détecteur et le classificateur. Un dispositif d'atténuation de la puissance émise permet cependant leur emploi simultané (atténuation du canal 66 kHz, comprise entre -12 et -18 dB, suivant la profondeur).

7. Compte tenu de l'absence de possibilité de contrôler en temps différé la détection effectuée (enregistrement vidéo non renseigné et temps nécessaire à la visualisation des enregistrements trop long), l'expérience et l'entraînement des opérateurs sont primordiaux.

TROISIÈME PARTIE

EMPLOI EN RECHERCHE D'ÉPAVE SUR INFORMATION DE POSITION

V. INSONIFICATION DE LA ZONE À EXPLORER PAR LE DÉTECTEUR

Différentes échelles P_i peuvent être sélectionnées sur le sonar détecteur 50-400 m, 50-600 m ou 50-900 m. La cadence d'émission est alors fonction de l'échelle affichée suivant la formule :

$$P_i f_i = 750$$

f_i étant le nombre d'émissions par seconde.

Rappelons que, pour des vitesses inférieures à 6 nœuds, la base du détecteur peut être orientée manuellement entre les gisements -175° et 175° ou automatiquement entre les gisements $\pm 90^\circ$ ou $\pm 45^\circ$ (le secteur couvert est alors compris respectivement entre $\pm 105^\circ$ et $\pm 60^\circ$). La vitesse de rotation de la base est de $8^\circ/\text{seconde}$ en mode automatique et a été évaluée à environ $5^\circ/\text{seconde}$ en mode manuel.

Au-delà de 6 nœuds, la base doit être verrouillée dans l'axe (balayage noté par la suite $\pm 15^\circ$).

V.1. Influence du déplacement du bâtiment et du balayage - partie utile du lobe d'émission

Entre deux impulsions successives, le bâtiment, se déplaçant à la vitesse V , parcourt une distance égale à :

$$D = \frac{P_i V}{750} \quad \text{où } V \text{ est exprimée en m/s}$$

sens du balayage

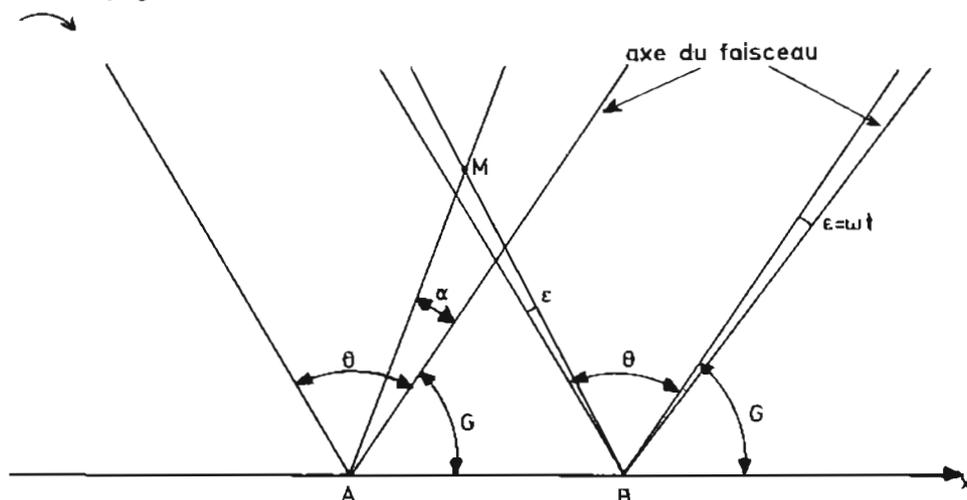


FIG. 8.

V.1.1. Examinons l'influence du déplacement du bâtiment et du balayage sur l'ouverture utile du faisceau, orienté dans un gisement initialement égal à G . Considérons la figure 8 pour laquelle une vitesse de balayage, contraire au sens trigonométrique, a été retenue.

Le point A correspond à une émission. L'axe AX est orienté suivant la route du bâtiment. Il y aura insonification et visualisation d'un écho sur une obstruction située en M, si :

- M se trouve dans le faisceau d'émission de demi-angle d'ouverture θ ,
- le rayon réfléchi par M fait un angle inférieur ou égal à θ avec l'axe du faisceau en B, position des bases à l'instant de réception.

La figure 8 représente le cas limite d'insonification utile.

Pendant que le bâtiment s'est déplacé de A à B, le faisceau a tourné d'un angle $\varepsilon = \omega t$ et l'onde acoustique a effectué, à la vitesse C d'environ 1 500 m/s le trajet AMB, on a donc :

$$\frac{AM + MB}{C} = \frac{AB}{V}$$

Les relations métriques dans le triangle AMB permettent d'obtenir, puisque l'on est en présence de petits angles, la formule :

$$\alpha = \theta - \omega t - \frac{2V}{C} \sin(G + \theta - \omega t) \quad \text{en radians.}$$

La réduction de la partie efficace du lobe d'émission provient :

— pour la partie qui est généralement prépondérante ($-\omega t$), du balayage : cette réduction peut s'élever, pour une portée affichée de 900 m, jusqu'à $9,6^\circ$, soit près du tiers du secteur d'insonification;

— pour le terme complémentaire $\left(-\frac{V}{750} \sin(G+\theta-\omega t)\right)$, du déplacement du bâtiment. Ce terme s'élève, par exemple, à $0,24^\circ$ pour une vitesse de 6 nœuds et un gisement en B de 85° .

En première approximation, c'est-à-dire en négligeant les termes en $\frac{2V}{C}$ qui correspondent, à 600 m et pour une vitesse de 6 nœuds, à une erreur de position de 3,5 m, la limite de la partie utile du lobe est une portion de spirale d'Archimède, d'équation polaire (r, u) :

$$r = -\frac{Cu}{2\omega}$$

dans le repère d'origine A et d'axe défini par le gisement ($G + \theta$).

V.1.2. Pour une vitesse de balayage positive (fig. 9) un raisonnement analogue conduit à une formule semblable :

$$\alpha \sim \theta - \omega t + \frac{2V}{C} \sin(G - \theta + \omega t) \quad \text{en radians.}$$

Dans ce cas, le déplacement du bâtiment et le balayage ont un effet contraire, à l'avantage, cependant de ce dernier, qui réduit la partie efficace du lobe d'émission.

V.1.3. Un contact, donnant une réponse fluctuante, doit être éliminé par l'opérateur. Un minimum de 3 insonifications successives est nécessaire pour appréhender la persistance des échos. La vitesse de balayage de $8^\circ/\text{s}$ en mode automatique, d'une

part, et la réduction de la partie efficace du lobe qu'elle entraîne, d'autre part, interdisent donc, dans ce mode de fonctionnement, l'emploi de l'échelle 900 mètres. En portée affichée de 600 m, 3 à 4 récurrences successives éclairent chaque parcelle du fond.

V.1.4. Ces premiers résultats étant acquis, nous pouvons maintenant étudier le triangle curviligne « mort » à l'intérieur duquel il n'y aura pas de détection possible. Les points A et B correspondent à deux émissions successives.

Le triangle « mort » se définit par son sommet M et en particulier par sa distance au point A. La figure 10 illustre le problème pour un sens de balayage négatif.

AM est majorée par AM', dont la valeur maximale est atteinte pour une portée affichée de 900 m et une vitesse de 6 nœuds. AM' est systématiquement inférieure à la distance aveugle du sonar (50 m), et le triangle « mort » n'affecte donc pas l'insonification de la zone.

V.2. Influence du site

De manière à obtenir la rasance la plus faible possible et en faisant l'hypothèse que la tranche d'eau est isocèle, la valeur du site à choisir pour l'axe du faisceau serait :

$$S = \text{Arc sin } \frac{H}{D}$$

où — H est la hauteur d'eau sous la base du sonar;
— et D la portée retenue, c'est-à-dire la plus faible des deux portée affichée et estimée.

Cependant, pour augmenter la plage insonifiée, on peut être tenté de faire plonger légèrement l'axe du faisceau. Lors de différents essais en limite de détection d'obstructions, la perte de l'écho s'est toujours produite pour une augmentation du site

sens du balayage

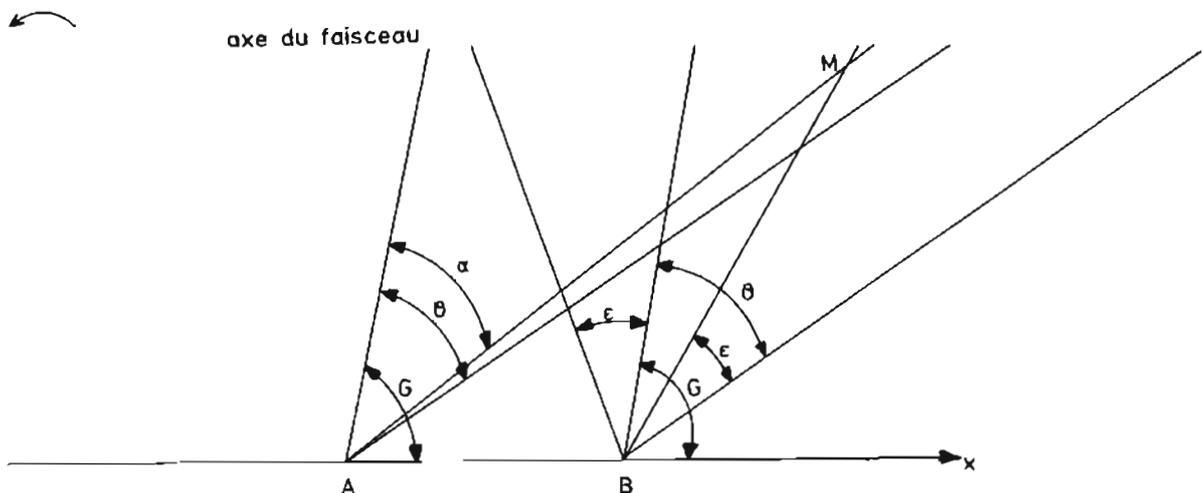


FIG. 9.

sens du balayage

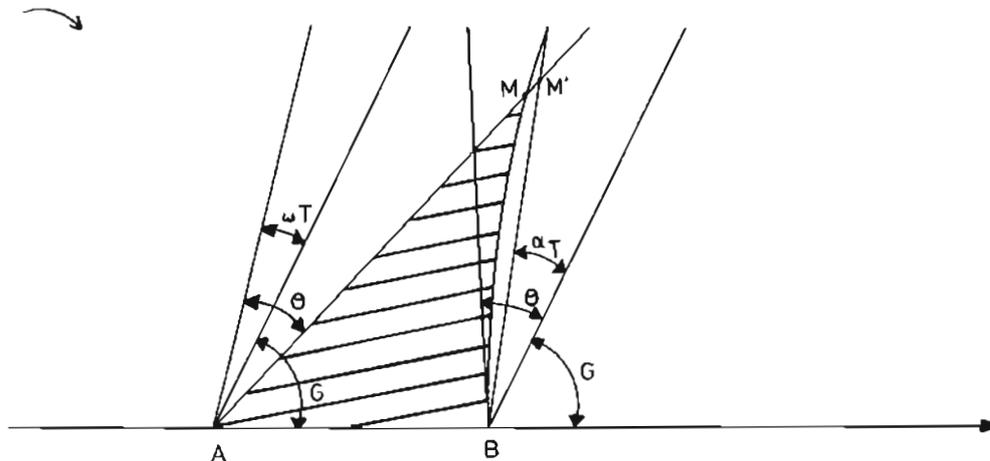


FIG. 10.

approximativement égale à l'angle α , de demi-ouverture en site du lobe à 3 dB, et la formule adoptée pour régler le site devient donc :

$$S = \text{Arcsin} \frac{H}{D} + \alpha$$

Ainsi on retiendra qu'en première approximation, pour une portée de 600 m, le site doit être choisi à la valeur $\left(\frac{H}{10}\right) + 5.5$ en degré, pour des hauteurs d'eau H inférieures à 120 m et exprimées en mètres.

La zone insonifiée s'étend dans ces conditions, sur une distance radiale horizontale :

$$\frac{D \cdot \sin 2\alpha}{\sin(S + \alpha)}$$

V.3. Insonification de la zone comprise entre 2 profils

Deux grandeurs présentent un intérêt dans la recherche de l'emploi optimal du détecteur :

- le nombre (N) d'impulsions reçues par chaque parcelle du fond,
- l'amplitude (F) cumulée des secteurs d'insonification formés par l'ensemble des directions sous lesquelles la parcelle a été insonifiée.

Ces deux grandeurs dépendent des paramètres suivants :

- la profondeur;
- la vitesse de déplacement du bâtiment;
- l'amplitude et la vitesse de balayage;
- les portées réelle et affichée;
- la distance entre profils;
- et la position de la parcelle par rapport aux profils.

La forme de la partie utile du lobe ne permet pas d'obtenir simplement une relation entre ces différentes variables, aussi des logiciels de simulation ont été développés pour :

— dans un premier temps, calculer, aux nœuds d'un maillage régulier (côté de 7 m, correspondant au pas entre deux voies du détecteur à 300 m), pour un profil seul et pour toute valeur ronde des paramètres, la variation de N et de F en fonction de la distance de la parcelle au profil;

— dans un second temps, cumuler les courbes relatives à deux profils, voisins et parcourus en sens contraires (de manière à augmenter le secteur d'insonification), en fonction de la distance entre les deux profils.

L'emploi optimal du sonar sera obtenu pour une distance entre profils qui permettra de réaliser le maximum de la valeur moyenne de l'une ou l'autre des 2 grandeurs (N et F) calculée sur l'ensemble des parcelles comprises entre les deux profils.

Ainsi, par exemple, le tableau suivant récapitule, pour une profondeur de 60 m et une vitesse de 4 nœuds, les distances entre profils qui permettent de réaliser les maxima N max et F max.

	Distance entre profils (m)	N max	Distance entre profils (m)	F max (°)
balayage $\pm 105^\circ$	300	57	475	100
balayage $\pm 60^\circ$	150	103	320	53
balayage $\pm 15^\circ$	50	371	85	12

Intuitivement, on comprend que :

— N max sera d'autant plus grand que la vitesse (V) de déplacement du bâtiment et l'amplitude du balayage (B) seront faibles et que la distance radiale insonifiée (égale à $\frac{D \sin 2\alpha}{\sin(S + \alpha)}$ et qui est fonction de la profondeur) sera plus grande;

— F max sera d'autant plus grande que l'amplitude du balayage et la distance radiale d'insonification se-

ront plus grandes. Elle ne devrait, par contre, pas dépendre de la vitesse de déplacement du bâtiment puisque le cycle de balayage est relativement rapide.

Ces hypothèses sont vérifiées grâce à la simulation puisque pour des portées réelle et affichée de 600 m, pour les trois types de balayage ($\pm 105^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 15^\circ$), pour des profondeurs comprises entre 30 et 120 m et pour des vitesses de 2, 4 et 6 nœuds (voire 8 nœuds en balayage $\pm 15^\circ$), on obtient les relations suivantes :

— $N \max \cdot V \cdot \sin(S + \alpha) \cdot B = 120$ avec un écart type de 7,5 (soit 6 %) (V en nœuds et B en radian);

— $F \max \cdot \frac{\sin(S + \alpha)}{B} = 0,252$ avec un écart type de 0,024 (soit 10 %).

Par ailleurs, les distances entre profils qui permettent d'obtenir les maxima $N \max$ et $F \max$ ne dépendent, en première approximation, que de l'amplitude du balayage et de la profondeur. Ces courbes sont fournies en annexe (fig. 11, 12 et 13) et sont complétées de manière à appréhender la variation spatiale de N et F

V.4. Conclusions sur l'emploi du SEHM en recherche d'obstruction sur information peu précise de position

Nous avons vu, tout d'abord, que la portée affichée devait être limitée à 600 m de manière à pouvoir éliminer les échos non persistants.

Par ailleurs, l'utilisation du balayage automatique apporte une plus grande sûreté pour l'insonification de la zone à explorer. En effet, en balayage manuel, l'opérateur peut être intéressé par un détail du fond et laisser un trou dans la couverture. Ceci peut être illustré par un exemple précis, puisque, au Nord de la presqu'île du Cotentin, un chasseur de mines avait retrouvé, au cours du même profil deux épaves. Lors de la recherche effectuée par le *Lapérouse*, une troisième épave fut retrouvée entre les deux précédentes.

Les différents autres résultats permettent de conclure à la supériorité du balayage $\pm 105^\circ$ pour la sûreté et le rendement de la recherche d'obstruction sur information peu précise de position. En effet :

— les profils peuvent être plus largement espacés;

— le nombre d'impulsions reçues, en moyenne, par les parcelles du fond, moindre qu'avec les autres types de balayage, reste cependant amplement suffisant : même par 120 m de profondeur et pour une vitesse de 4 nœuds, ce nombre est maximal et égal à 45 pour une distance entre profils de près de 400 m et il reste supérieur à 40, pour une distance permettant d'obtenir l'amplitude maximale des secteurs d'insonification;

— c'est, d'ailleurs, au voisinage de cette dernière que doivent être conduites les opérations puisque, d'une part, l'insonification suivant des directions d'autant plus différentes doit améliorer la détection des relè-

vements abrupts et que, d'autre part, elle permet un gain de plus de 150 m sur l'espacement des profils.

L'emploi du classificateur peut cependant amener à restreindre ce dernier, pour des profondeurs supérieures à 100 m, comme le montre la figure 11.

VI. APPLICATION À LA RECHERCHE D'ÉPAVES

VI.1. La mission a procédé, d'août à décembre 1989, à des recherches d'épaves, au Nord de la presqu'île du Cotentin, sur des fonds compris entre 30 et 90 m.

Ces recherches ont été conduites sur profils espacés de 450 m et parcourus à 4 nœuds avec utilisation conjointe du détecteur (balayage $\pm 105^\circ$, portée affichée 600 m), et du classificateur. Le sondeur latéral (échelle 0-200 m) et le magnétomètre étaient mis en œuvre sur ces profils, ainsi que sur des intercalaires, resserrés à 150 m, (distance égale à 75 % de l'échelle du sondeur latéral) parcourus à 8 nœuds et exécutés lorsque la première phase de la recherche (sonar) n'avait donné aucun résultat.

Les 16 épaves et obstructions retrouvées, de tailles diverses (du conteneur à l'épave de 140 m de long, en passant par des épaves de 20 m situées par des fonds de 80 m) ont toutes été détectées au sonar. Par ailleurs, aucune des 4 épaves, non retrouvées lors de la première phase des recherches, dans un cercle de 1,5 mille de rayon autour de la position présumée, ne l'a été sur profils intercalaires. Il faut évidemment confirmer ce résultat encourageant sur un nombre de recherches plus étoffé, avant de modifier la méthode suivie. Cependant, on peut déjà envisager d'étendre la zone de recherche, lorsque l'existence de l'épave est certaine, à un cercle de 3 milles de rayon en n'employant alors que le sonar sur des profils espacés de 450 m.

On peut estimer, dans les conditions actuelles, que le rendement des opérations à la mer est augmenté avec le sonar de 30 % par rapport à une exploration conduite au sondeur latéral numérique Edgerton 260 (vitesse 8 nœuds) et de 50 % pour le sondeur latéral Edgerton 259 (vitesse 6 nœuds) lorsque ces derniers ne sont pas en limite d'emploi (profondeur) et lorsque la recherche est couronnée de succès.

Si les résultats précédents sont confirmés, le gain sera identique pour une recherche négative, effectuée uniquement au sonar.

Dans ces conditions, le rendement des opérations à la mer pourra être encore accru, puisque l'espacement des profils de 450 m a été fixé de manière à obtenir un recouvrement optimal des bandes du sondeur latéral (75 % de la portée).

VI.2. D'autres essais ont été effectués, par ailleurs au large de Brest, sur des épaves connues, situées sur des fonds de 100 à 120 mètres, et qui ont été détectées sans difficulté.

ANNEXE AU CHAPITRE V

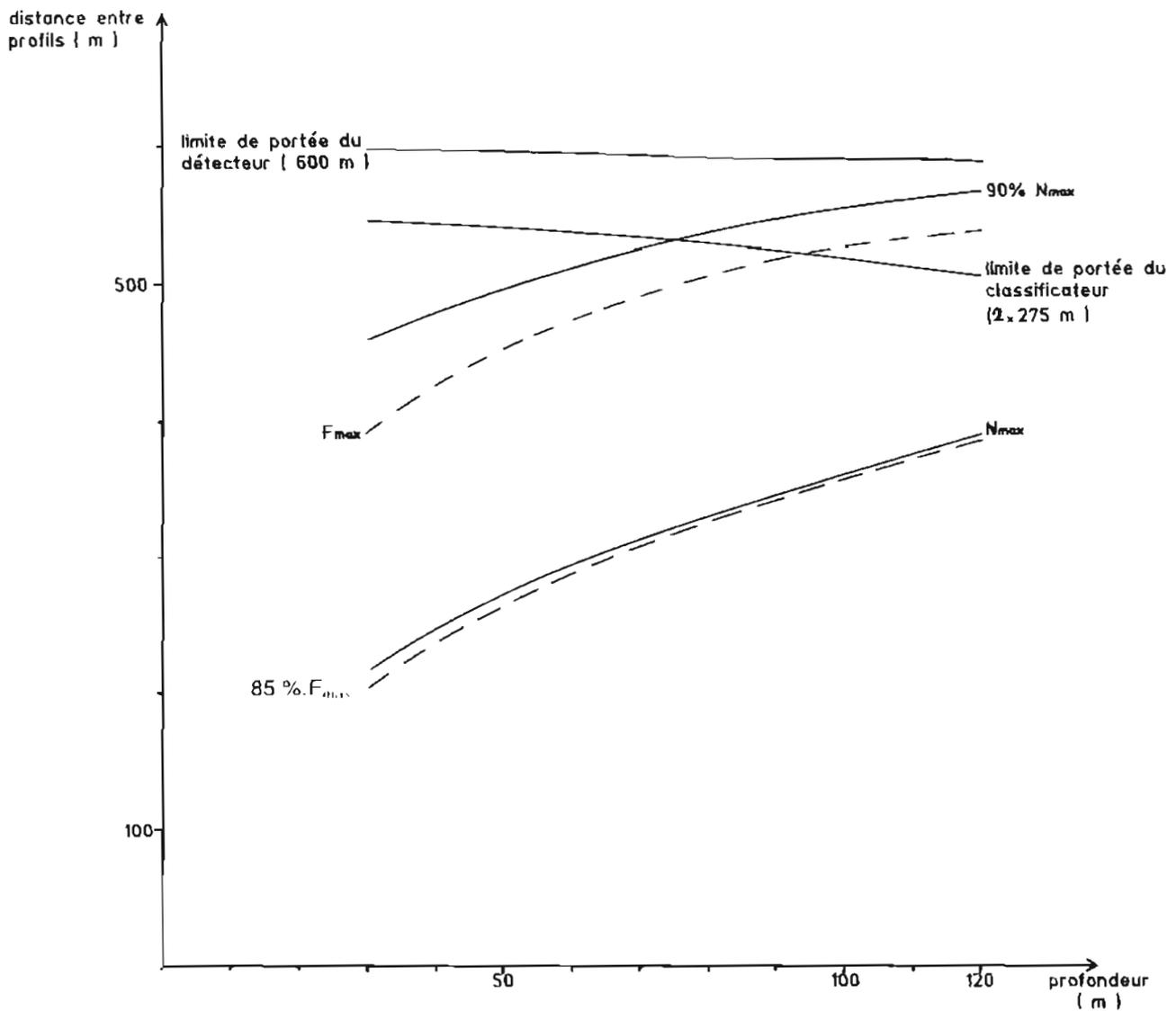
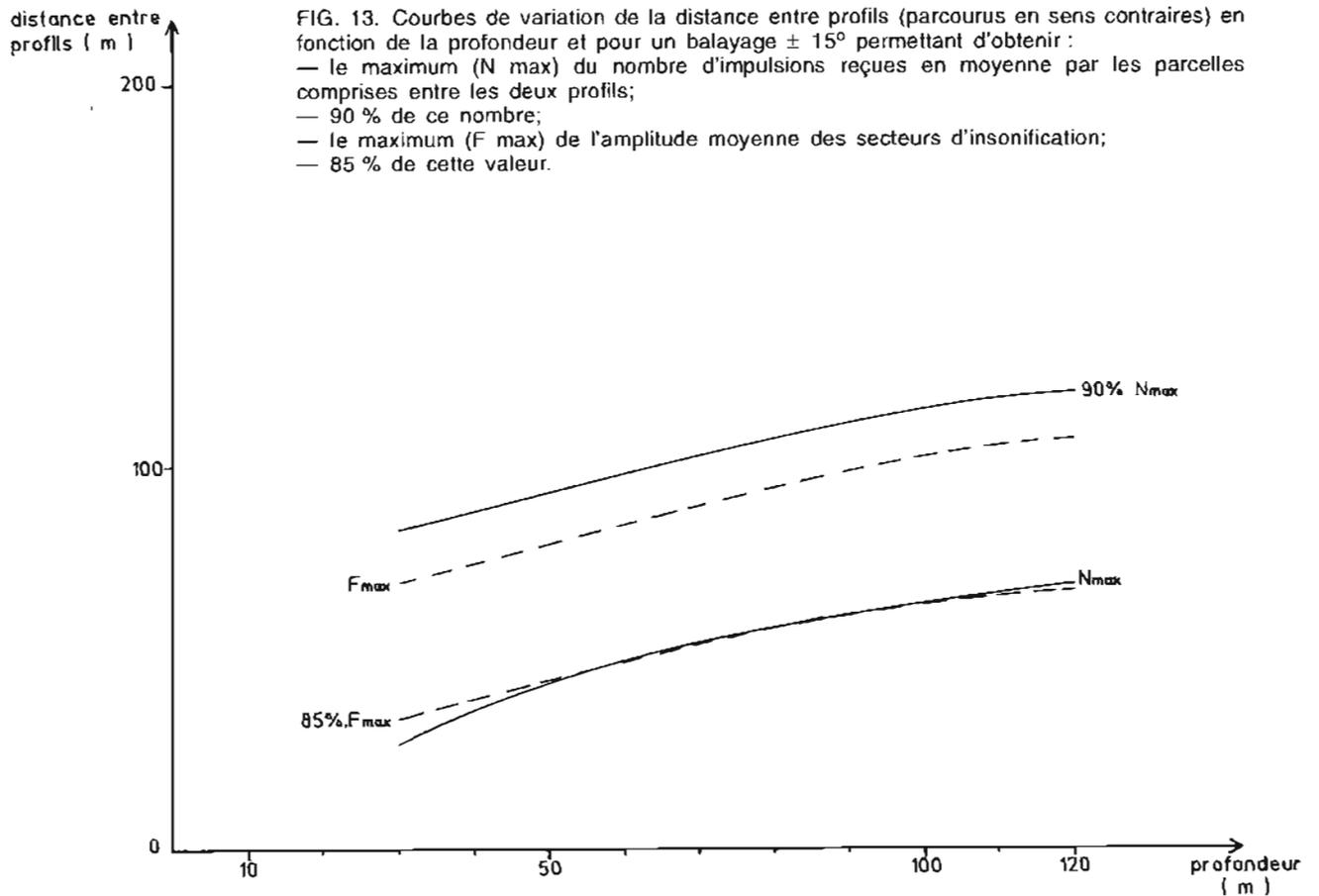
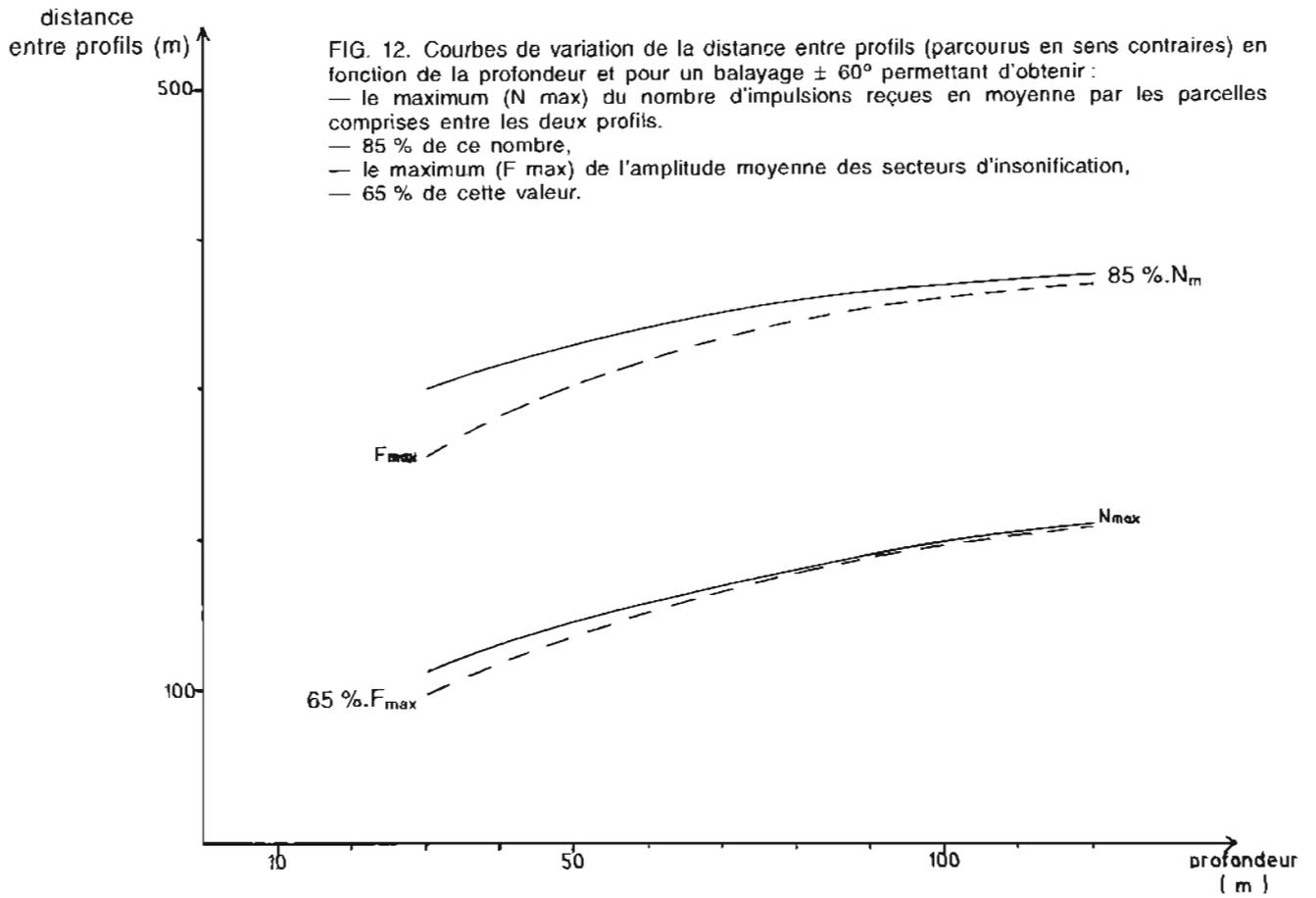


FIG. 11. Courbes de variation de la distance entre profils (parcourus en sens contraires) en fonction de la profondeur et pour un balayage $\pm 105^\circ$ permettant d'obtenir :

- le maximum (N max) du nombre d'impulsions reçues en moyenne par les parcelles comprises entre les deux profils;
- 90 % de ce nombre;
- le maximum (F max) de l'amplitude moyenne des secteurs d'insonification;
- 85 % de cette valeur.



QUATRIÈME PARTIE

EMPLOI EN CLASSIFICATION ET EN MESURE DE DIMENSION D'OBJET

VII. GÉNÉRALITÉS SUR LA MISE EN ŒUVRE DU CLASSIFICATEUR

Compte tenu de sa fréquence, le classificateur est très peu perturbé par les conditions d'environnement (des portées supérieures à 275 m sont généralement observées).

Utilisé avec un site plus important que le détecteur, il est moins affecté par la courbure des rayons et la précision en position de ses Bien Pointés est meilleure.

Peu sensible au bruit généré par la propulsion principale du *Lapérouse*, à 4 nœuds ou, lorsqu'il est pointé entre les gisements -270° et 90° , à 6 nœuds, comme le montrent les courbes de la figure 14, le classificateur est en revanche très perturbé par les vibrations engendrées par le propulseur d'étrave au-delà de 200 tours par minute (voir fig. 15). La mise sur plots élastiques du propulseur et le remplacement des tuyaux actuels par des flexibles devraient, selon la DCAN de Lorient, diminuer le niveau du bruit. Cette solution sera éprouvée sur le BH2 *Arago*, avant d'être appliquée au *Lapérouse*.

Le vent fait dériver de façon appréciable le bâtiment, posant des problèmes lors des tenues de station pour classification. D'une manière générale, on peut admettre qu'il dérive à 0,7 nœud par vent de 20 nœuds. Cette dérive est gênante puisque le *Lapérouse* est peu manœuvrant (en comparaison des chasseurs de mines).

VIII. POUVOIR SÉPARATEUR – LA VISUALISATION

VIII.1. Le volume de confusion

La base du sonar est composée de 100 colonnes de transducteurs qui servent à former les 80 voies de la chaîne de réception. Chacune d'elles a une ouverture à 3 dB en gisement (2θ) égale à $0,17^\circ$ et en site (2α) de 11° . Ces voies sont focalisées dynamiquement entre 50 et 300 m (tous les 10 mètres de 50 à 110 mètres, puis tous les 20 mètres). Le pas entre les voies est de $0,125^\circ$.

Le sonar ne permet donc pas de distinguer deux objets se trouvant dans le volume de confusion d'ouvertures angulaires, 2α et 2θ , et de longueur $C \tau/2$ (soit 0,15 m et 0,375 m pour les longueurs d'impulsion 0,2 et 0,5 ms associées respectivement aux portées 200 et 300 m offertes).

VIII.2. L'échantillonnage du signal et la visualisation

Comme pour le détecteur, l'échantillonnage a pour but la présentation sur écran cathodique de l'ensemble de l'information de toutes les voies. Le signal reçu est échantillonné, successivement, pour chacune des voies toutes les 66 μs et sur une durée de 0,55 μs . Cette cadence est synchronisée avec le balayage rectiligne (22 μs sont nécessaires au retour du spot).

La visualisation est assurée sur la console classificateur qui comprend :

— un tube cathodique elliptique qui réalise une représentation semi-conforme de la zone insonifiée (50-200 ou 50-300 m) à l'intérieur d'un trapèze isocèle ($h = 22$ cm, $B = 10$ cm, $b = 6$ cm). La définition de l'écran est de 1 024 lignes. Chacune d'elles correspond donc à 3 ou 5 échantillons pris sur une distance de 0,15 ou de 0,25 m, pour les échelles respectivement égales à 200 ou 300 m. Le niveau des signaux est par ailleurs corrigé, conformément au gabarit en annexe. Les échos sont ainsi réduits et les ombres renforcées de façon à permettre la détermination des formes de l'objet à identifier;

— un tube cathodique rectangulaire ($h = 12$ cm, $l = 9$ cm), appelé loupe, qui permet de présenter des agrandissements de l'image du classificateur sous forme d'un secteur limité en portée (10° sur 25 m de profondeur), mais pouvant être déplacé de manière continue entre 50 et 300 m. La représentation est effectuée sur matrice de 256 lignes (chacune correspond à 2 échantillons), 80 colonnes (chacune correspond à une voie) et sur 16 niveaux de brillance.

VIII.3. Le pouvoir séparateur

Un opérateur doit pouvoir distinguer sur un fond plat et très peu encombré, deux cibles situées, perpendiculairement à l'axe acoustique, à une distance angulaire supérieure ou égale à deux fois l'ouverture en gisement. Cette distance peut être légèrement diminuée, s'il prend la précaution d'assurer un balayage continu. Les performances observées lors des essais officiels (voir annexe au chapitre I) confirment ce résultat : deux cibles distantes de 1 m sont distinguées à 210 m.

Lorsque les cibles sont examinées dans la direction de l'axe acoustique, elles devraient pouvoir être distinguées, si leur distance est supérieure ou égale à deux fois la distance de confusion théorique pour un opérateur (2 millièmes de la distance visualisée). Les performances observées lors des essais officiels confirment grossièrement ce résultat, puisque deux cibles distantes de 1 m ont été distinguées à partir de 220 m, distance à laquelle les objets d'une taille approximativement égale au mètre apparaissent généralement avec une ombre

IX. LA MESURE DE DIMENSIONS D'OBJET

IX.1. Principe

La hauteur d'un objet est calculée à partir de la longueur de son ombre (fig. 16).

Ainsi, en supposant le fond plat, cette hauteur est $h = \frac{lH}{L}$.

La hauteur et la largeur sont mesurées sur l'écran-loupe de la console. Trois curseurs mobiles sont mis en coïncidence avec les points caractéristiques de l'image après avoir figée cette dernière de manière à éviter les distorsions entraînées par les mouvements du bâtiment (fig. 17).

IX.2. Conditions d'emploi

Les caractéristiques du classificateur imposent quelques restrictions sur les dimensions des obstructions mesurables :

- $h \leq 16$ m (site $\leq 40^\circ$ et hauteur de la loupe de 25 m);
- $h/H \leq 1/3$ (distance d'observation ≥ 50 m et hauteur de la loupe),

— dimension horizontale ≤ 52 m (distance d'observation ≤ 300 m et largeur de la loupe de 10°).

En théorie, la distance optimale d'observation ($L - l$) doit être telle que l'image de l'obstruction occupe toute la loupe, $\left(\text{Dobs} = 25 \frac{H-h}{h} \text{ si } h \geq \frac{H}{12} \right)$, ou tout au moins la plus grande partie possible $\left(\text{Dobs} = 300 \left(\frac{H-h}{h} \right) \text{ si } h < \frac{H}{12} \right)$, de manière à diminuer au maximum l'influence des erreurs de pointé.

Il faut cependant signaler qu'à cette distance, tous les détails peuvent ne pas apparaître, puisque l'on a remarqué que les objets, d'une taille approximativement égale au mètre, n'apparaissent avec une ombre que vers 220 m.

IX.3. Analyse de l'image d'un objet - influence de la forme sur la précision de la mesure

Une des principales difficultés pour la mesure de la hauteur d'un objet est le choix des points caractéristiques.

La figure 18 montre une obstruction, observée à une distance oblique Dobs, qui fournira sur la loupe

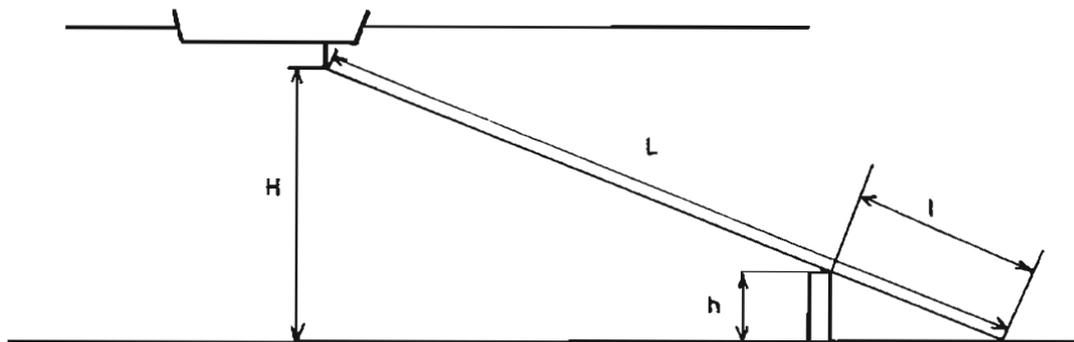


FIG. 16.

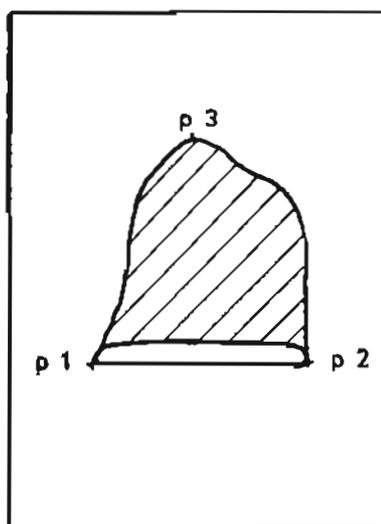
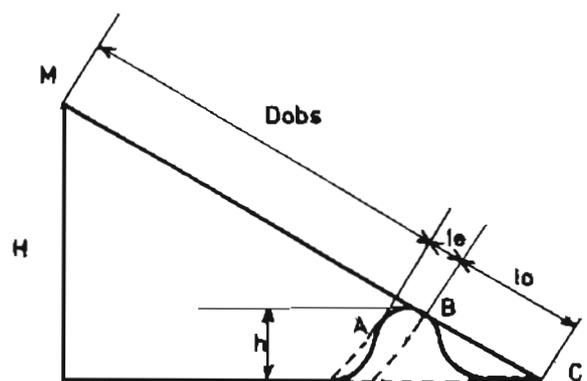


FIG. 17. Écran loupe.



H: hauteur d'eau sous la base-sonar
 h: hauteur de l'obstruction
 Dobs: distance d'observation
 le: longueur de l'écho
 lo: longueur de l'ombre

FIG. 18.

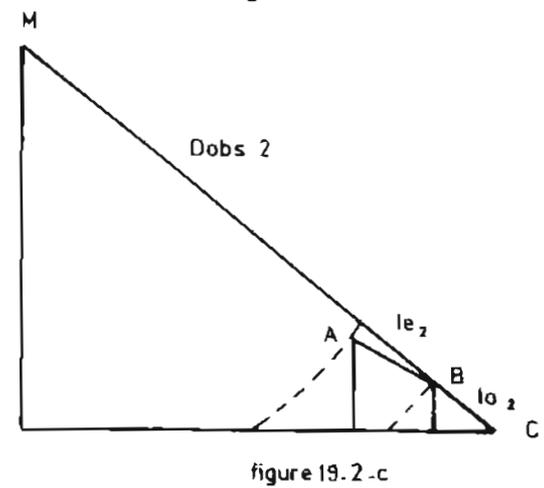
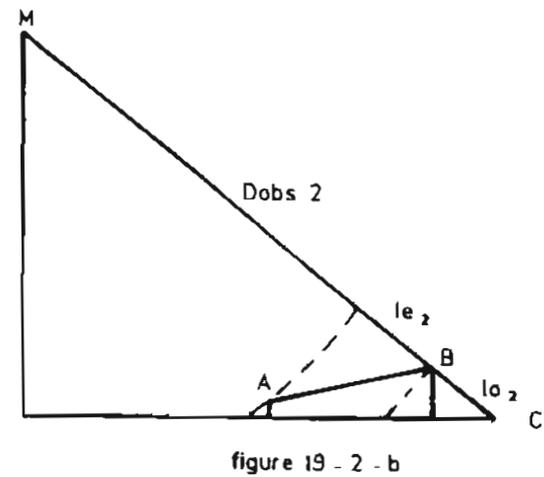
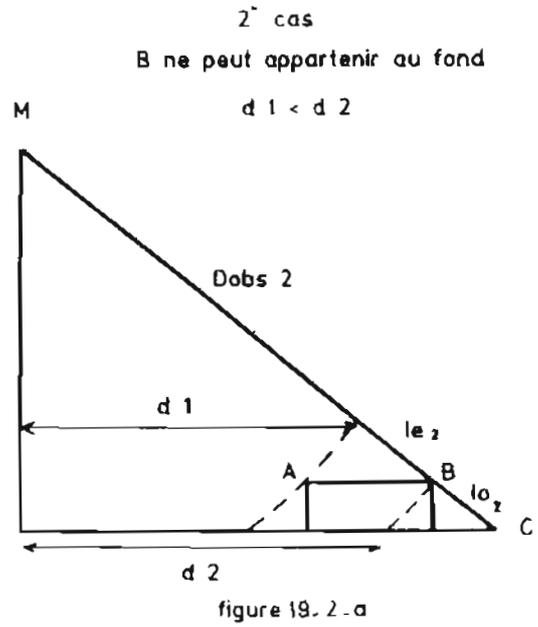
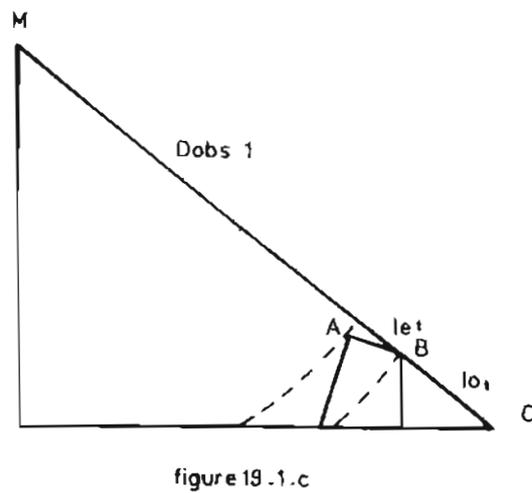
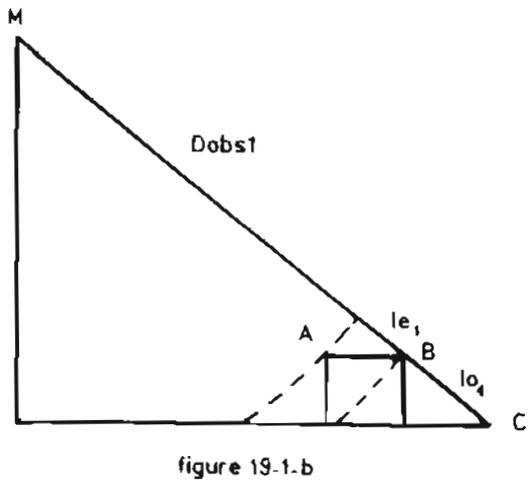
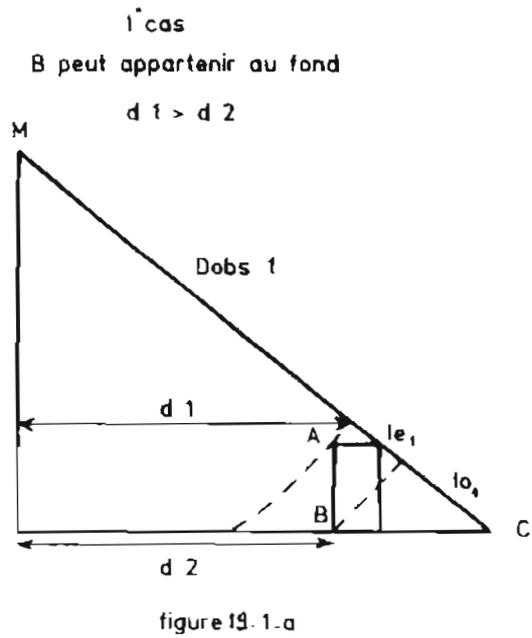


FIG. 19. Formes géométriques simples donnant dans chacun des cas une image sonar de mêmes caractéristiques.

une image dont le point « bas » correspondra au point le plus proche, A, le point de début d'ombre, au point B, et le point de fin d'ombre, au point C. Dans ce cas, le choix des points caractéristiques doit être tel que P_1 , P_2 passe par l'image de B et P_3 coïncide avec celle de C.

Il est important pour préciser la validité de ce choix, d'inverser le cheminement et d'essayer de reconstituer la forme de l'obstruction, à partir de l'image, ou du moins de ses caractéristiques : distance d'observation, tailles de l'écho et de l'ombre.

La position du point C est parfaitement définie, si le fond est supposé plat et horizontal. Les points A et B doivent être situés à une distance respective Dobs et (Dobs + l_e) de M. Suivant les proportions des trois éléments caractéristiques, le point B peut être placé sur le fond ou non (le cas limite correspondant à l'image d'un pieu). Les figures 19 illustrent, pour chacun de ces deux cas possibles différentes formes géométriques simples donnant une image sonar de mêmes caractéristiques.

La hauteur réelle de l'obstruction est donc encadrée par les valeurs obtenues grâce à 2 couples de points (P_1 , P_2) correspondant aux début et fin d'écho, la première de ces deux valeurs ne pouvant être atteinte, sauf cas particulier, mais pouvant être approchée d'autant plus que l'on veut (fig. 19.1.c. et 19.2.c.).

L'erreur sur la hauteur de l'obstruction (adoptée selon le critère de sécurité) due à l'absence d'information sur la forme de cette dernière est donc majorée, suivant les notations de la figure 20 par δh .

L'erreur relative, sur la différence de niveau entre les bases sonar et le sommet de l'obstruction, qui en résulte peut être appréciée directement sur le sonar, lors de la mesure, puisque : $\frac{\delta h}{H-h} = \frac{l_e}{Dobs}$ (on a donc intérêt à mesurer la hauteur d'un objet suivant la direction de sa plus petite dimension).

Par ailleurs, δh diminue à mesure que l'on s'éloigne de l'obstruction, comme le montre un raisonnement géométrique simple à partir de la figure 21.

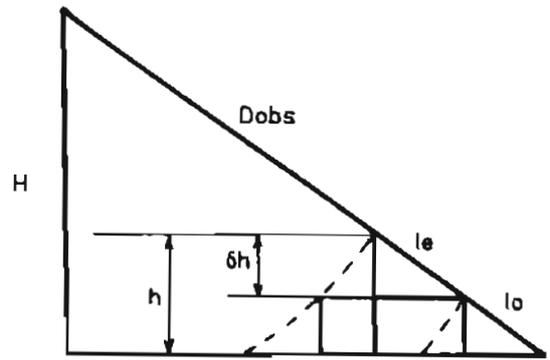


FIG. 20.

En se plaçant à la distance optimale d'observation, $\frac{\delta h}{H-h}$ est minimal.

La figure 23 présente, dans ces conditions d'observation, l'erreur sur le brassage qui résulte de l'absence d'information sur la forme d'une obstruction (d'un type particulier et précisé par la suite) en fonction, d'une part, d'un paramètre unique, h , qui caractérise sa taille, et, d'autre part, de la hauteur d'eau sous les bases.

Les obstructions considérées sont telles que leur image sonar soit équivalente à celle d'un parallépipède de largeur h et telles qu'elles puissent atteindre une hauteur maximale égale à h (fig. 22).

Ainsi, par exemple, pour une valeur h de 5 m et une profondeur de 30 m sous les bases du sonar, cette erreur relative est voisine de 4 % (fig. 23), ce qui représente une incertitude de 1 m sur la hauteur de l'obstruction. On peut alors :

- si on sait que l'obstruction a la forme d'un parallépipède, préciser ses dimensions puisque l'on obtient une hauteur de 4 m pour une largeur de 5 m ;
- si on ne possède aucune information sur la forme de l'obstruction, indiquer que sa hauteur est inférieure ou égale à 5 m.

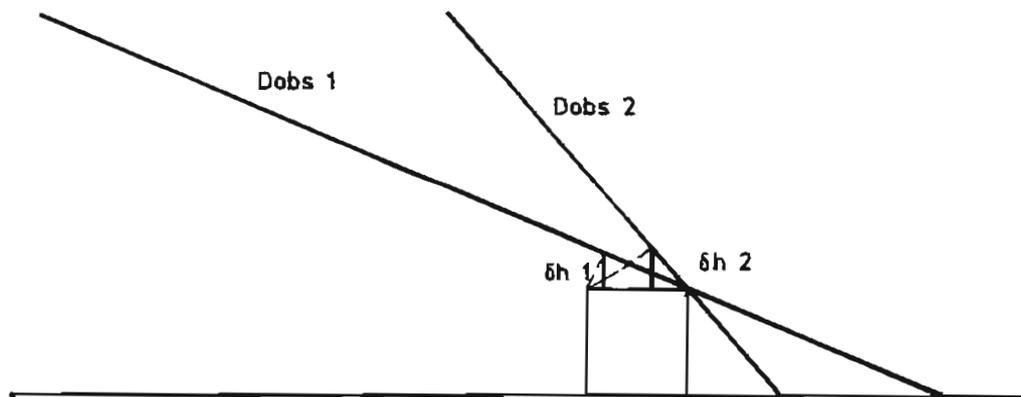


FIG. 21.

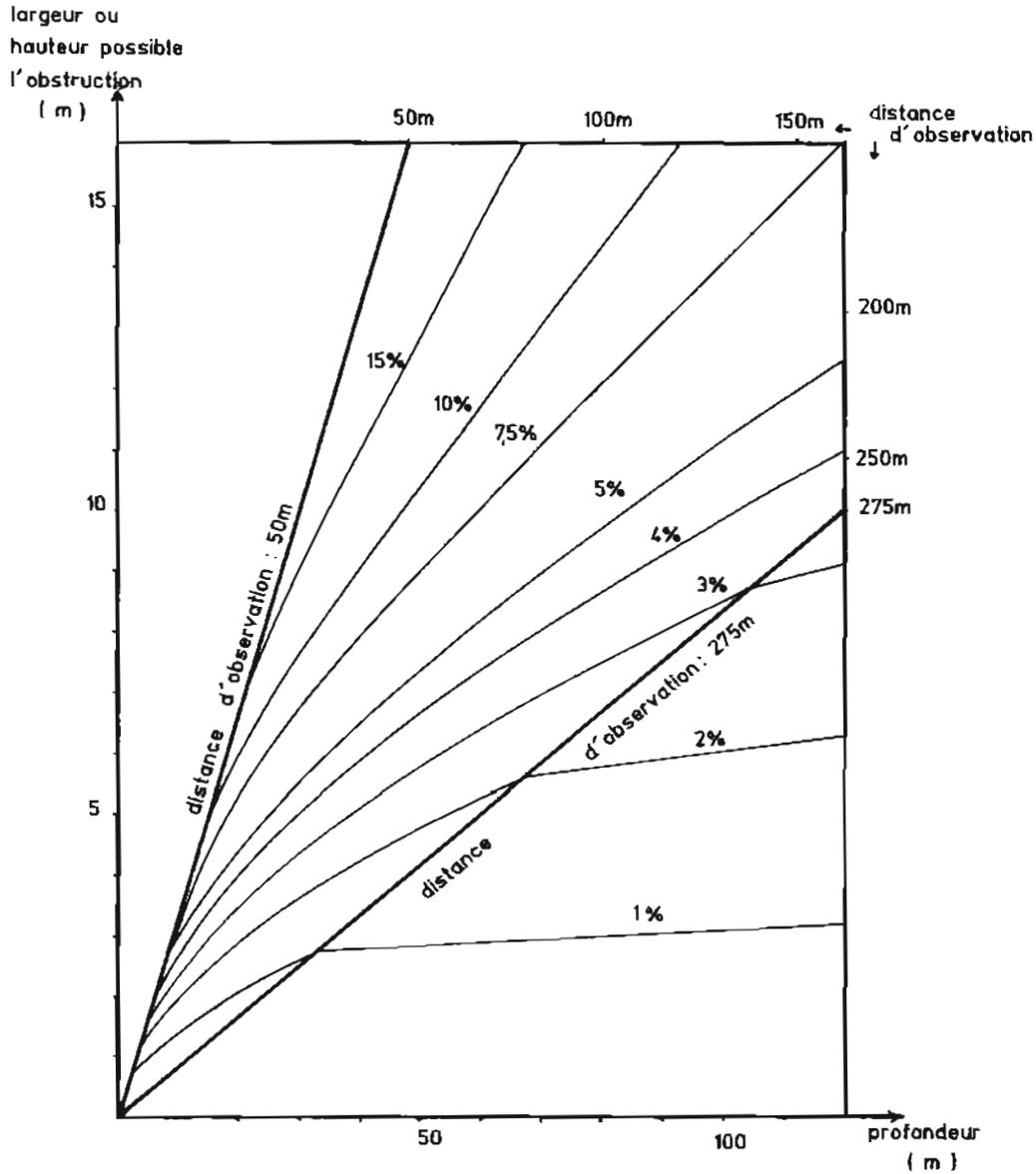


FIG. 23.

X. EMPLOI DU CLASSIFICATEUR

X.1. Classification – identification

X.1.1. Les structures régulières apparaissent nettement au classificateur. Les épaves sont généralement très reconnaissables, même lorsqu'elles se trouvent par fonds importants (essais effectués jusqu'à 120 m) ou lorsqu'elles sont brisées, car il y a toujours des éléments linéaires qui ressortent.

La finesse du classificateur permet, parfois, de préciser leur nature (sous-marin, conteneur, par exemple), alors que cette dernière ne peut être appréhendée sur les enregistrements du sondeur latéral.

L'étude au sondeur vertical doit être précédée d'une étude au sonar et au sondeur latéral : sur deux profils perpendiculaires dont l'un parallèle à l'axe de

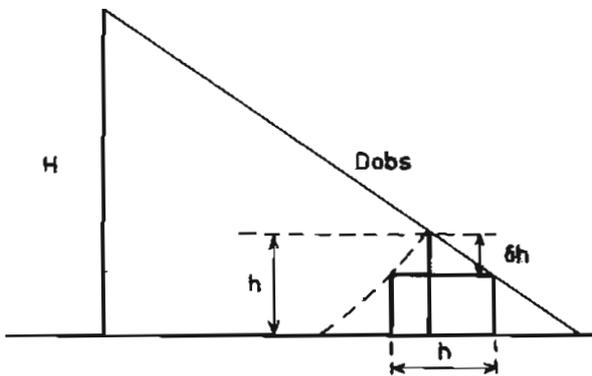


FIG. 22.

l'épave, puis en une station, située par l'autre travers, ou en plusieurs, dans le cas d'épaves proches ou d'une grosse épave très disloquée. Cette dernière vise à obtenir une image nette au sondeur latéral, une ou plusieurs photographies au classificateur (avec relevé des distance et azimut de prises de vues) et à déterminer le contour et l'orientation de l'épave, paramètres importants pour une identification ultérieure.

Ces éléments sont, par ailleurs, utilisés pour délimiter la zone d'étude au sondeur vertical, de manière à éviter d'oublier des débris un peu éloignés.

X.1.2. Les résultats et la méthode d'étude s'appliquent aussi aux obstructions isolées et, dans une certaine mesure, aux reliefs de faible extension horizontale.

X.1.3. Des essais ont été faits, en particulier, sur des ridins dans la voie recommandée du Pas de Calais et au Nord de la presqu'île du Cotentin. La ligne de crête peut être décrite au classificateur, sur profils espacés de 300 m (balayage manuel entre les gisements $\pm 40^\circ$). Le temps de réaction des opérateurs impose des vitesses inférieures ou égales à 4 nœuds.

Les résultats obtenus sont cohérents avec le dépouillement des bandes de sonde (écart en général, inférieur au mm à l'échelle du 1:10 000). Seuls quelques oublis, dus à l'encombrement du fond et au côté d'analyse du ridin doivent être soulignés. Le sens du profil, cependant, n'a pas une influence très marquée dans le Pas de Calais, et les portions de ligne de crête peuvent être assemblées sans difficulté (voir fig. 24). Au Nord de la presqu'île du Cotentin, par contre, une dune de 12 mètres de haut par fonds de 55 m, n'a été détectée ni au sonar ni au sondeur latéral, sur des profils perpendiculaires à la ligne de crête, attaquant la dune suivant la pente douce.

La supériorité du sonar sur le sondeur latéral est, par ailleurs, évidente, pour ce type d'opérations, et s'explique aisément par la direction des profils choisie pour permettre de mettre en œuvre, en même temps et dans de bonnes conditions, le sondeur vertical.

Pour un levé dans une zone de ridins, aussi resserré que celui effectué dans la voie recommandée du Pas de Calais (espacement des profils 50 m dans les profondeurs inférieures à 30 mètres), l'apport du sonar ne justifie pas sa mise en œuvre systématique. Par contre, lors des levés périodiques de contrôle des zones de ridins, la description des lignes de crêtes représente certainement un complément important.

X.2. Repérage des points hauts

X.2.1. Comme des exemples l'ont suggéré, il est impossible d'affirmer pouvoir détecter, avec sûreté, les points hauts d'une épave ou la présence de chaluts crochés. L'image présentée sur la console du classificateur n'offre qu'un champ très limité (25 m de large à 150 m) et est souvent trop complexe (enchevêtrement d'échos et d'ombres), dès que

l'épave est brisée ou un peu importante. Le caractère éphémère de ces images et une exploitation nécessairement temps réel, en l'absence d'enregistrements directement utilisables (recopie d'écran sur papier, par exemple), ne permettent pas d'appliquer les méthodes habituellement retenues en hydrographie.

X.2.2. L'analyse des ridins, sur profils, pour repérer leurs points hauts n'est pas aussi concluante que pour décrire les lignes de crête. Certains sont évidemment détectés, mais un fort taux de fausse alarme est constaté, provenant du champ restreint du classificateur.

X.3. Mesure de la hauteur par rapport au fond

L'analyse, effectuée au chapitre IX, montre qu'en l'absence d'information sur la forme de l'objet, il est nécessaire de prendre une estimation majorante de la hauteur réelle, qui permettra alors de décider de l'exécution d'une étude au sondeur vertical.

Dans le cas de petits objets, cette mesure peut être utilisée pour adopter une cote par rapport au fond comme l'ont montré, par exemple, les essais officiels ou ceux effectués dans le polygone du Becquet. La précision de cette cotation sera d'autant meilleure que l'on observera l'objet suivant la direction de sa plus petite dimension. Elle devra en outre être évaluée (mesure de la longueur de l'écho et de la distance d'observation).

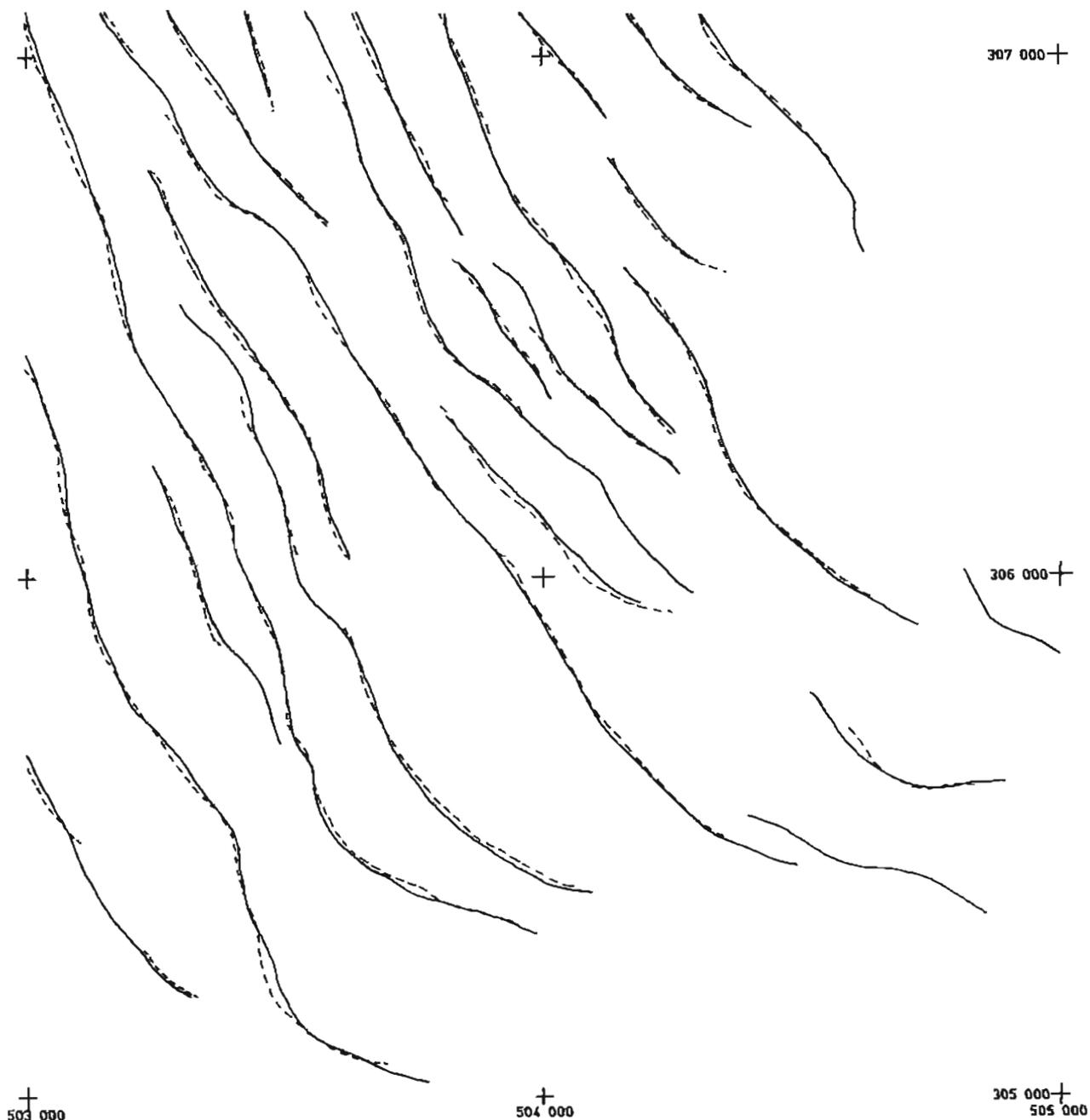
X.4. Recherche sur information de position

X.4.1. La finesse du classificateur peut être utilisée pour analyser des anomalies détectées au magnétomètre. Ainsi, par exemple, 47 anomalies d'amplitude supérieure ou égale à 5 nT et de faible étendue (anomalies observées sur un ou deux profils et confirmées par un second passage), mais ne pouvant être expliquées par une analyse des enregistrements du sondeur latéral disponibles (portée 150 m), ont été étudiées au sonar et au sondeur latéral (échelle 0-100 m), lors du levé de la voie recommandée du Pas de Calais :

- 37 n'ont donné aucun résultat;
- 3 ont fait l'objet d'un B.P. qui n'a pas été confirmé au sondeur latéral;
- 7 ont fourni un contact sonar, confirmé par le sondeur latéral, et ont été cotés au classificateur (hauteur inférieure ou égale au mètre).

Cet emploi du sonar présente un intérêt certain dans des zones critiques du point de vue de la sécurité de la navigation.

X.4.2. De la même façon, le sonar peut être utilisé pour analyser, plus finement, des obstructions détectées au sondeur latéral, et éventuellement les coter.



— lignes de crête obtenues au sondeur vertical
 ---- lignes de crête obtenues au S.E.H.M.

FIG. 24

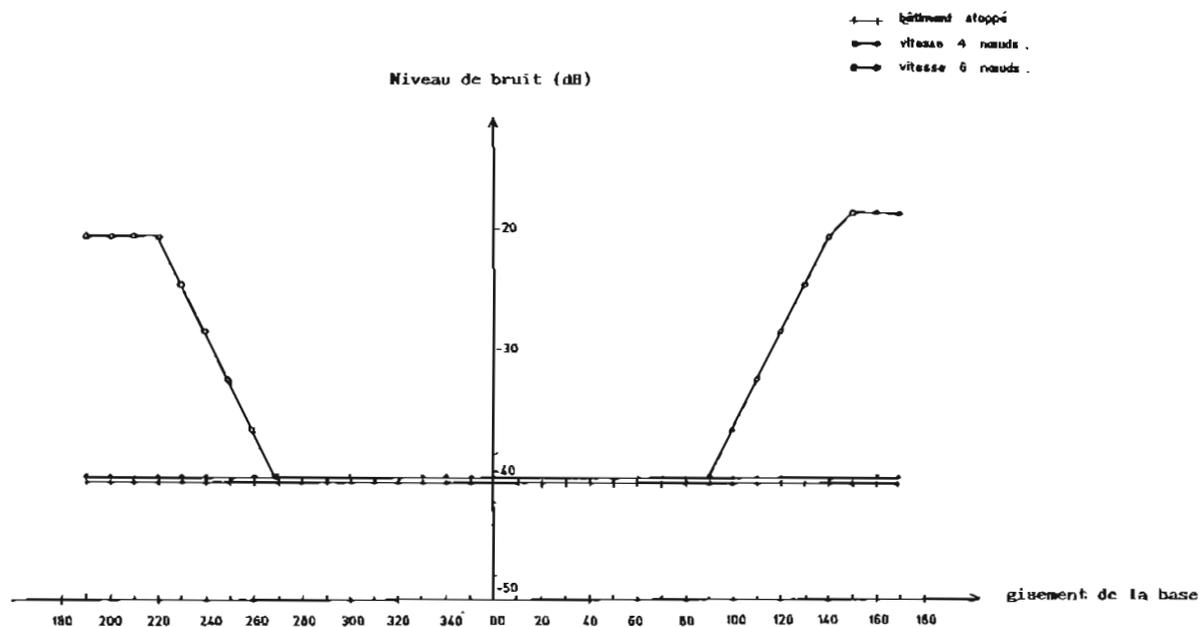
X.4.3. La limite des objets détectables pour ces applications peut être appréhendée à partir des essais effectués pour rechercher des appareils immergés.

Ainsi deux profils furent exécutés, à proximité de la bouée Vergoyer SW (fonds 35 m), avec mise en œuvre du sonar et du sondeur latéral (échelle 75 m), le premier profil après mouillage d'une cage de ma-

régraphe et, à quelque distance, d'une mire constituée de 2 réflecteurs radar (hauteur 1 m), le second après relevage de ce matériel.

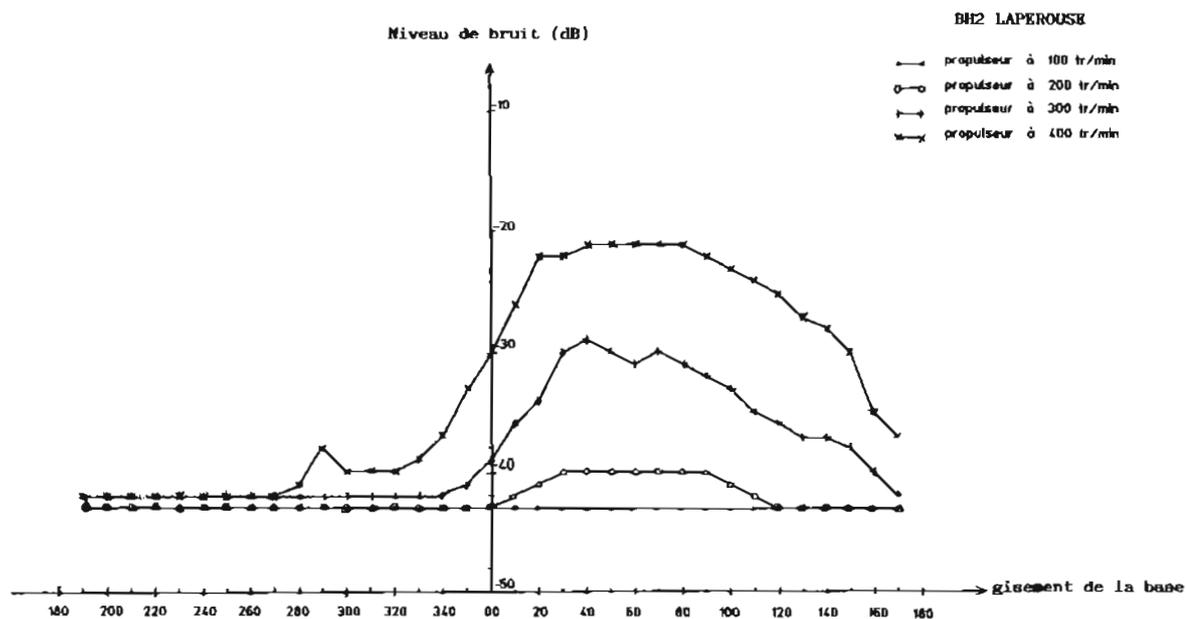
La présence et l'absence de ces objets ont été confirmées au sonar et au sondeur latéral, mais leur identification n'a pas été possible. Ils ont, d'ailleurs, été en partie confondus, avant leur relevage, avec un affleurement rocheux de 0,7 m de haut, reconnu ensuite par plongeurs.

ANNEXE AU CHAPITRE VII



— Conditions des essais : mer ≤ 3 , vent ≤ 25 noeuds, profondeur > 50 m — source : compte rendu d'essais n° 30 novembre 87.

FIG. 14. Niveau de bruit en fonction du gisement de la base du classificateur, bâtiment stoppé ou sous propulsion principale.

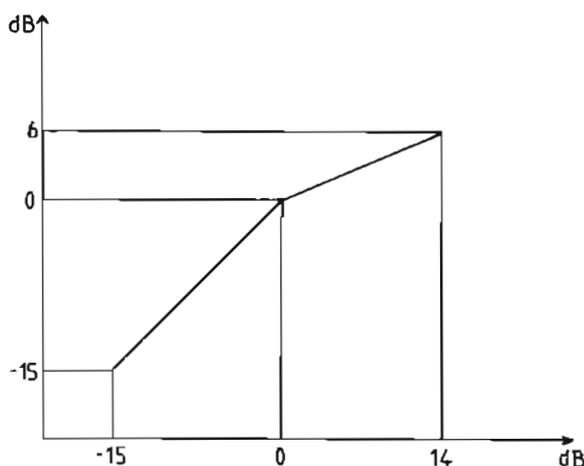


sources : comptes rendus d'essais : n° 30 novembre 1987 et 30 bis avril 1988

FIG. 15. Niveau de bruit en fonction du gisement de la base du classificateur, propulseur d'étrave en fonction (poussée tribord).

ANNEXE AU CHAPITRE VIII

Gabarit de correction des signaux reçus au classificateur avant visualisation



CINQUIÈME PARTIE

EMPLOI SIMULTANÉ DU SEHM ET D'AUTRES CAPTEURS

XI. EMPLOI SIMULTANÉ DU SEHM ET DU SONDEUR VERTICAL

XI.1. Brouillage du sonar par le sondeur

La mise en fonction du canal 210 kHz du Deso 20 ne constitue une gêne pour le classificateur (fréquence 420 kHz) que lorsque ce dernier est orienté vers l'arrière avec un gisement compris entre 90 et 270°.

Par contre, le détecteur est brouillé par le canal 66 kHz. Un dispositif d'atténuation de la puissance d'émission a donc été installé par la DCAN en septembre 1988 (atténuation ajustable aux valeurs 0, -9, -12, -15 et -18 dB). Avec l'atténuation maximale, le secteur utilisable, quelle que soit la profondeur, couvre les gisements compris entre -120 et +120°, intervalle qui se réduit, par petits fonds, à $\pm 60^\circ$ pour une atténuation de -12 dB. La valeur

de l'atténuation est donc réglée, *in situ*, en fonction du balayage utilisé et de la profondeur.

On pouvait craindre que la mise en fonction de ce dispositif, pour les besoins du sonar, n'entraîne un biais systématique sur la sonde analogique ou numérique. Cette évaluation a donc été aussi l'occasion d'analyser, un peu plus en détail, la qualité de la numérisation effectuée par le sondeur.

XI.2. Vérification du fonctionnement du sondeur « analogique » en mode atténué

La comparaison des mesures obtenues en mode atténué ou non, a été faite dans un premier temps en statique (bâtiment à quai et lors d'un étalonnage à barre) avec les différentes valeurs possibles de l'atténuation. Aucune différence sensible n'a été constatée. Dans un deuxième temps, deux séries de 6 profils ont été exécutées, dans une zone de fonds relativement plats : la première en mode non atténué,

la seconde avec une atténuation de - 12 dB. 5 traversiers, en mode atténué, ont ensuite été réalisés.

Les résultats de la comparaison sont explicités dans le tableau suivant.

Écarts des profondeurs observées aux intersections des profils (en mètres).

	5 traversiers avec atténuation (- 12 dB)
6 profils sans atténuation	moyenne des écarts = 0,03 écart type = 0,16
6 profils avec atténuation (- 12 dB)	moyenne des écarts = 0,01 écart type = 0,18

Ils ne mettent pas en évidence l'existence d'une quelconque erreur systématique et il a donc été admis que les mesures du sondeur sur la fréquence 66 kHz étaient cohérentes pour toute valeur de l'atténuation et qu'une simple vérification, à quai, faite régulièrement devait suffire à contrôler le bon fonctionnement du dispositif d'atténuation.

XI.3. Qualité de la numérisation effectuée par le sondeur

La cohérence entre les fichiers constitués par l'HYDRAC et les valeurs de la sonde numérisée, matérialisées sur la bande de sonde 1 cm au-dessus de la trace analogique du fond, a tout d'abord été vérifiée. On constate généralement l'identité, cependant il arrive fréquemment que la valeur numérique soit inférieure de 10 cm à la valeur matérialisée, cet écart se produisant systématiquement dans le sens de la sécurité.

Par la suite, l'étude de la qualité de la numérisation a été menée par comparaison des traces numérique et analogique sur la bande de sonde, cette dernière faisant foi. Différentes anomalies ont ainsi pu être constatées :

- des têtes bien marquées sur l'enregistrement analogique mais correspondant le plus souvent à des échos latéraux ne sont pas détectées par le numériseur (voir annexe § 1). Ces défauts se produisent quelle que soit la vitesse du bâtiment;

- des échos sont parfois pris en compte, lors de la numérisation, avec un retard pouvant être supérieur à 1 s (voir annexe § 2). Cependant le retard moyen évalué sur des points caractéristiques, bien numérisés, est de 0,1 s.

La fréquence d'apparition des anomalies du premier type est augmentée d'environ 50 % lorsque le dispositif d'atténuation est mis en fonction (atténuation de - 12 dB), mais le retard moyen, lui, n'est pas altéré.

XI.4. Procédure de traitement

Le choix de sondes est conduit en deux étapes.

XI.4.1. Les premières opérations, effectuées à bord du *Lapérouse*, consistent à :

- réaliser, matérialiser et dépouiller un choix de sondes pour les plages correspondant à un défaut d'archivage (HYDRAC);

- vérifier la qualité de la numérisation et préparer la correction des défauts :

a) on admet qu'il y a un défaut lorsque la matérialisation de l'écho numérisé s'écarte de la valeur attendue, compte tenu de l'écho analogique, de plus de 0,5 % de la profondeur avec un minimum de 15 cm. Cependant les seuls défauts qui doivent être corrigés sont relatifs aux sondes susceptibles d'être retenues par le choix de sondes : la correction vise l'équivalence du choix de sondes sous forme numérique et du choix de sondes, tel qu'il aurait été fait traditionnellement, et non celle du fichier brut et de la bande de sonde;

b) on admet qu'il y a défaut lorsqu'un retard est visible entre la matérialisation de l'écho numérisé et l'écho analogique, généralement ce retard n'est sensible qu'en des points caractéristiques du fond. Il n'est à corriger que si l'erreur de position qui en résulte est supérieure à 1 mm à l'échelle de rédaction.

Les défauts à corriger sont repérés et dépouillés de façon classique sur la bande de sonde :

- repérer et dépouiller tout sommet susceptible d'être un relèvement de fond (écho s'écartant de plus de 5 % de la profondeur moyenne - appréciée sur un segment égal à deux fois cette profondeur - et corrigée de la marée prédite).

XI.4.2. La seconde étape consiste après vérification des opérations précédentes et choix de sondes automatique :

- à introduire dans les fichiers les sondes non archivées ou mal numérisées préparées lors de l'étape précédente,

- à vérifier en heure et profondeur, tout sommet susceptible d'être un relèvement de fond,

- à contrôler, en heure et profondeur, quelques points caractéristiques, régulièrement espacés (un point tous les 15 cm environ sur la bande de sonde).

XII. EMPLOI SIMULTANÉ DU SEHM ET DU MAGNÉTOMÈTRE

Lors du levé de la voie recommandée du Pas de Calais 108 anomalies d'amplitude supérieure ou égale à 5 nT et de faible étendue (anomalies observées sur un ou deux profils) ont été détectées. 61

d'entre elles ont été infirmées par un second passage. Ces anomalies annulées avaient été obtenues sur des profils sonar (vitesse 4 nœuds), effectués mer de l'arrière. Par ailleurs, on a pu observer qu'elles se produisaient souvent en chapelet et qu'elles étaient alors approximativement équidistantes. Elles trouvent probablement leur origine dans un rapprochement de la sonde et du bâtiment et il est donc nécessaire d'augmenter la longueur de câble filée du magnétomètre, lorsque le sonar est utilisé (longueur filée supérieure à trois fois la longueur du bâtiment).

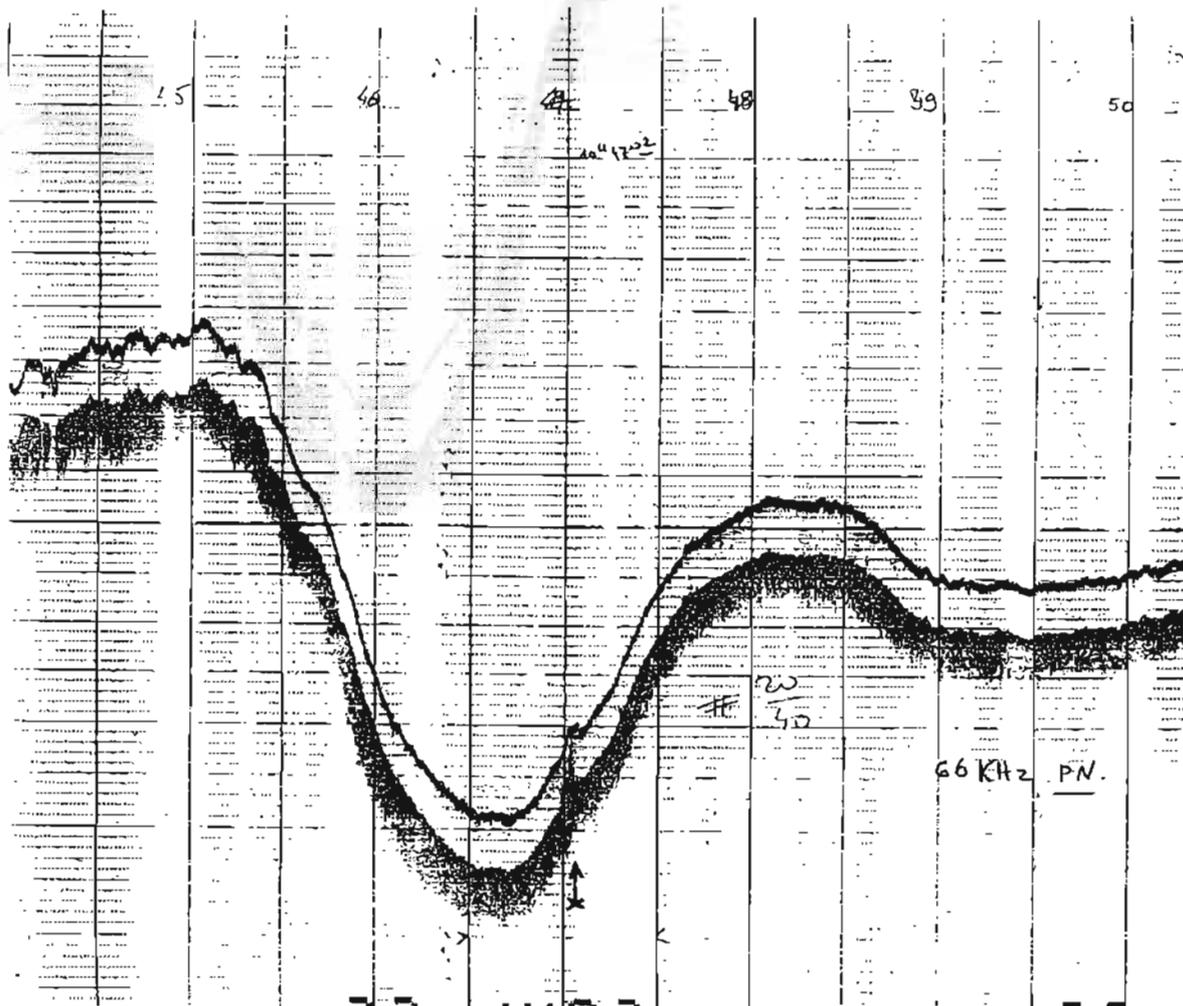
XIII. LOCALISATION

Le SEHM est essentiellement un équipement temps réel (impossibilité d'effectuer des rejeux à partir des « enregistrements longue durée » non renseignés et longueur des traitements importante puisque les bandes constituées sont relues à la vitesse d'enregistrement).

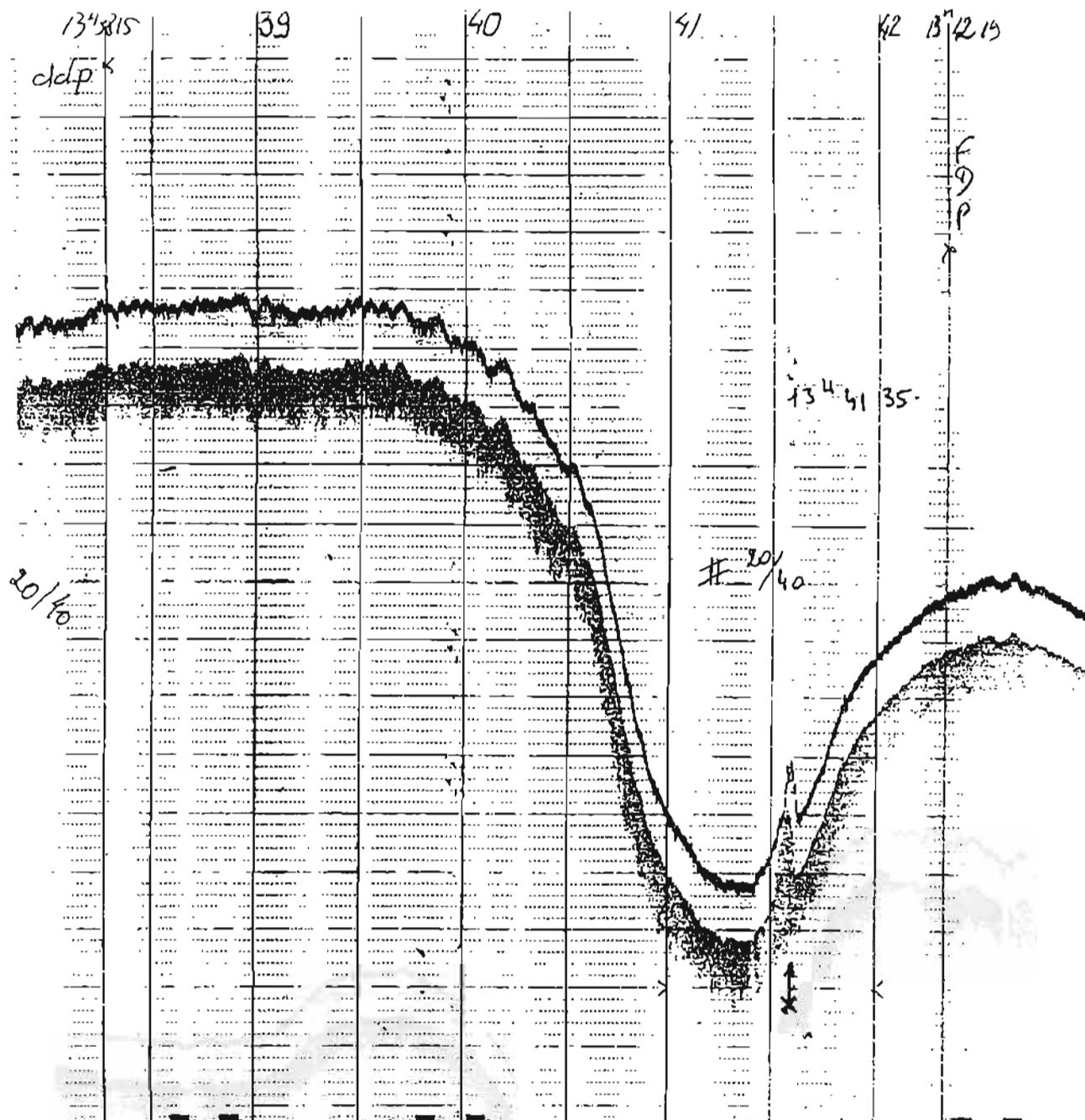
La localisation doit donc pouvoir être validée en temps quasi-réel de manière à profiter pleinement de la précision des Bien Pointés du classificateur.

ANNEXE AU CHAPITRE XI

1. Exemple de défaut de numérisation, vitesse 4 nœuds – 66 kHz mode non atténué



2. Exemple de retard de la numérisisation, vitesse 4 nœuds - 66 kHz mode atténué (-12 dB)



BIBLIOGRAPHIE

- [1] R.J. URICK - Principles of underwater sound (second edition).
- [2] M. SCHULKIN et H.W. MARSH
- Sound absorption in sea water, *Jasa* vol. 34 - juin

- 1962 et vol. 35 - mai 1963,
- Absorption of sound in sea water, *J. BRIT - IRE* - 25 juin 1963),
- Low-frequency sound absorption in the sea, *Jasa* vol. 63 (1) - janvier 1978.
- [3] C.M. Mc KINNEY et C.D. ANDERSON - Measurements of backscattering of sound from the ocean bottom, *Jasa* vol. 36 (1) - janvier 1964.

PASSAGE DE LA MARÉE AU-DESSUS D'UN TALUS EN OCÉAN STRATIFIÉ

par

M^{me} A. PICHON, Service Hydrographique et Océanographie de la Marine
M. R. MAZÉ, Laboratoire de Physique des Océans – Université de Bretagne Occidentale

RÉSUMÉ

On étudie le passage d'une marée de type M_2 arrivant sous incidence normale au-dessus d'un talus dans le cas d'une stratification sur la verticale continue en densité. Les équations du mouvement sont linéaires et sans frottement. L'équation de propagation de la fonction de courant, résolue par la méthode des caractéristiques, montre pour des conditions aux limites identiques à celles prises au cours d'études antérieures (Baines 1982), que la répartition du maximum d'énergie interne suit une direction particulière. Les mesures de la campagne GASTOM 90, si elles confirment la présence d'une marée interne sous la thermocline saisonnière se propageant au-dessus de la plaine abyssale, montrent que le maximum d'énergie interne se situe plutôt à immersion constante vers 1 000 m, quel que soit le point de mouillage. C'est pourquoi la méthode de résolution des équations est reprise en introduisant d'autres conditions aux limites.

ABSTRACT

We studied normal tidal motion M_2 over a continental slope with a continuously stratified fluid. Movement is considered linear and frictionless. The equation of the propagation of the stream function solved by the characteristics method, shows that for boundary conditions which are identical to those taken during previous studies (Baines 1982), maximum repartition of internal energy follows a particular direction. Data from the GASTOM 90 survey confirm the presence of an internal tide under the seasonal thermocline which propagates over the abyssal plain, but also show that the maximum internal energy is located at a constant depth, around 1 000 m, regardless of the mooring point. Hence the equation are taken again, with the introduction of other boundary conditions.

INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années, de nombreux océanographes ont modélisé l'influence de la stratification verticale du milieu sur la marée lorsque celle-ci aborde un talus. Plusieurs théories, Pensenberg and Rattray 1974, Baines 1982, Baines and Fang 1985, New 1988, montrent que la vitesse verticale provoquée à la base du talus par le passage de la marée, conjuguée à une stratification du milieu continue en densité (N, fréquence de Vaïssala constante), engendre une perturbation interne qui se propage de part et d'autre du talus. Le maximum d'énergie de ces marées internes suit des droites particulières dont les pentes sont définies par la relation de dispersion des marées internes qui régit la propagation de celles-ci par fond plat.

En outre, la répartition spatiale, au niveau mondial, des zones de génération des marées internes, décrite au cours d'une étude antérieure (Baines 1982), montre que le Golfe de Gascogne et la côte Est des Îles Britanniques sont les zones les plus énergétiques. C'est pourquoi, afin de valider les modèles, plusieurs séries de mesures (Pingree 1986, New 1988, New and Pingree 1990) ont été réalisées depuis 1985 dans le Golfe de Gascogne, le long du talus continental près du Banc de la Chapelle.

La présence d'oscillations internes importantes, correspondant à un déplacement vertical semi-diurne des particules d'environ 100 m d'amplitude vers 1 000 m de profondeur, est ainsi mis en évidence (Pingree 1986). La confrontation d'un modèle utilisant la décomposition en modes de la marée interne (New 1988) avec des mesures de courant montre, aussi bien sur les mesures que dans le modèle, qu'il

existe un important déphasage dans la répartition verticale du courant perpendiculaire au talus.

Le réseau de mesures disponibles est cependant insuffisant et ne permet pas de décrire avec précision la répartition verticale du ou des maxima d'énergie véhiculés par ces oscillations internes.

L'étude présentée ci-après, en reprenant les équations du mouvement global (modes barotrope et barocline inclus), utilise une méthode de résolution déjà éprouvée (Baines 1982, Baines and Fang 1985) dont la mise en œuvre devrait permettre de tester différents jeux de conditions aux limites.

Des mesures réalisées en 1990 dans le Golfe de Gascogne pendant la campagne GASTOM 90 sont ensuite présentées en confrontation avec une première version du modèle utilisant les mêmes conditions aux limites que les études antérieures.

1. THÉORIES

L'ensemble des théories qui ont été élaborées afin de simuler la création puis l'évolution de marées internes en milieu continuellement stratifié, c'est-à-dire avec une fréquence de Vaïssala constante (New 1988, Baines 1982, Prinsenberg and Ratray 1974) diffèrent dans la résolution des équations de Navier-Stokes selon que l'on choisit les hypothèses et méthodes de résolution suivantes :

- l'approximation hydrostatique est ou n'est pas introduite;

- les équations sont résolues en introduisant soit uniquement le mode barocline soit l'ensemble du courant, barocline plus barotrope.

Dans les paragraphes suivants sont présentés deux exemples de résolution tenant compte des hypothèses précédentes ainsi qu'une comparaison entre les deux méthodes employées.

1.1. Résolution en mode hydrostatique

Dans ce premier exemple l'approximation hydrostatique est réalisée et les équations sont résolues globalement : \vec{u} représente le courant total et η le déplacement interne des particules dû aussi bien au passage de la marée barotrope qu'à la création du mouvement interne.

1.1.1. Présentation de la zone et des variables

On se situe dans un plan $[x, z]$ en présence d'une onde de marée semi-diurne M_2 , arrivant sous incidence normale au-dessus du talus continental du Golfe de Gascogne.

— \vec{u} : $\begin{matrix} u \\ v \\ w \end{matrix}$: courant total

— η : déplacement interne des particules lié au passage de la marée en milieu stratifié.

$$\eta = \frac{dw}{dt}$$

η_0 : déplacement de la surface libre

$\rho_0(z)$: répartition verticale du milieu en équilibre hydrostatique.

$\bar{\rho}_0$: valeur moyenne sur la verticale de $\rho_0(z)$

$\rho'(x, z, t)$: perturbation de densité due au mouvement des particules

$\rho(x, z, t)$: densité totale, $\rho = \rho_0(z) + \rho'$

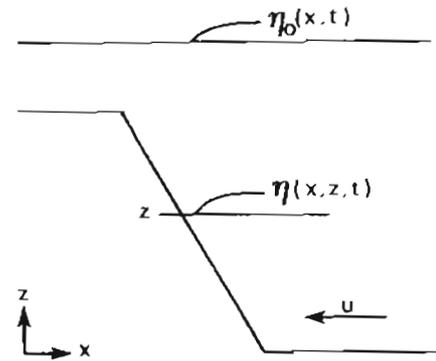
$\rho_0(x, z, t)$: pression en équilibre hydrostatique

$$\rho_0(z) g = - \frac{\partial \rho_0}{\partial z}$$

$p'(x, z, t)$: perturbation de pression due au mouvement des particules

$p(x, z, t)$: pression totale $p = p_0 + p'$

N : fréquence de Vaïssala $N^2 = -g/\bar{\rho}_0 \cdot \partial \rho_0(z)/\partial z$



1.1.2. Équations de base

Les équations sont linéaires, sans frottement et sans terme de forcing suivant Oy.

Équations du mouvement :

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} - fv \right) = \frac{\partial p}{\partial x} \quad (1)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} - fu \right) = 0 \quad (2)$$

$$\rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + g \right) = \frac{\partial p}{\partial z} \quad (3)$$

Équations d'état :

$$\frac{d\rho}{dt} = 0 \quad (4)$$

Équation de continuité :

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (5)$$

L'approximation hydrostatique, provient de l'hypothèse que les forces de pesanteur sont prépondérantes.

rantes dans la formation du gradient de pression verticale par rapport aux variations de vitesse verticale (équation 3).

Or l'équation 3 peut se décomposer comme suit :

$$\rho \frac{\partial w}{\partial t} + \rho_0 g + \rho' g = - \frac{\partial \rho_0}{\partial z} - \frac{\partial \rho'}{\partial z}$$

(a) (b)

$$\rho \frac{\partial w}{\partial t} + \rho' g = - \frac{\partial \rho'}{\partial z}$$

Comparons les termes (a) et (b) :

$$(a) : \rho \frac{\partial w}{\partial t} = \rho \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} \approx \rho \omega^2$$

$$\frac{d\rho}{dt} = 0 \quad (4) \rightarrow \frac{\partial \rho}{\partial t} + w \frac{\partial \rho_0}{\partial z} = 0$$

$$\frac{\partial \rho'}{\partial t} + w \frac{\partial \rho_0}{\partial z} = 0$$

$$\rho' = - \frac{\partial \rho_0}{\partial z} \int w dt = - \frac{\partial \rho_0}{\partial z} \eta$$

$$(b) : \rho' g = -g \frac{\partial \rho_0}{\partial z} \eta = + \bar{\rho}_0 N^2 \eta$$

comparer (a) et (b) revient à comparer les fréquences ω^2 et N^2 .

Entre 46°N et 49°N, dans le Golfe de Gascogne, la fréquence de Väisälä, $N^2 = -g/\bar{\rho}_0 \partial \rho_0(z)/\partial z$ est comprise entre $1,5 \cdot 10^{-3} s^{-1}$ et $2,5 \cdot 10^{-3} s^{-1}$ en-dessous de la thermocline saisonnière.

La stratification du milieu, supposée continue de la surface au fond, est représentée par : $N = 2 \cdot 10^{-3} s^{-1}$.

Dans le cas de la marée M_2 , $\omega_m = 1,4 \cdot 10^{-4} s^{-1}$

$$N^2 = 100 \omega^2 \quad N^2 \gg \omega^2 \quad (a) \ll (b)$$

Les forces de pesanteurs étant prépondérantes on réécrit l'équation (3) sous la forme classique :

$$\rho g = - \frac{\partial \rho}{\partial z} \quad \text{ou en introduisant } \rho_0, \rho', \rho_0, \rho' :$$

$$\rho' g = - \frac{\partial \rho'}{\partial z}$$

$$\bar{\rho}_0 N^2 \eta = - \frac{\partial \rho'}{\partial z} \quad (3)$$

1.1.3. Résolution

ρ_0 et ρ' étant hydrostatiques, on calcule la pression p puis le gradient de pression $\frac{\partial \rho'}{\partial x}$ de la façon suivante :

$$p(x, z, t) = \int_z^{\eta_0} \rho g dz$$

$$p(x, z, t) = \underbrace{\int_z^0 \rho_0(z) g dz}_{\rho_0 : \text{pression hydrostatique}} + \int_z^0 \bar{\rho}_0 N^2 \eta dz + \int_0^{\eta_0} \rho_0(z) g dz$$

ρ_0 : pression hydrostatique

$$+ \underbrace{\int_0^{\eta_0} \bar{\rho}_0 N^2 \eta dz}_{\text{terme du second ordre}}$$

terme du second ordre

$$\text{or } \rho_0(z) = \bar{\rho}_0 + z \frac{\partial \rho_0}{\partial z} = \bar{\rho}_0 \left(1 - \frac{N^2}{g} z \right)$$

$$\int_0^{\eta_0} \rho_0(z) g dz \approx \int_0^{\eta_0} \bar{\rho}_0(z) g dz$$

$$p(x, z, t) = \rho_0 + \int_z^0 \bar{\rho}_0 N^2 \eta dz + \int_0^{\eta_0} \bar{\rho}_0(z) g dz$$

$$p(x, z, t) = \rho_0 + \underbrace{\int_z^0 \bar{\rho}_0 N^2 \eta dz}_{\text{perturbation interne}} + \underbrace{\int_0^{\eta_0} \bar{\rho}_0 g dz}_{\text{perturbation de surface équivalente à celle en milieu homogène}}$$

perturbation interne perturbation de surface
équivalente à celle en milieu homogène

$$p' = \bar{\rho}_0 g \eta_0 + \int_z^0 \bar{\rho}_0 N^2 \eta dz ; \quad \frac{\partial p'}{\partial x} = \bar{\rho}_0 g \frac{\partial \eta_0}{\partial x} + \bar{\rho}_0 N^2 \int_z^0 \frac{\partial \eta}{\partial x} dz \quad (6)$$

En réalisant l'approximation de Boussinesq et en introduisant l'équation (6) dans l'équation (1), on obtient le système suivant :

$$\frac{\partial u}{\partial t} - fv = -g \frac{\partial \eta_0}{\partial x} - \int_z^0 N^2 \frac{\partial \eta}{\partial x} dz \quad (7)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + fu = 0 \quad (8)$$

$$\text{Posons : } u = ue^{i\omega t} \quad v = ve^{i\omega t} \quad \eta = \eta e^{i\omega t}$$

$$(\omega^2 - f^2)v = -g \frac{\partial \eta_0}{\partial x} - \int_z^0 N^2 \frac{\partial \eta}{\partial x} dz \quad \text{avec } \eta_0 = \frac{\partial \eta_0}{\partial t}$$

Soit ψ la fonction du courant total telle que :

$$\eta = \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad u = - \frac{\partial \psi}{\partial z}$$

$$N^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - (\omega^2 - f^2) \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = 0 \quad (9)$$

1.2. Résolution en mode hydrodynamique (Baines 1982)

Dans ce deuxième exemple qui reprend les études réalisées par Baines en 1982, les équations sont résolues pour le mode interne uniquement.

\vec{u} le courant total est décomposé en :

$$\vec{u}_1 \text{ courant barotrope} \\ \vec{u}_i \text{ courant barocline}$$

1.2.1. Présentation des variables

$$- \vec{u}_1 \begin{cases} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \end{cases} \text{ courant barotrope}$$

$$- \vec{u}_i \begin{cases} u_i \\ v_i \\ w_i \end{cases} \text{ courant barocline}$$

— η : déplacement interne des particules lié au passage de la marée en milieu stratifié.

— $\eta = \eta_1 + \eta_i$ avec

$$\eta_1 = \frac{dw_1}{dt} \quad \eta_i = \frac{dw_i}{dt}$$

— η_0 : déplacement de la surface libre

— $\rho_0(z)$: répartition verticale du milieu en équilibre hydrostatique

— $\bar{\rho}_0$: valeur moyenne sur la verticale de $\rho_0(z)$

— ρ' : perturbation de densité due au mouvement des particules

$$\rho' = \rho_1 + \rho_i$$

— $\rho(x, z, t)$: densité totale : $\rho = \rho_0(z) + \rho_1 + \rho_i$

— $p(x, z, t)$ pression totale; $p = p_0 + p_1 + p_i$ avec p_0 pression en équilibre hydrostatique

$$p_0 = \int_z^0 \rho_0(z) g dz$$

p_1 perturbation de pression due au passage de la marée en milieu homogène

$$p_1 = \int_z^{\eta_0} \rho_0(z) g dz = \bar{\rho}_0 g \eta_0$$

p_i perturbation interne due au passage de la marée en milieu stratifié.

1.2.2. Équations de base

Les équations (1), (2), (3) (§ 1.1.2) sont réécrites en enlevant les parties (courant et pression) correspondant au mode barotrope en océan homogène.

$$\bar{\rho}_0 \frac{\partial u_i}{\partial t} - f v_i = - \frac{\partial p_i}{\partial x} \quad \left(\bar{\rho}_0 \frac{\partial u_1}{\partial t} - f u_1 = - \frac{\partial p_1}{\partial x} \right) \quad (8)$$

$$\bar{\rho}_0 \frac{\partial v_i}{\partial t} + f u_i = 0 \quad (9)$$

$$\bar{\rho}_0 \frac{\partial w_1}{\partial t} + \bar{\rho}_0 \frac{\partial w_i}{\partial t} + (\rho_1 + \rho_i) g = - \frac{\partial p_i}{\partial z} \quad \left(\rho_0 g = - \frac{\partial p_0}{\partial z} \quad \text{et} \quad \frac{\partial p_1}{\partial z} = 0 \right) \quad (10)$$

L'approximation hydrostatique n'est réalisée que sur le mode « 1 » (mode barotrope en océan homogène).

$$\bar{\rho}_0 \frac{\partial w_i}{\partial t} + (\rho_1 + \rho_i) g = - \frac{\partial p_i}{\partial z} \quad (\rho_1 + \rho_i) g = \bar{\rho}_0 N^2 (\eta_1 + \eta_i) \quad (\text{équation d'état}) \quad \bar{\rho}_0 \frac{\partial w_i}{\partial t} + \bar{\rho}_0 N^2 (\eta_1 + \eta_i) = - \frac{\partial p_i}{\partial z} \quad (11)$$

1.2.3. Résolution

En posant ψ_i fonction du courant interne

$$w_i = \frac{\partial \psi_i}{\partial x}, \quad u_i = - \frac{\partial \psi_i}{\partial z} \quad \text{et} \quad \psi_i = \psi_i e^{i\omega t}$$

et en combinant les équations (8) (9) et (10) on aboutit à l'équation de propagation suivante :

$$\nabla^2 \psi_i + N^2 \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial x^2} + f^2 \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial z^2} = - N^2 \frac{\partial w_1}{\partial x} \quad (12)$$

Calcul de $N^2 \frac{\partial w_1}{\partial x}$:

$$u_1 = \frac{Q}{h} \cos \omega t$$

h : profondeur de l'eau

Q : débit de la marée barotrope

$$\frac{\partial u_1}{\partial x} + \frac{\partial w_1}{\partial z} = 0 \Rightarrow w_1 = \frac{\partial h}{\partial x} u_1 \frac{z}{h}$$

$$w_1 = - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{h} \right) Q z \cos \omega t$$

$$\frac{\partial w_1}{\partial x} = - \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(\frac{1}{h} \right) Q z \cos \omega t$$

L'équation de propagation (12) devient :

$$\frac{\partial^2 \psi_i}{\partial x^2} (N^2 - \omega^2) - (\omega^2 - f^2) \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial z^2} = N^2 Q z \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(\frac{1}{h} \right)$$

en posant $c^2 = \frac{\omega^2 - f^2}{N^2 - \omega^2}$ on obtient

$$\frac{\partial^2 \psi_i}{\partial x^2} - c^2 \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial z^2} = \frac{N^2}{N^2 - \omega^2} Q z \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(\frac{1}{h} \right) \quad (\text{Baines 1982}) \quad (13)$$

Cette équation est résolue en posant les conditions aux limites détaillées au paragraphe suivant.

1.3. Comparaison entre les deux méthodes

En mode hydrodynamique, l'équation (13) est résolue en considérant ψ_i comme la somme d'une solution générale, ψ_3 et d'une solution particulière ψ_2 (Baines 1982) telles que :

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \psi_3}{\partial x^2} - c^2 \frac{\partial^2 \psi_3}{\partial z^2} = 0 \\ \psi_2 = \frac{N^2}{N^2 - \omega^2} Q \frac{z}{h} \end{cases} \quad \psi_i = \psi_3 + \psi_2$$

$$\text{Or} \quad \frac{\partial \psi_2}{\partial z} = \frac{N^2}{N^2 - \omega^2} \frac{Q}{h} = + \frac{N^2}{N^2 - \omega^2} u_1$$

$$\frac{\partial \psi_3}{\partial x} = - \frac{N^2}{N^2 - \omega^2} \frac{Q}{h^2} \frac{\partial h}{\partial x} z = - a u \frac{z}{h} \frac{N^2}{N^2 - \omega^2} =$$

$$- \omega_1 \frac{N^2}{N^2 - \omega^2}$$

avec $\begin{cases} u_1 \\ w_1 \end{cases}$ courant barotrope en océan homogène

Posons $\psi_1 = -\psi_2$

Si l'on réintroduit à ce niveau l'approximation hydrostatique (§ 1.1.2.) on obtient : $\frac{N^2}{N^2 - \omega^2} \approx 1$ et ψ_1 correspond ainsi à la fonction du courant barotrope au-dessus du talus et est nulle par fond plat.

$$\psi_i = \psi_3 + \psi_2 = \psi_3 - \psi_1$$

Les conditions aux limites imposées pour ψ_i (Baines 1982) sont $\psi_i = 0$ en $z = -h$ aussi bien au-dessus du talus que par fond plat.

Si l'on transfère ces conditions aux limites à ψ_3 qui est en fait la fonction de courant globale barotrope plus barocline et qui est donc équivalente à la fonction, ψ équation (9), on obtient :

en $z = 0$ et $z = -h$

$$\psi_3 = 0 \text{ par fond plat}$$

$$\psi_3 = \psi_1 \text{ au-dessus du talus en } z = -h.$$

C'est cette condition aux limites qui va être utilisée pour résoudre l'équation (9) pour laquelle l'approximation hydrostatique, compte tenu des conditions de stratification du Golfe de Gascogne et de la fréquence du forcing barotrope semi-diurne, est correcte.

2. RÉOLUTION NUMÉRIQUE

La méthode numérique employée utilise le principe de résolution d'une équation aux dérivées partielles par la méthode des caractéristiques. Le paragraphe suivant rappelle brièvement les bases de cette méthode.

2.1. Rappels sur la méthode des caractéristiques appliquée à l'équation (9)

Considérons l'équation générale de propagation d'une onde dans le plan $[x, z]$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \alpha^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = K \quad \alpha = \frac{\sqrt{\omega^2 - f^2}}{N}$$

$$\text{posons } p = \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad q = \frac{\partial \psi}{\partial z}$$

La résolution de cette équation du second ordre peut être ramenée au système d'équation du premier ordre suivant si l'on suppose que la fonction de courant est deux fois dérivable :

$$\begin{cases} \frac{\partial p}{\partial x} - \alpha^2 \frac{\partial p}{\partial z} = K \\ \frac{\partial q}{\partial x} - \frac{\partial p}{\partial z} = 0 \end{cases} \quad [1]$$

La résolution de ce système par la méthode des caractéristiques peut se résumer de la façon suivante :

Considérons le vecteur « s » de coordonnées $\vec{s} = \begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix}$. Le principe est le même que pour la réso-

lution d'une seule équation aux dérivées partielles du premier ordre. On cherche une famille de courbes « Γ » le long desquelles le système [1] se résumera à une seule équation différentielle totale sur le vecteur \vec{s} du genre $\vec{T} \cdot \frac{d\vec{s}}{dx} = \vec{T} \cdot \vec{K}$ (2)

$$\vec{K} \begin{vmatrix} K & \vec{T} \\ 0 & h \\ & b \end{vmatrix}$$

Sous forme matricielle le système [1] s'écrit :

$$\frac{\partial \vec{s}}{\partial x} + B \frac{\partial \vec{s}}{\partial z} = \vec{K} \quad (3)$$

$$\text{avec } \vec{s} = \begin{pmatrix} p \\ q \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 0 & -\alpha^2 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \quad \vec{K} = \begin{pmatrix} k \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$(3) \text{ peut s'écrire : } \vec{T} \cdot \left(\frac{\partial \vec{s}}{\partial x} + B \frac{\partial \vec{s}}{\partial z} \right) = \vec{T} \cdot \vec{K}$$

Quel que soit \vec{T} :

$$\vec{T} \frac{\partial \vec{s}}{\partial x} + \vec{T} B \frac{\partial \vec{s}}{\partial z} = \vec{T} \cdot \vec{K}$$

pour que ce système d'équation puisse se mettre sous la forme (2) il faut et il suffit que le vecteur \vec{T} soit vecteur propre de la matrice B, admettant comme valeur propre λ . Pour tout couple (\vec{T}, λ) on aura dans ce cas :

$$\vec{T} \frac{\partial \vec{s}}{\partial x} + \lambda \vec{T} \frac{\partial \vec{s}}{\partial z} = \vec{T} \cdot \vec{K}$$

$\vec{T} \frac{d\vec{s}}{dx} = \vec{T} \cdot \vec{K}$ le long de courbes « Γ » définies par $\frac{dz}{dx} = \lambda$

Les familles de courbes caractéristiques « Γ » sont donc définies à l'aide des valeurs propres « λ » de la matrice B (réelles dans ce cas). Le système d'équations aux différentielles totales (dp, dq) est défini à l'aide des vecteurs propres \vec{T} et valeurs propres λ de la même matrice B.

Application

Valeurs propres de B :

$$\det \begin{vmatrix} -\lambda & -\alpha^2 \\ -1 & -\lambda \end{vmatrix} = 0 \quad \lambda^2 - \alpha^2 = 0$$

$$\lambda_1 = +\alpha$$

$$\lambda_2 = -\alpha$$

Il existe deux familles de courbes, Γ_1, Γ_2 d'équations

$$\Gamma_1 : \frac{dz}{dx} = +\alpha$$

$$\Gamma_2 : \frac{dz}{dx} = -\alpha$$

(ce sont des droites pour le cas physique étudié)

Vecteurs propres de B

$$\vec{h}_1 \begin{vmatrix} x_1 \\ z_1 \end{vmatrix} \quad \vec{h}_1 B = \lambda_1 \vec{h}_1 \quad \vec{h}_1 \begin{vmatrix} x_1 \\ z_1 \end{vmatrix}$$

$$-z_1 = \lambda_1 x_1$$

$$-c^2 x_1 = \lambda_1 z_1$$

$$\vec{h}_1 \begin{vmatrix} 1 \\ -\lambda_1 \end{vmatrix} \Rightarrow \vec{h}_1 \begin{vmatrix} 1 \\ -\alpha \end{vmatrix}$$

$$\vec{h}_2 \begin{vmatrix} x_2 \\ z_2 \end{vmatrix} \quad \vec{h}_2 B = \lambda_2 \vec{h}_2$$

$$\vec{h}_2 \begin{vmatrix} 1 \\ -\lambda_2 \end{vmatrix} \Rightarrow \vec{h}_2 \begin{vmatrix} 1 \\ +\alpha \end{vmatrix}$$

On aboutit donc aux deux équations suivantes :

— le long des courbes Γ_1 d'équation $\frac{dz}{dx} = +\alpha$

$$\vec{h}_1 \cdot \frac{d\vec{s}}{dx} = \vec{h}_1 \cdot \vec{k}$$

$$\begin{pmatrix} 1 \\ -\alpha \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \frac{dp}{dx} \\ \frac{dq}{dx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -\alpha \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} k \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\frac{dp}{dx} - \alpha \frac{dq}{dx} = k$$

— le long des courbes Γ_2 d'équation $\frac{dz}{dx} = -\alpha$, on obtient de même

$$\frac{dp}{dx} + \alpha \frac{dq}{dx} = k$$

Dans le cas de l'équation (9) $k = 0$

on a donc les relations suivantes entre les dérivées premières de la fonction ψ le long des 2 familles de courbes caractéristiques;

$$\text{droite de pente } +\alpha : dp - \alpha dq = 0 \quad (18)$$

$$\text{droite de pente } -\alpha : dp + \alpha dq = 0 \quad (19)$$

Ces deux équations permettent de connaître la solution p_M, q_M en un point M quelconque du domaine, intersection de deux droites caractéristiques issues de deux points A et B situés aux limites, et pour lesquels on connaît les valeurs de la fonction ψ et de ses dérivées premières p, q .

2.2. Méthode d'intégration

Soit ψ la fonction de courant définie précédemment :

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} = p = w \quad \text{vitesse verticale}$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial z} = q = -u \quad \text{vitesse horizontale}$$

Le long de la droite caractéristique (BM) de pente $-\alpha$,

$$dp = -\alpha dq$$

$$dw = +\alpha du$$

$$\int_M^B dw = +\alpha \int_M^B du$$

$$w_B - w_M = \alpha (u_B - u_M)$$

Le long de la droite caractéristique (AM) de pente $+\alpha$, on obtient de même

$$w_A - w_M = -\alpha (u_A - u_M)$$

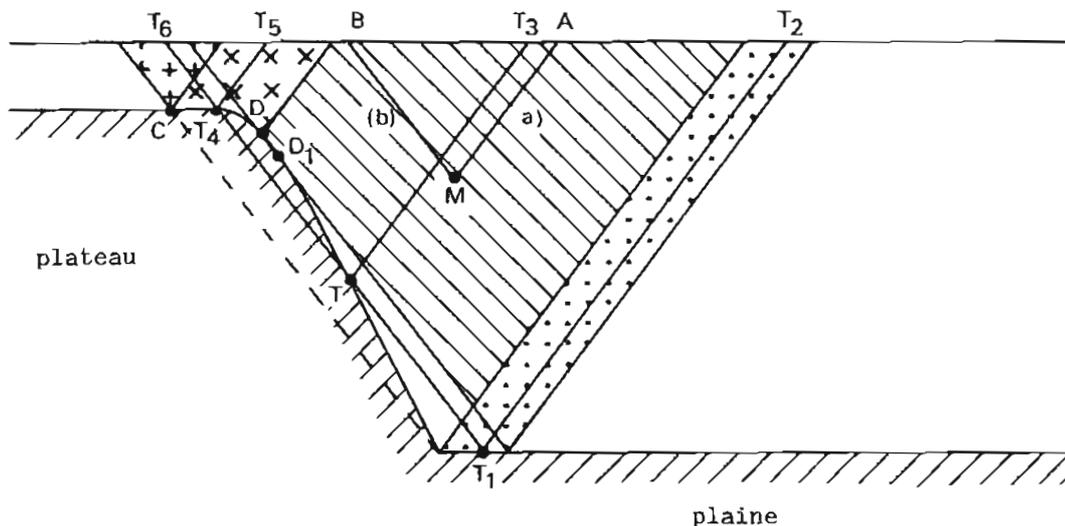


FIG. 1

La connaissance de u_M, w_M est donc directement fonction des conditions aux limites u_A, w_A, u_B, w_B :

$$\begin{cases} w_M = \frac{1}{2} (w_A + w_B) + \frac{\alpha}{2} (u_A - u_B) \\ u_M = \frac{1}{2\alpha} (w_A - w_B) + \frac{1}{2} (u_A + u_B) \end{cases}$$

2.3. Conditions aux limites employées

Les conditions aux limites employées pour la fonction de courant totale ψ sont :

en $z = 0$ et $z = -h$, $\psi = 0$ par fond plat

en $z = 0$ au-dessus du talus $\psi = 0$

en $z = -h$ au-dessous du talus $\psi = \psi_1$ fonction du courant barotrope.

- par fond plat et en surface $\psi = 0$ implique que $\frac{\partial \psi}{\partial x} = 0$; la vitesse verticale w en surface est donc nulle;

- au-dessus du talus au fond, la vitesse verticale est celle du mouvement barotrope,

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi}{\partial x} (z = -h) &= \frac{\partial \psi_1}{\partial x} (z = -h) \\ \frac{\partial \psi}{\partial z} (z = -h) &= \frac{\partial \psi_1}{\partial z} (z = -h) \end{aligned}$$

2.3.1. Conditions aux limites au fond

Le courant de marée barotrope en océan homogène est introduit en utilisant les résultats obtenus précédemment au cours d'études sur la propagation de la marée au-dessus d'un talus continental de pente constante (Mazé 1983, Garreau 1991) :

Au-dessus du talus :

$u = u_0(x) \cos(\omega t + \varphi(x))$ avec :

$$u_0(x) = \sqrt{a(x)^2 + b(x)^2} \quad \text{tg } \varphi(x) = \frac{b(x)}{a(x)}$$

$$a(x) = \frac{g\omega\xi_0}{\omega^2 - f^2} G'(x) \quad b(x) = \frac{g\omega\xi_0}{\omega^2 - f^2} F'(x)$$

$$G'(x) = C \sqrt{\frac{\omega^2 - f^2}{gh(x)}} J_1(f(x)) + D \sqrt{\frac{\omega^2 - f^2}{gh(x)}} Y_1(f(x))$$

$$F'(x) = A \sqrt{\frac{\omega^2 - f^2}{gh(x)}} J_1(f(x)) + B \sqrt{\frac{\omega^2 - f^2}{gh(x)}} Y_1(f(x))$$

$$A = \frac{2\sqrt{H_0}}{\sqrt{H_0} + \sqrt{H_1}} \frac{Y_1(T_1)}{Y_1(T_1)J_0(T_1) - J_1(T_1)Y_0(T_1)}$$

$$B = -\frac{J_1(T_1)}{Y_1(T_1)} A \quad T_1 = \frac{2}{a} \sqrt{\frac{\omega^2 - f^2}{g}} \sqrt{H_0}$$

$$C = -\frac{Y_0(T_1)}{Y_1(T_1)} \frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{H_0}} A \quad f(x) = \frac{2}{a} \sqrt{\frac{\omega^2 - f^2}{g}} \sqrt{H(x)}$$

$$D = -\frac{J_0(T_1)}{Y_1(T_1)} \sqrt{\frac{H_1}{H_0}} A$$

$\xi_0 = 0,65$ cm

a : pente du talus

H_0 : Hauteur d'eau au-dessus de la plaine

H_1 : Hauteur d'eau au-dessus du plateau

J_0, Y_0, J_1, Y_1 : fonctions de Bessel de 1^{ère} et 2^e espèces.

Le forcing barotrope ainsi introduit, donne pour l'onde M_2 une amplitude u_0 de 36 cm/s au-dessus du bord continental du talus (200 m) avec un déphasage de l'ordre de 5° entre la base et le haut du talus pour une pente constante « a » telle que $a = 0,1$.

La vitesse verticale est déduite par $w_{-h} = -\frac{\partial h}{\partial x} u = -a u$.

Pour des raisons de discontinuité au niveau du bord continental du talus, on introduit autour du point D (fig. 2) une zone de variation croissante de la pente du talus sur 3 km (entre C et D₁ la pente du talus croît continuellement de 0 à a , avec $a(x) = \alpha = \sqrt{\frac{\omega^2 - f^2}{N}}$ au point D).

2.3.2. Conditions aux limites en surface de la composante horizontale du courant

La méthode employée, pour connaître les conditions en surface sur la composante u , à partir des conditions connues au fond (paragraphe précédent) au-dessus du talus procède de la démarche suivante :

La condition sur u , connue au point T (fig. 1) est projetée en surface aux points T₂ (par le biais de T₁), T₃, T₅ (par le biais de T₄), T₆ :

— Zone 2  :

$$\left. \begin{aligned} \int_T^{T_1} dw &= \alpha \int_T^{T_1} du \\ \int_{T_1}^{T_2} dw &= \alpha \int_{T_1}^{T_2} du \end{aligned} \right\} \begin{aligned} u_{T_2} &= \left(\frac{a(T) + \alpha}{\alpha} \right) u_T \\ w_{T_2} &= 0 \end{aligned}$$

avec $a(T)$ pente du talus au point T

— Zone 3  :

$$\left. \int_T^{T_3} dw = -\alpha \int_T^{T_3} du \right\} \rightarrow \begin{aligned} u_{T_3} &= \frac{\alpha - a(T)}{\alpha} \cdot u_T \\ w_{T_3} &= 0 \end{aligned}$$

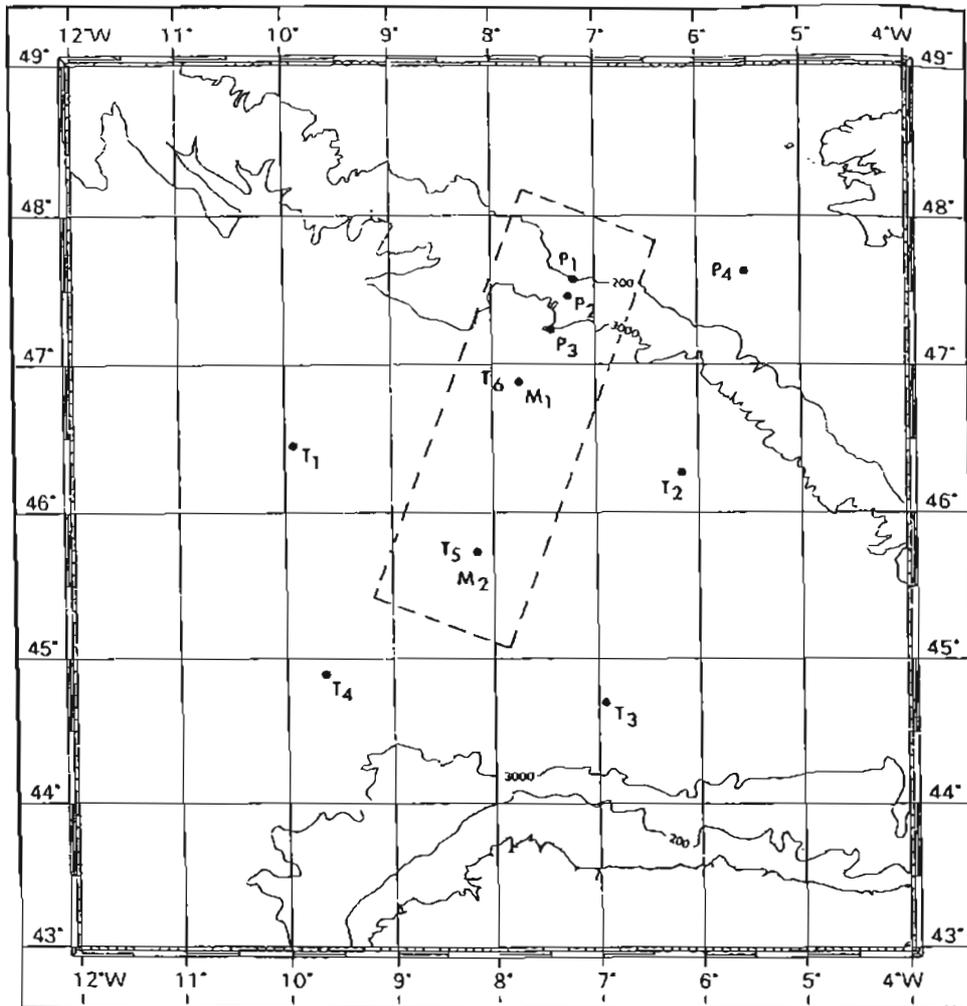


FIG. 2

— Zone 5 $\boxed{\begin{matrix} \times & \times & \times \\ \times & \times & \times \end{matrix}}$:

$$\int_T^{T_4} dw = \alpha \int_T^{T_4} du \quad \omega_{T_4} - \omega_T = \alpha u_{T_4} - \alpha u_T$$

$$(a(T_4) + \alpha) u_{T_4} = (a(T) + \alpha) u_T$$

$$\int_{T_4}^{T_5} dw = -\alpha \int_{T_4}^{T_5} du \quad -w_{T_4} = +\alpha (u_{T_5} - u_{T_4})$$

$$u_{T_5} = \frac{(\alpha - a(T_4))}{\alpha} u_{T_4}$$

$$\begin{cases} u_{T_5} = -\frac{(\alpha - a(T_4))}{(a(T_4) + \alpha)} \frac{(a(T) + \alpha)}{\alpha} u_T \\ w_{T_5} = 0 \end{cases}$$

— Zone 6 $\boxed{\begin{matrix} + & + & + & + \\ + & + & + & + \end{matrix}}$:

$$\int_T^{T_6} d\omega = \alpha \int_T^{T_6} du \quad \begin{cases} u_{T_6} = \left(\frac{a(T) + \alpha}{\alpha} \right) u_T \\ u_{T_6} = 0 \end{cases}$$

Le courant de surface étant de cette façon entièrement connu entre la zone 2 et la zone 6, cette connaissance est ensuite translatée au-dessus de la

plaine et du plateau d'une ou plusieurs longueurs d'onde, étant donné qu'en dehors de ces zones, on se trouve par fond plat ($w_{-h} = 0$) hors de la zone d'influence du talus.

ex. : zone abyssale $u(x, 0, t) = u\left(x - \frac{2h_0}{\alpha}, 0, t\right)$

h_0 : fond « plaine »

zone plateau $u(x, 0, t) = u\left(x + \frac{2h_1}{\alpha}, 0, t\right)$

h_1 : fond « plateau ».

Compte tenu de ces approximations, la solution en un point quelconque M du domaine se simplifie :

$$w_M = \frac{\alpha}{2} (u_A - u_B)$$

$$u_M = \frac{1}{2} (u_A + u_B)$$

$$w(x, z, t) = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\omega^2 - f^2}{N}} (u(x + \alpha z, 0, t) - u(x - \alpha z, 0, t))$$

$$u(x, z, t) = \frac{1}{2} (u(x + \alpha z, 0, t) + u(x - \alpha z, 0, t))$$

3. RÉSULTATS

Dans le paragraphe précédent nous avons présenté la façon de calculer l'évolution spatiale et temporelle en un point quelconque du domaine des composantes horizontales et verticales du courant total $u(x, z, t)$ et $w(x, z, t)$.

Les résultats du modèle sont présentés soit sous leur forme globale c'est-à-dire composante barotrope plus barocline, soit sous la forme uniquement composante barocline par soustraction au mode global du mode barotrope existant dans le cas d'un océan homogène (Garreau 1991 Mazé - 1983 voir § 2.3.1.).

On présente, la répartition spatiale du module et de la phase des composantes u et w du courant, de façon à avoir une vision synthétique de la propagation de l'onde interne barocline.

Le module et la phase de chaque composante sont extraits par analyse de Fourier des séries temporelles obtenues sur deux périodes de marée M_2 :

$$u(x, z, t) = u_0(x, z) \cos(\omega t + \varphi_u(x, z))$$

$$w(x, z, t) = w_0(x, z) \cos(\omega t + \varphi_w(x, z))$$

$$a_{u0} = \frac{1}{T} \int_0^{2T} u(x, z, t) \cos \omega t dt$$

$$b_{u0} = \frac{1}{T} \int_0^{2T} u(x, z, t) \sin \omega t dt$$

$$u_0(x, z) = \sqrt{a_{u0}^2 + b_{u0}^2} \quad \text{tg } \varphi_u(x, z) = -\frac{b_{u0}}{a_{u0}}$$

$$w_0(x, z) = \sqrt{a_{w0}^2 + b_{w0}^2} \quad \text{tg } \varphi_w(x, z) = -\frac{b_{w0}}{a_{w0}}$$

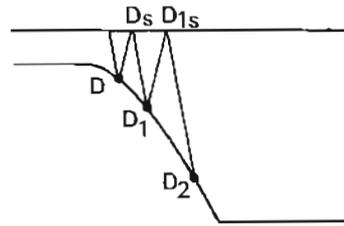
Les pas de temps et d'espace sont les suivants :

$$\begin{cases} dt = 30 \text{ min} \\ dx = 2 \text{ 000 m} \\ dz = 40 \text{ m} \end{cases}$$

3.1. Domaine de variation des paramètres du modèle

Les deux paramètres prépondérants dans la résolution numérique présentée ci-dessus sont « a », la pente du talus, et $\alpha = \frac{\sqrt{\omega^2 - f^2}}{N}$ la pente des droites caractéristiques issues de la zone de génération. Les conditions aux limites imposées au-dessus du talus impliquent nécessairement que la pente des caractéristiques α doit être inférieure à la pente du talus a .

En effet, supposons que l'on rencontre le cas contraire $a < \alpha$ schématisé ci-contre :



Les conditions aux limites au point D_1 dépendent des conditions aux limites au point D de la manière suivante :

$$p_D - \alpha q_D = p_{D_s} - \alpha q_{D_s} = -\alpha q_{D_s}$$

$$p_{D_s} + \alpha q_{D_s} = p_{D_1} + \alpha q_{D_1}$$

$$\begin{cases} (a - \alpha) q_D = -\alpha q_{D_s} \\ (a + \alpha) q_{D_1} = \alpha q_{D_s} \end{cases} \quad q_{D_1} = \frac{\alpha - a}{\alpha + a} q_D$$

$$u_{D_1} = \frac{a - \alpha}{a + \alpha} u_D$$

Cette condition est incompatible avec l'hypothèse de base que les conditions aux limites au fond au-dessus du talus sont celles du courant de marée en océan homogène.

Les mesures que l'on présente au paragraphe suivant permettent d'une part de vérifier que dans le domaine étudié (talus continental du Golfe de Gascogne) on se trouve bien dans la situation où $a > \alpha$ et d'autre part de définir un domaine de variation de la fréquence de Väisälä et donc de α .

Présentation des profils verticaux de fréquence de Väisälä rencontrés au cours de la campagne GASTOM 90.

Au cours de la campagne GASTOM 90, un ensemble de stations CTD ont été réalisées de façon répétitive en plusieurs points fixes à proximité des mouillages P'_2 , T_6 , T_5 (fig. 2).

A l'aide d'une série d'une vingtaine de station TS lissées, on a extrait pour la dernière phase de la campagne un profil vertical moyen de la fréquence de Väisälä « N » en chaque point P'_2 , T_6 , T_5 (fig. 3).

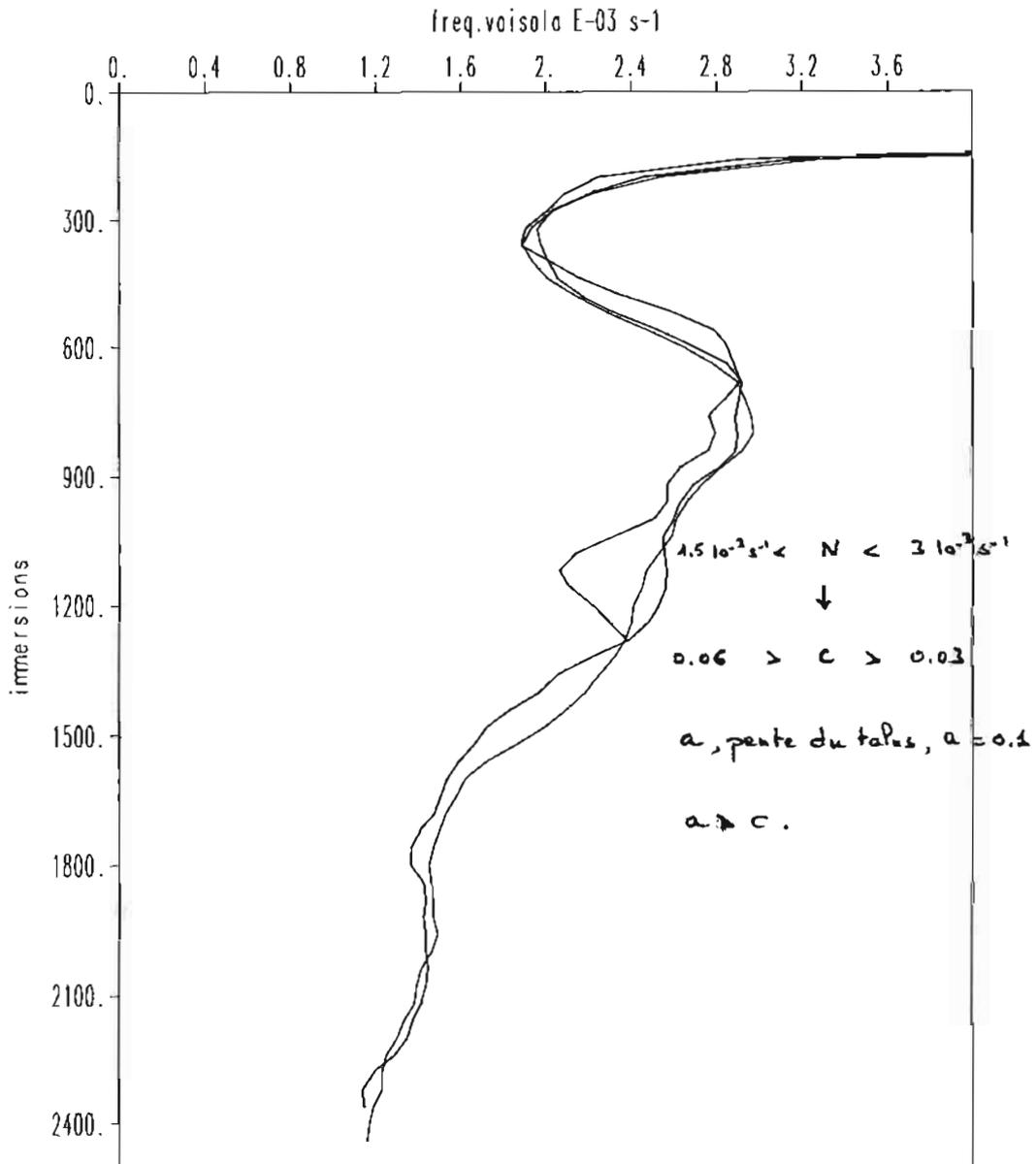
Au niveau de la thermocline saisonnière $N \approx 16 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$.

Entre 400 et 2 500 m « N » est compris entre $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ et $3 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ avec un maximum au niveau de la pycnocline permanente.

On peut noter que la position de ce maximum qui caractérise ainsi la pycnocline permanente varie lorsque l'on se déplace du talus vers la plaine. Le point haut de la pycnocline se situe vers 650 m en P'_2 (point au-dessus du talus par 2 000 m de fond) et se situe vers 780 m en T_5 . Cette plongée progressive de la pycnocline permanente du talus vers la plaine est à confirmer par d'autres mesures.

POINTS FIXES T5, T6 et P2

PHASE 5



Campagne GASTOM 90

FIG. 3

Entre 400 et 2 500 m le domaine de variation de « N » donne une pente des droites caractéristiques, α , variant entre 0,03 et 0,06. Avec une pente du talus, a , de l'ordre de 0,1 au niveau du Banc de la Chapelle, on se trouve dans les conditions d'utilisation du modèle définies au paragraphe précédent.

$$a > \alpha$$

On notera que les variations de la fréquence de Vaïssala, bien qu'étant faible en dessous de 400 m,

entraînent de fortes variations dans la pente des caractéristiques.

Les résultats présentés ci-après correspondent ainsi respectivement à deux tests réalisés pour les valeurs suivantes de « a » et « N »

- | | |
|-------------|--|
| 1 : a = 0,1 | N = 1,5 10 ⁻³ s ⁻¹ |
| 2 : a = 0,1 | N = 2,8 10 ⁻³ s ⁻¹ |

3.2. Présentation des résultats pour $N = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

3.2.1. Module des composantes u et w ($u_0(x, z), w_0(x, z)$).

La présentation, en différents points du domaine espacés tous les 10 km, de la répartition verticale du module du courant barocline (fig. 4) (en composantes horizontales et verticales) montre que le maximum de courant u , w , et donc de marnage interne, se situe le long des caractéristiques de pentes $+\alpha$ et $-\alpha$. La présence de deux maxima est due à la réflexion en surface d'une caractéristique, issue du point où la génération est maximale. On se trouve ainsi en présence d'une focalisation de l'énergie interne le long de deux droites caractéristiques avec une large zone où le mouvement interne est faible entre ces deux caractéristiques.

Afin d'avoir une meilleure vision des ordres de grandeurs des courants baroclines générés, on présente en figures 5, 6, 7 des iso-surfaces de courants horizontaux et verticaux.

La répartition spatiale du module du courant horizontal barocline (fig. 5) montre que, pour l'onde M_2 uniquement, le maximum d'amplitude du courant horizontal barocline est de 0,2 m/s le long des caractéristiques et de 0,4 m/s au niveau des zones de réflexions au fond et surface. Aucune dissipation par frottement n'est prise en compte dans le modèle; ceci explique les forts courants modélisés au niveau des réflexions qui ne sont sans doute pas réalistes.

La zone de réflexion au fond à 4000 m se situe à 12 km de la base du talus et donc à environ 50 km du bord continental du talus.

La zone de résurgence en surface se situe environ à 100 km du bord continental du talus.

La répartition spatiale du module de la vitesse verticale barocline (fig. 6) suit en tout point la répartition spatiale de la composante horizontale du courant. Le maximum d'amplitude le long des caractéristiques est de l'ordre de $w_{\max} = 1,4 \text{ cm/s}$ ce qui correspond à un déplacement vertical des particules de 100 m d'amplitude $\left(\eta_0 \approx \frac{w_0}{\omega} \approx \frac{1,4 \cdot 10^{-2}}{1,4 \cdot 10^{-4}} \right)$ et donc à un marnage interne crête à creux correspondant au passage de l'onde M_2 d'environ 200 m.

La dissymétrie en amplitude que l'on observe au niveau des caractéristiques descendantes et montantes provient du fait que l'on présente (fig. 6) uniquement le mode barocline. En effet, le modèle résoud la propagation du mode global barotrope + barocline. La présentation du module de la vitesse verticale totale (fig. 7) montre que l'amplitude est conservée d'une caractéristique à l'autre.

3.2.2. Mise en évidence de la propagation

La répartition spatiale des surfaces iso-phases pour la composante horizontale du courant barocline $u(x, z)$ (fig. 8) met en évidence la propagation de l'onde interne de marée.

Les lignes isophases sont parallèles aux caractéristiques mettant en évidence un fait bien connu (Turner 1973) : la propagation de la marée interne est perpendiculaire à la propagation de l'énergie; l'onde interne se dirige vers le haut pour la caractéristique descendante et vers le bas pour la caractéristique montante. Au niveau de la zone d'ombre (zone entre les deux caractéristiques) l'interférence entre ces

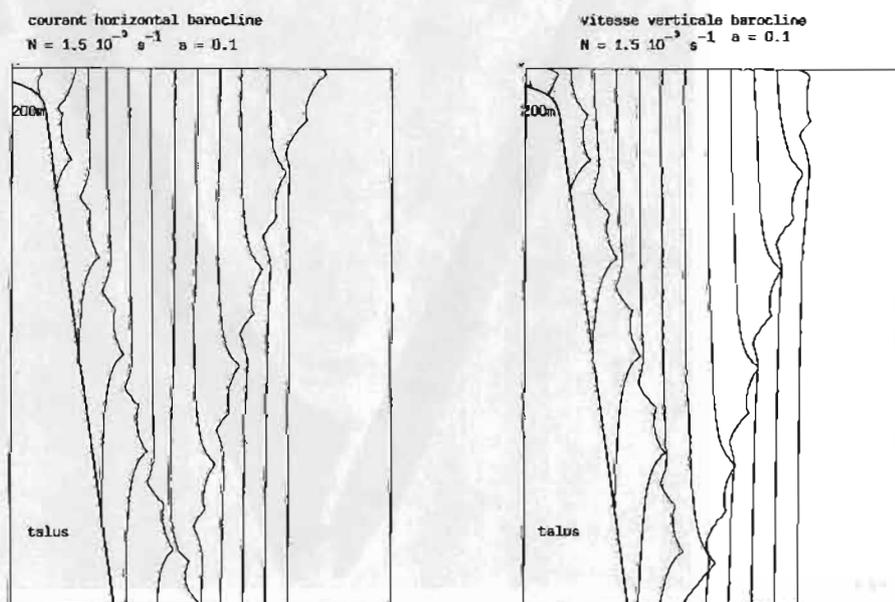
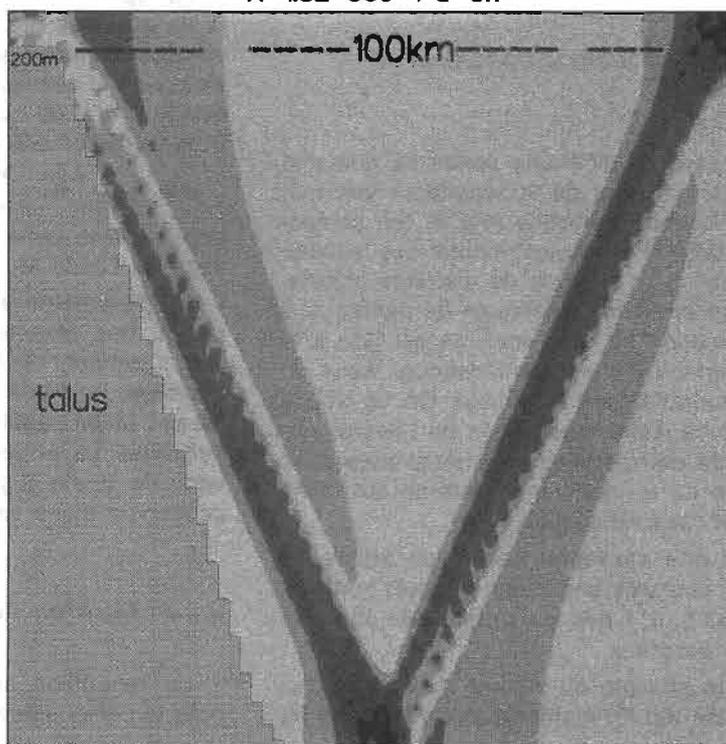
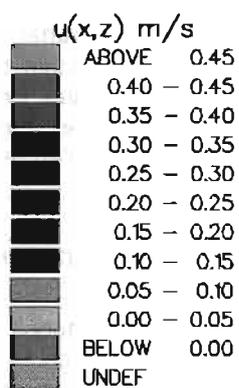


FIG. 4

courant horizontal barocline

$N=1.5E-03s^{-1}$ $\alpha=0.1$



plaine abyssale 4000m

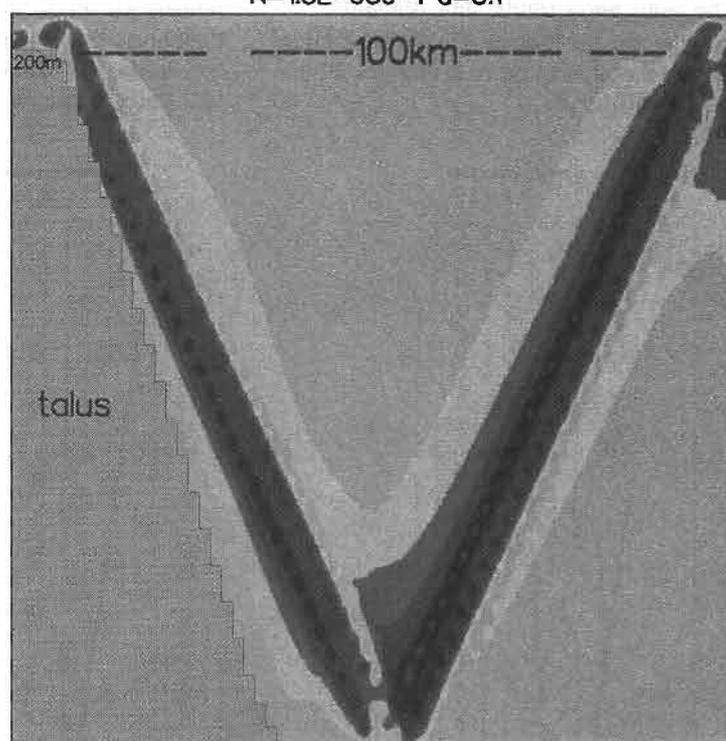
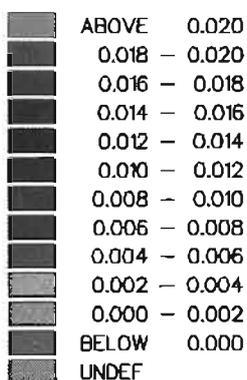
FIG. 5

vitesse verticale barocline

$N=1.5E-03s^{-1}$ $\alpha=0.1$

1.4cm/s - 100m

$w(x,z)$ m/s

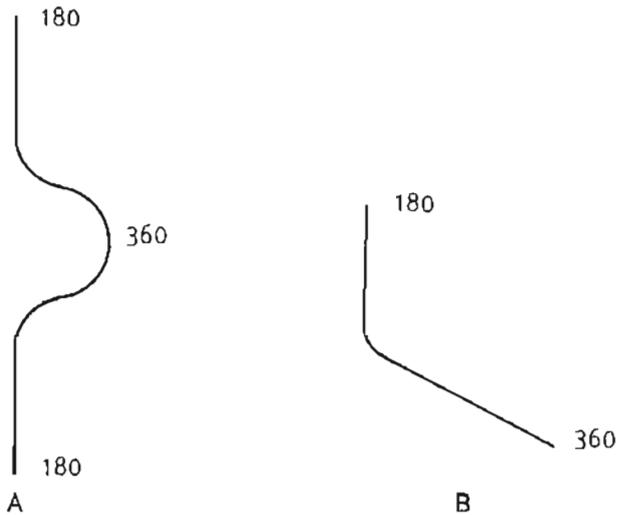


plaine abyssale 4000m

FIG. 6

deux caractéristiques introduit une propagation quasiment horizontale.

La différence de phase est maximale au niveau de la caractéristique et donc au niveau du maximum d'énergie. Si l'on représente, en un point donné du domaine, la variation de la phase sur la verticale, on obtient une variation de type A au-dessus de la plaine loin de la zone de génération, et de type B au-dessus du talus, avant la zone de réflexion.



Si l'on se situe près de la zone de résurgence, les composantes horizontales du courant peuvent être en phase au fond et en surface, alors qu'elle seront automatiquement en opposition de phase si l'on se situe avant la zone de réflexion.

3.3. Influence de la fréquence de Vaïšala

L'augmentation de la fréquence de Vaïšala, ($N = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$) (fig. 9) implique, un éloignement des zones de réflexions et de résurgences, du fait de la diminution de la pente des caractéristiques.

Pour des valeurs de N proches de celles mesurées au niveau de la pycnocline permanente la zone de réflexion se situe à 50 km de la base du talus. Le maximum de vitesse verticale est du même ordre de grandeur que pour $N = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$; la répartition de l'énergie sur la verticale est cependant plus étalée.

Les différents tracés présentés, permettent de tirer les conclusions suivantes :

Les résultats obtenus sont cohérents avec les différentes études antérieures (Prinsenberget Ratray, Baines 1982, Pingree, New). La focalisation de l'énergie le long de droites caractéristiques provient essentiellement des conditions aux limites introduites

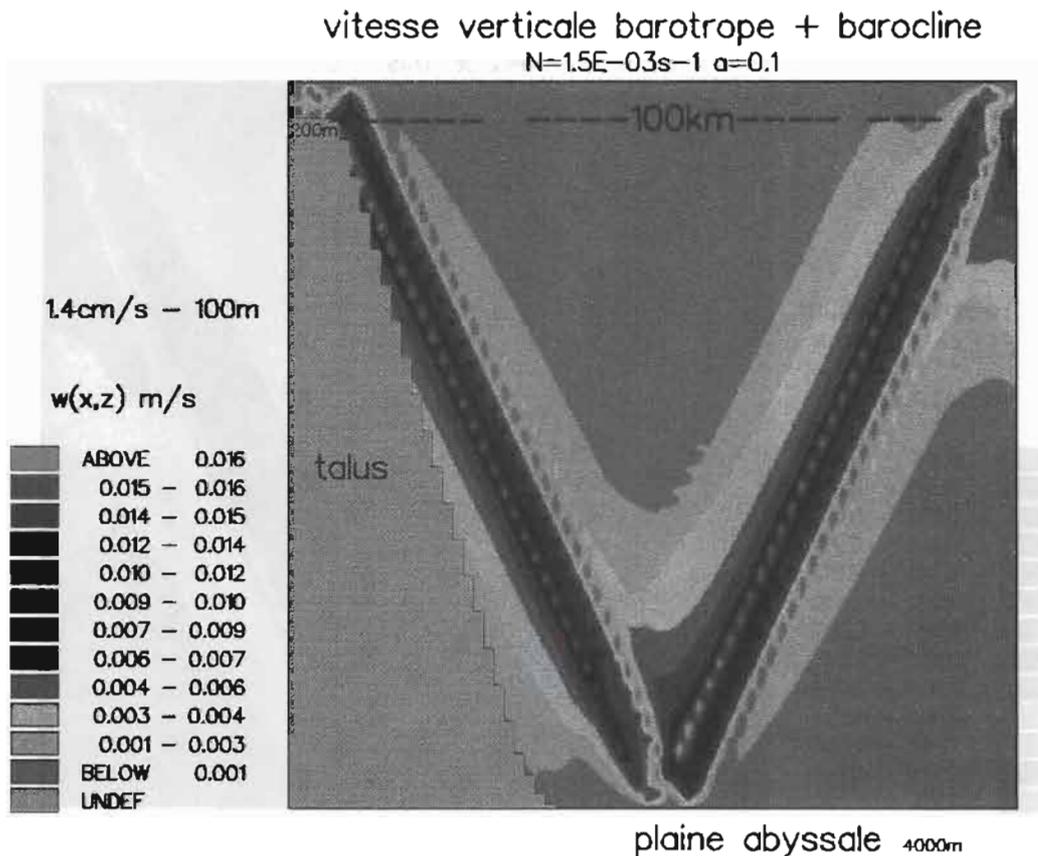


FIG. 7

phase courant horizontal
 $N=0.0015s^{-1}$ $\alpha=0.1$

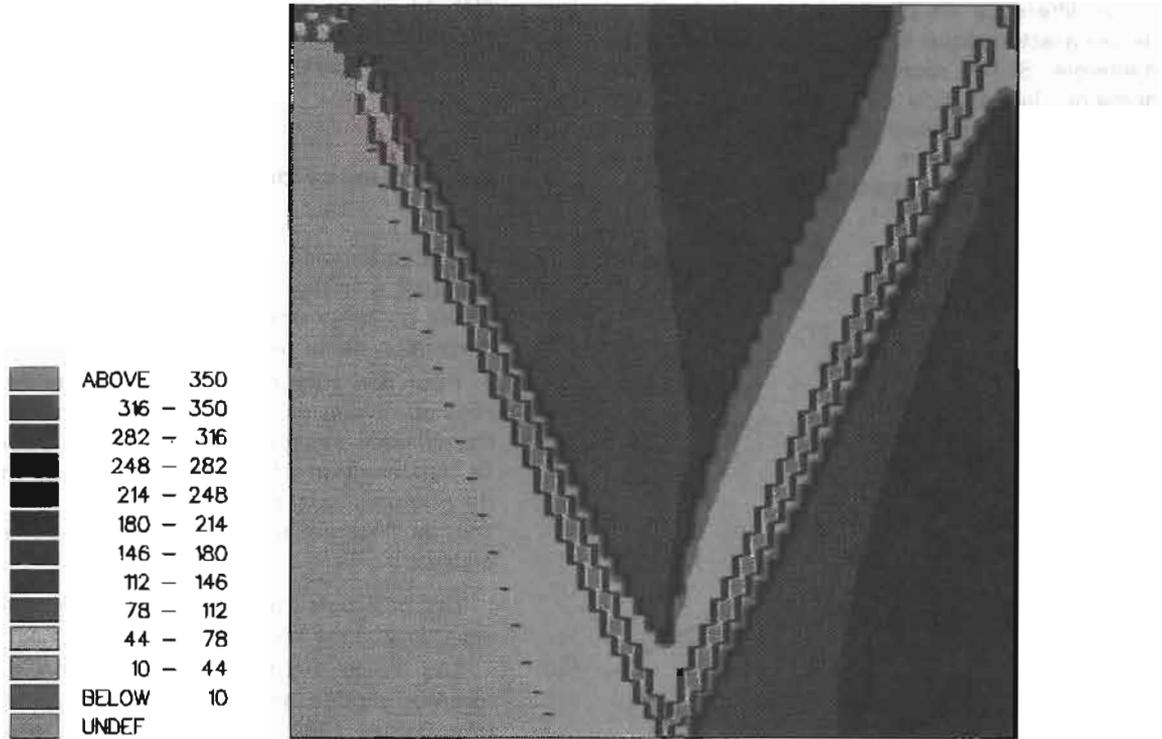


FIG. 8

vitesse verticale barocline
 $N=2.8E-03s^{-1}$ $\alpha=0.1$

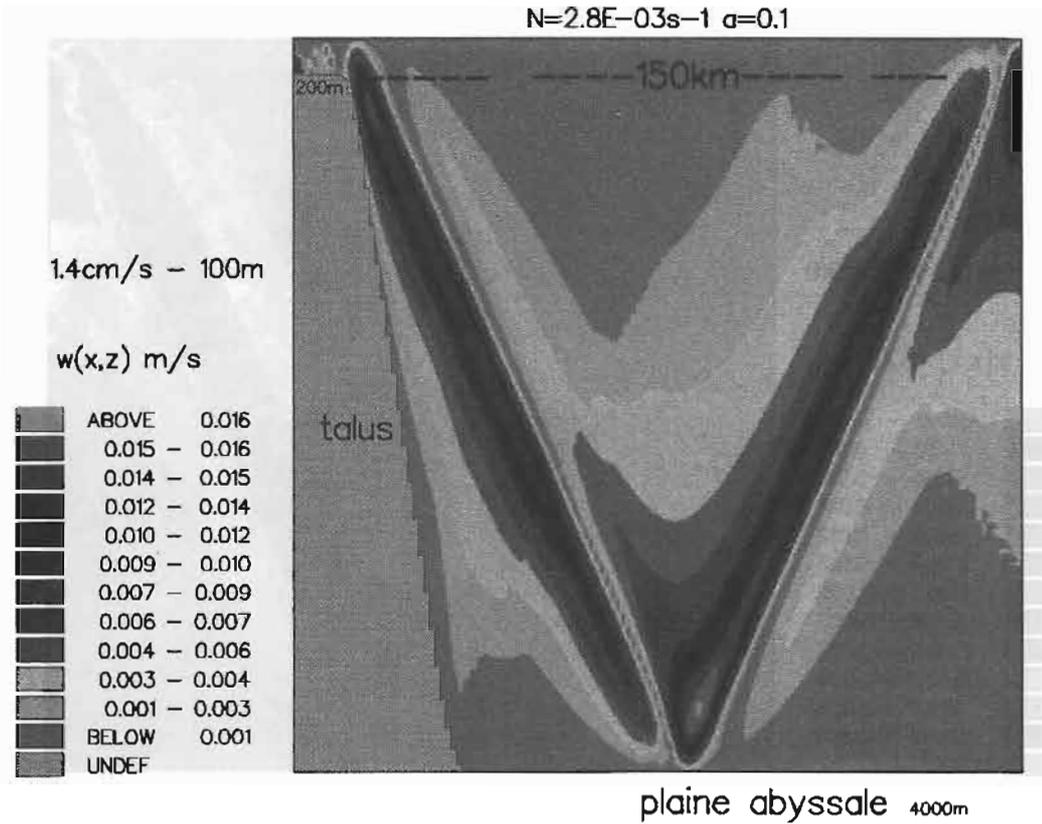


FIG. 9

au fond au-dessus du talus. Le courant assimilé à sa composante barotrope simule un forçage que l'on peut grossièrement considérer comme une source ponctuelle (le forçage de marée barotrope est essentiellement concentré en haut du talus (Baines 1982). De ce fait on en déduit un régime de propagation de la marée interne qui suit l'ensemble des théories sur le mode de propagation des ondes internes issues d'une source ponctuelle (Turner 1974).

Indépendamment du fait que le modèle présenté est très simpliste puisqu'il n'introduit pas de termes de dissipation ni de variation de N sur la verticale, l'objectif du paragraphe suivant est de comparer les résultats du modèle à une partie des mesures issues de la campagne océanographique GASTOM 90. Le but n'est pas de valider le modèle mais essentiellement de voir si les données dont on dispose sont suffisantes pour valider ou infirmer l'hypothèse principale sur laquelle repose le modèle : la source du forçage générant les marées internes dans un milieu à stratification en densité réelle peut-elle être ou non considérée comme ponctuelle ?

4. PRÉSENTATION DE MESURES RÉALISÉES AU COURS DE LA CAMPAGNE GASTOM 90 EN LIAISON AVEC LES RÉSULTATS DU MODÈLE

Bien que les objectifs principaux de la campagne GASTOM 90, aient été principalement centrés sur une expérimentation de tomographie acoustique, un ensemble de mesures a été réalisé le long d'une radiale perpendiculaire au talus issue du Banc de la Chapelle (fig. 2), pour servir de base à l'étude des marées internes au-dessus de la plaine abyssale.

Nous nous intéresserons plus particulièrement aux mesures réalisées à l'intérieur de la zone encadrée (fig. 2) c'est-à-dire :

- aux mesures aux mouillages P_2 , P_3 , T_6 , T_5 , comportant un ensemble de courantomètres et de chaînes de thermistances;
- aux mesures réalisées aux points fixes P'_2 , T_6 , T_5 à l'aide d'une série de stations CTD effectuées en continu pendant environ deux cycles de marée.

4.1. Mise en évidence d'une marée interne à l'aide des mesures de densité

4.1.1. Point fixe P'_2 (yoyo CTD)

Le point P'_2 est situé au-dessus du talus par environ 1 500 m de fond. L'évolution dans le temps de l'immersion de différents isopycnes (fig. 10) met en

évidence une oscillation interne semi-diurne entre 500 et 1 000 m d'un marnage de 150 à 200 m, crête à creux pour une marée de coefficient 80. L'oscillation interne est maximale dans une plage d'immersion (500 à 1 000 m) correspondant à l'épaisseur de la pycnocline permanente (que l'on visualise sur les profils de fréquence de Väisälä moyens fig. 3).

Ces oscillations observées sont-elles réellement caractéristiques de la génération d'une onde interne de marée en dessous de la thermocline saisonnière ? Ne sont elles pas seulement le reflet du passage de la marée barotrope au-dessus du talus ?

L'expression de la vitesse verticale barotrope à une immersion z au-dessus de la profondeur $-h(x)$ est :

$$w(z) = a \frac{zu(-h)}{h(x)} \quad a = \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$w(z) = a z \frac{Q}{r^2}$$

Q débit des courants de marée barotrope

Dans le cas présent $h = 1 500$ m $500 < z < 1 000$ $a \approx 0,1$ pour un coefficient de marée (CM) de 80 le débit de courant est équivalent à celui de l'onde M_2 : $Q \approx 80$ m²/s

$$w_{z_{\max}} = \frac{0,1 \cdot 80}{1 500^2} \times 1 000 = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$\eta_{\max} = 25 \text{ m}$$

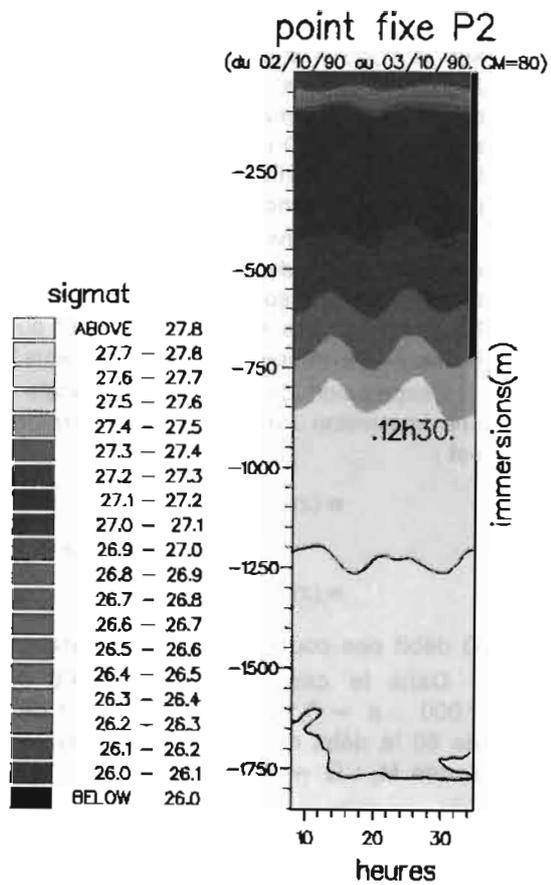
L'incidence du passage de la marée barotrope se traduit par un déplacement maximum des particules, crête à creux de l'ordre de 50 m. Étant donné les marnages observés et du fait de la concentration du maximum d'oscillations à l'intérieur d'une tranche d'eau bien délimitée, ces oscillations correspondent à une génération de marée interne.

4.1.2. Points fixes T_6 , T_5 (yoyo CTD)

Les points T_6 , et T_5 sont situés à environ 85 km et 215 km du bord continental du talus au-dessus de la plaine abyssale (fig. 2) par environ 4 500 m de fond.

Les deux « yoyos » effectués au cours de la même période (début octobre 1990, fig. 11) mettent en évidence la présence d'oscillations semi-diurnes internes de l'immersion des isopycnes bien marquées en T_5 , moins visibles en T_6 . Ceci permet de confirmer la génération puis la propagation d'une marée interne par grands fonds.

— En T_5 , bien que le coefficient de marée (CM = 108) soit plus fort qu'en P'_2 (CM = 80) on observe un marnage interne maximum de l'ordre de 100 m; ceci met en évidence un amortissement de la marée interne au cours de sa propagation. Comme seuls les 2 500 premiers mètres de la tranche d'eau (4 500 m) ont pu être observés, il est difficile de situer le ou les maxima d'énergie interne. On peut seulement préciser qu'entre 0 et 2 500 m, il existe un maximum



**campagne
GASTOM90**

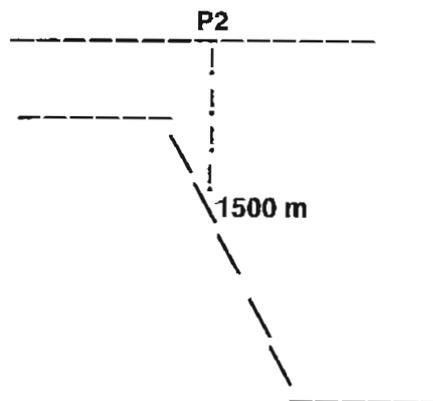


FIG. 10

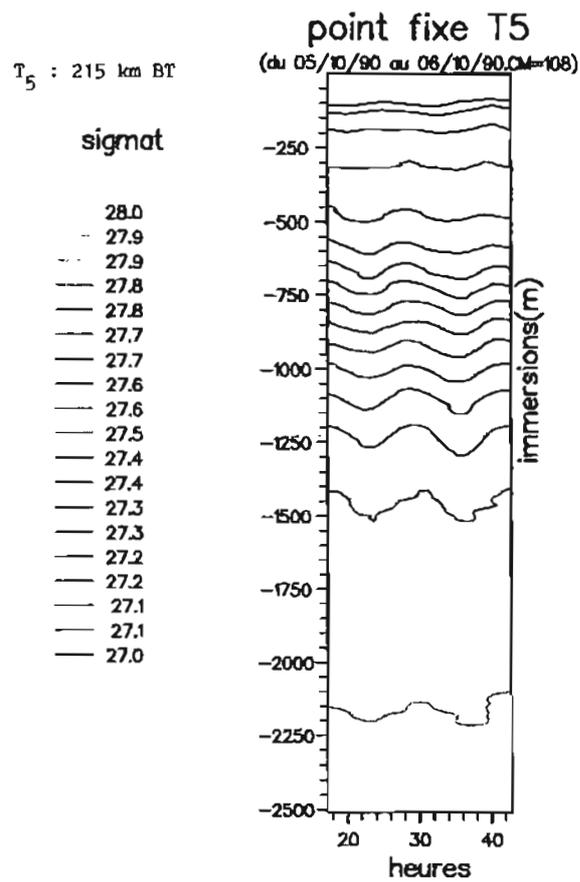
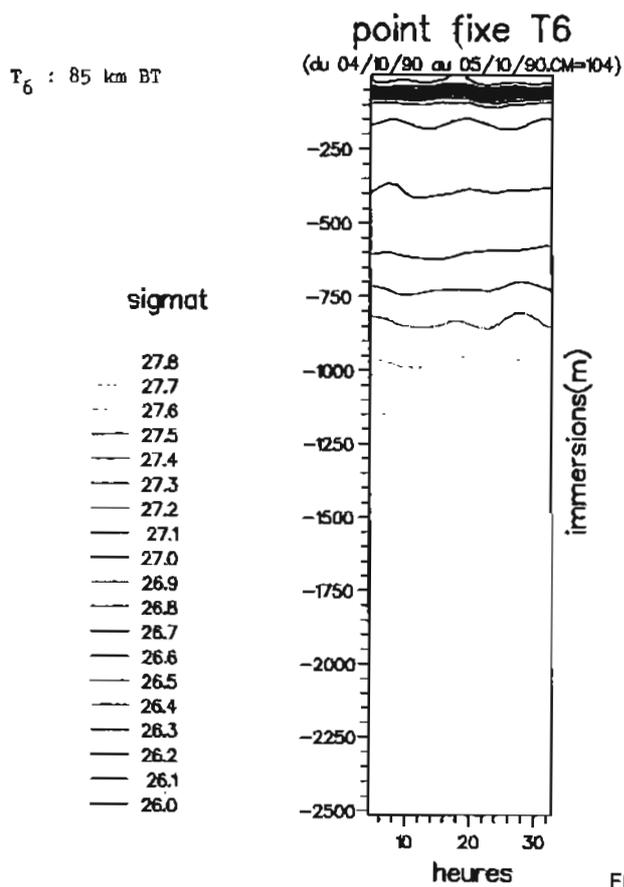


FIG. 11

d'énergie interne vers 1 200 m, légèrement en dessous de la pycnocline permanente.

— En T₆, l'oscillation interne semi-diurne est très faible et ne dépasse pas, vers 1 000 m de profondeur, 40 m de marnage.

Le même type de mesures réalisées en T₆, T₅, au cours d'une autre période (mai 1990, fig. 12) permet de confirmer les observations antérieures, et montre en outre une grande stabilité des variations du milieu en profondeur.

Le modèle présenté, met en évidence une zone d'énergie interne minimum entre les deux caractéristiques descendantes et montantes. Ceci permettrait d'expliquer le fait que la marée interne disparaissant en T₆, ressurgit en T₅.

4.1.3. Mesures aux mouillages P₂, P₃

Ces deux mouillages sont situés au-dessus du talus par 1 000 m de fond (P₂) et 3 000 m de fond (P₃).

L'évolution temporelle d'isothermes tracée à l'aide de données de thermistances espacées de 30 à 40 m, sur environ huit jours pour P₂ (fig. 13) et sur

deux mois pour P₃ (rapport) permet d'observer les faits suivants :

— au point P₂, sur 700 m, entre 250 et 950 m, on observe un maximum d'oscillation interne (de 100 mètres d'amplitude en vive-eau) vers 400 m;

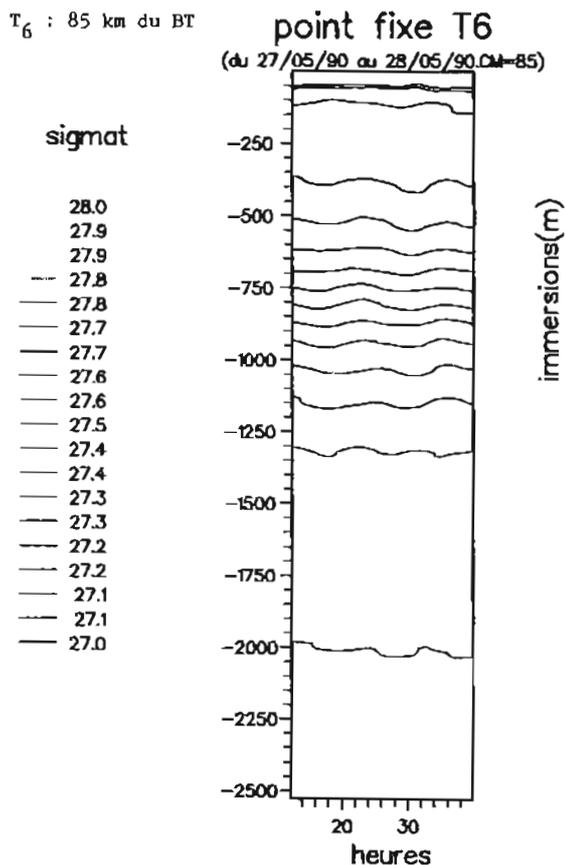
— au point P₃, sur 800 m entre 850 et 1 600 m, on observe un maximum d'oscillation interne (de 100 mètres d'amplitude en vive-eau) vers 1 000 m;

— au point P₂ sur 700 m entre 250 et 950 m, si l'on suit le creux de l'onde interne, on observe une avance de phase du « fond » (950 m) par rapport à la « surface » (250 m) d'environ 4 heures : ceci mettrait en évidence une propagation de l'onde interne vers le haut;

— au point P₃, sur 800 m, entre 850 et 1 600 m, on observe une avance de phase de la « surface » (850 m) par rapport au « fond » (1 600 m) d'environ 4 heures : ceci mettrait en évidence une propagation de l'onde interne vers le bas.

Ainsi, on observe bien, comme le prévoit le modèle, une focalisation du maximum d'énergie à une immersion différente en P₂ et en P₃. De même en P₂, la différence de phase surface-fond est cohérente avec les résultats du modèle montrant une propaga-

T₆ : 85 km du BT



T₅ : 215 km BT

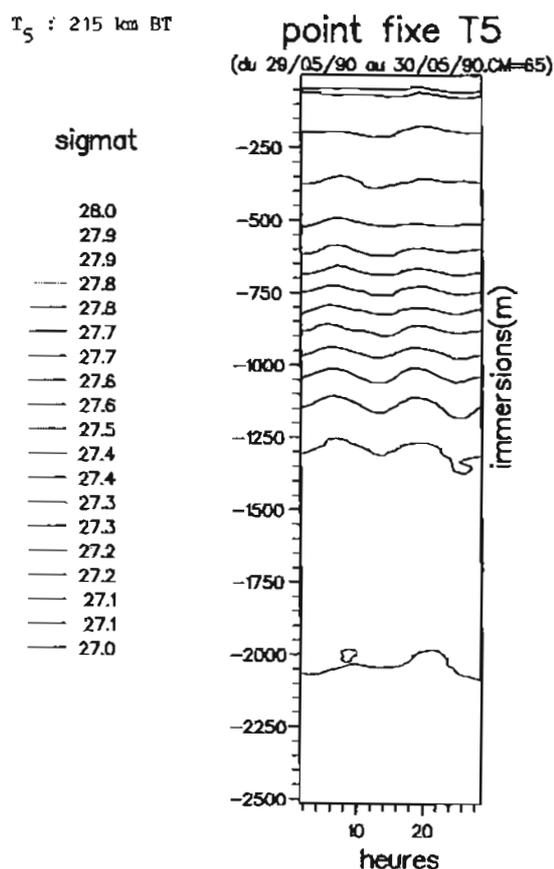
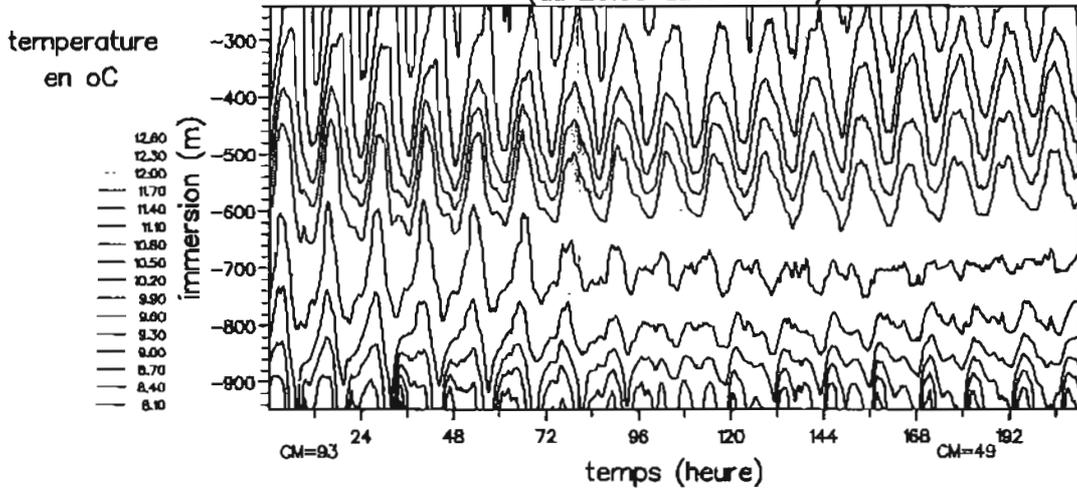


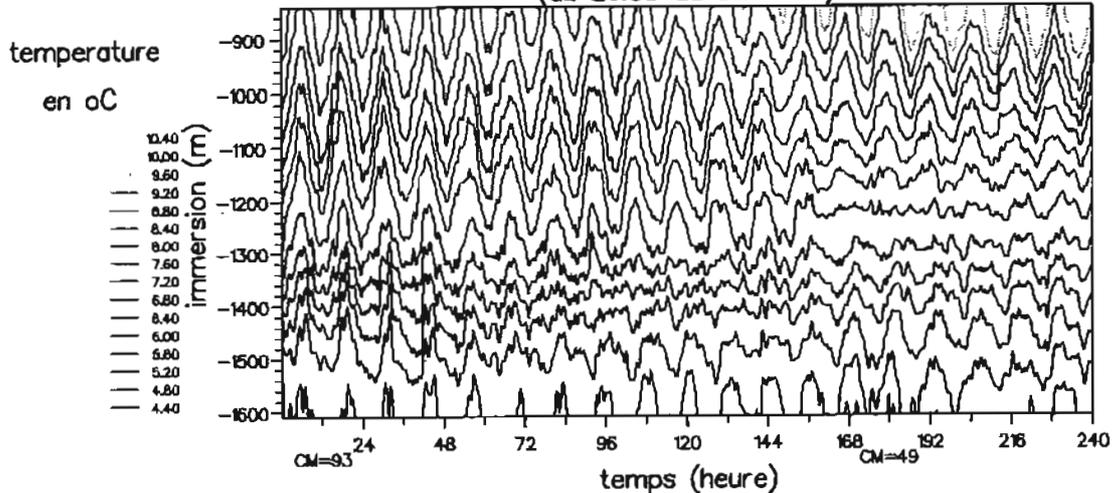
FIG. 12

GASTOM90 Mouillage P2
(du 26.05 au 03.06.90)



$\Delta\phi$ Fond surface : + 4 h

GASTOM90 Mouillage P3
(du 26.05 au 05.06.90)



$\Delta\phi$ Fond surface : - 4h

FIG. 13

tion de l'onde interne perpendiculaire aux caractéristiques et dirigée vers le haut, si l'on se situe près du talus (ce qui est le cas pour P₂ et P₃).

Cependant, il est difficile de conclure de façon catégorique sur la répartition des maxima d'énergie. En effet, en P₃, les mesures ne permettent de couvrir que 800 m sur 3 000 m. Qu'en est-il de l'énergie interne entre 1 800 m et 3 000 m, entre 200 et 900 m ?

Par ailleurs, comment expliquer la différence de phase surface-fond que l'on observe en P₃ sur plus de deux mois de mesures et qui va à l'encontre des résultats du modèle ?

Les mesures de température ainsi présentées dans leur ensemble permettent de conclure quant à la présence d'une marée interne mais sont insuffisantes à mettre en évidence le mode de propagation des marées internes.

Le mode de propagation issu des résultats du modèle montre toutefois, que le maximum de courant horizontal barocline est associé à un déphasage maximum de cette composante; compte tenu de la direction privilégiée suivie par ces maxima d'énergie, on devrait donc observer sur les mesures de courant, un maximum de déphasage surface-fond à une im-

mersion variable suivant le point de mouillage considéré. Est-ce réellement ce qui est observé ?

4.2. Mise en évidence d'un courant barocline au-dessus de la plaine abyssale

L'ensemble des mesures de courant réalisées le long de la radiale P₁, P₂, P₃, T₆, T₅ a été traité par analyse harmonique afin d'en extraire les composantes principales M₂ et S₂.

La carte de synthèse regroupant l'ensemble des composantes de l'onde M₂ (fig. 14), met en évidence une forte composante barocline du courant aussi bien par la présence d'un fort déphasage entre la surface et le fond que par l'amplitude moyenne qui dépasse 2 cm/s, ordre de grandeur de la composante barotrope de l'onde M₂. Réalisons une analyse plus fine des mesures en T₆ et P₃.

Point T₆

Un agrandissement des mesures en T₆, situé par 4000 m de fond (fig. 15) permet de constater les faits suivants : à 400 m, 800 m, 1000 m, le courant est en phase, alors que le déphasage est d'environ 120° entre 1000 et 1800 m. Ces déphasages s'accompagnent d'un minimum de courant vers 1500 m comparé aux mesures à 1000 et 1800 m. Bien que les mesures soient insuffisantes pour conclure de façon catégorique, il semblerait que la composante du premier mode barocline soit plus importante que celle des autres modes avec un nœud de courant entre 1000 et 1800 m.

Point P₃

On ne dispose de mesures qu'à trois immersions : 400, 1200, 1800 m. A 1200 et 1800 m le courant est pratiquement en phase. Le déphasage est de

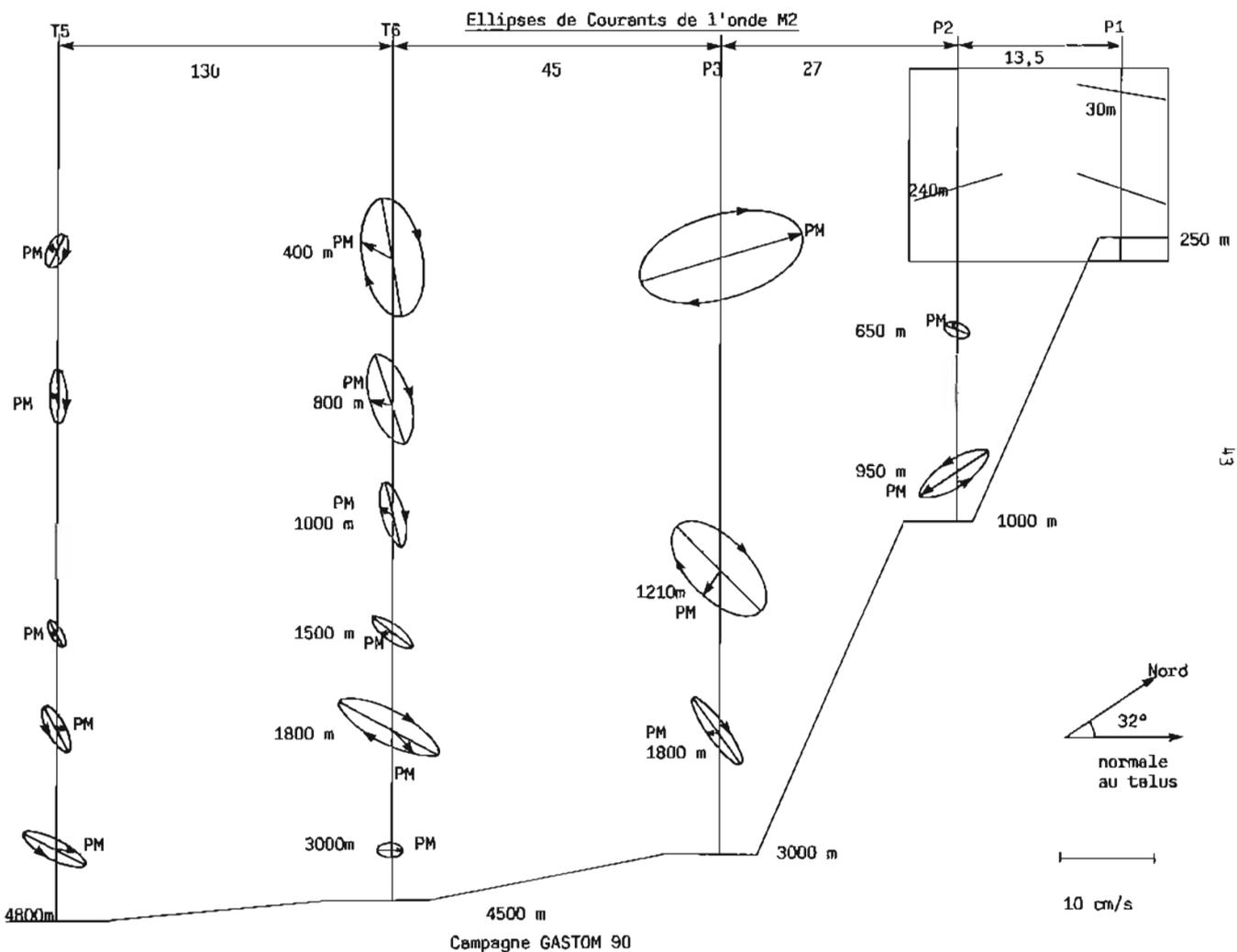
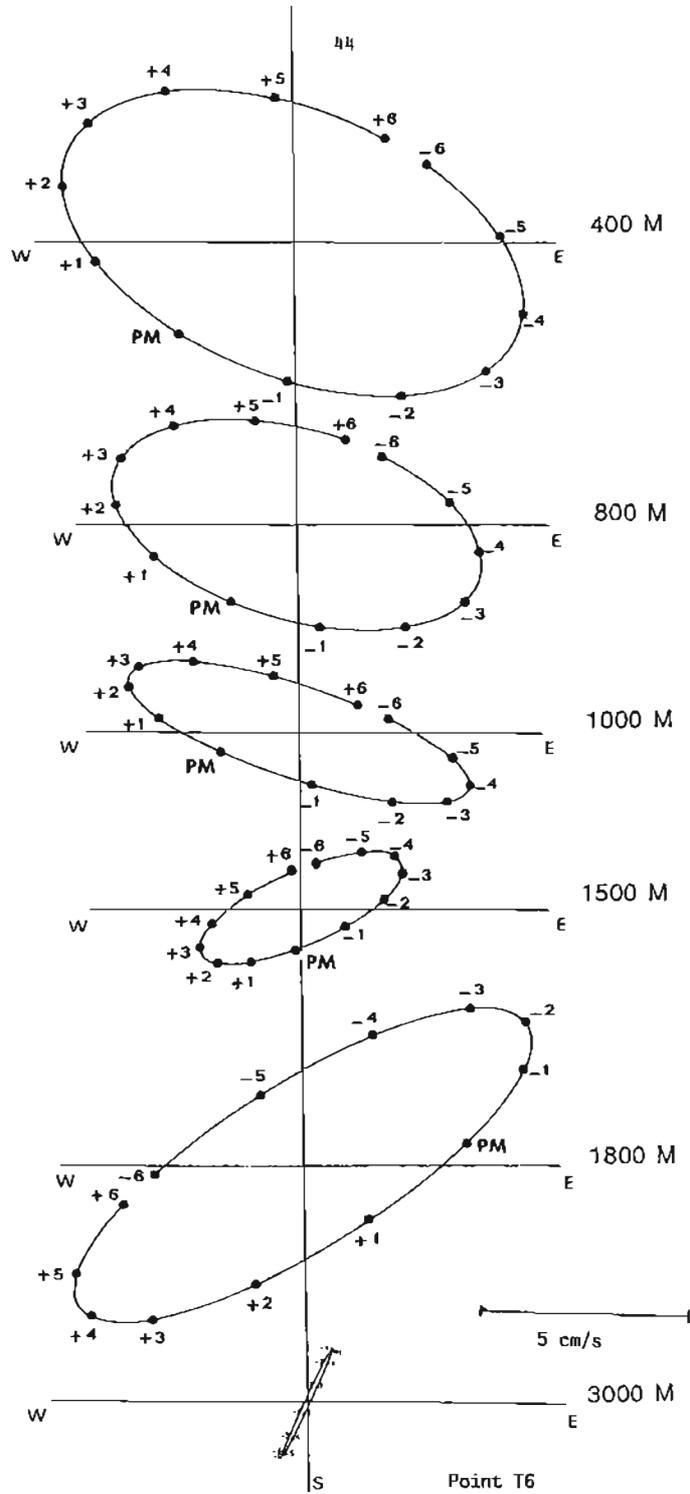
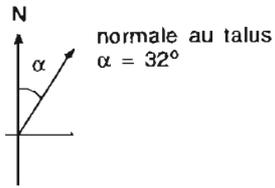


FIG. 14



VALENTIN & P
1971 / ALGER-LEB

FIG. 15

180° entre 400 et 1200 m, zone d'influence de la pycnocline permanente (fig. 16).

L'insuffisance des mesures ne permet pas de conclure ici quant à une localisation particulière du déphasage maximum observé suivant le point de mouillage considéré. Il semble cependant que la pycnocline permanente ait une influence sur les mesures aussi bien de courant que de température.

CONCLUSION

Les résultats du modèle présenté montrent une focalisation de l'énergie interne le long de droites caractéristiques issues du bord continental du talus associée à une propagation de cette marée interne perpendiculaire à ces mêmes caractéristiques. Bien

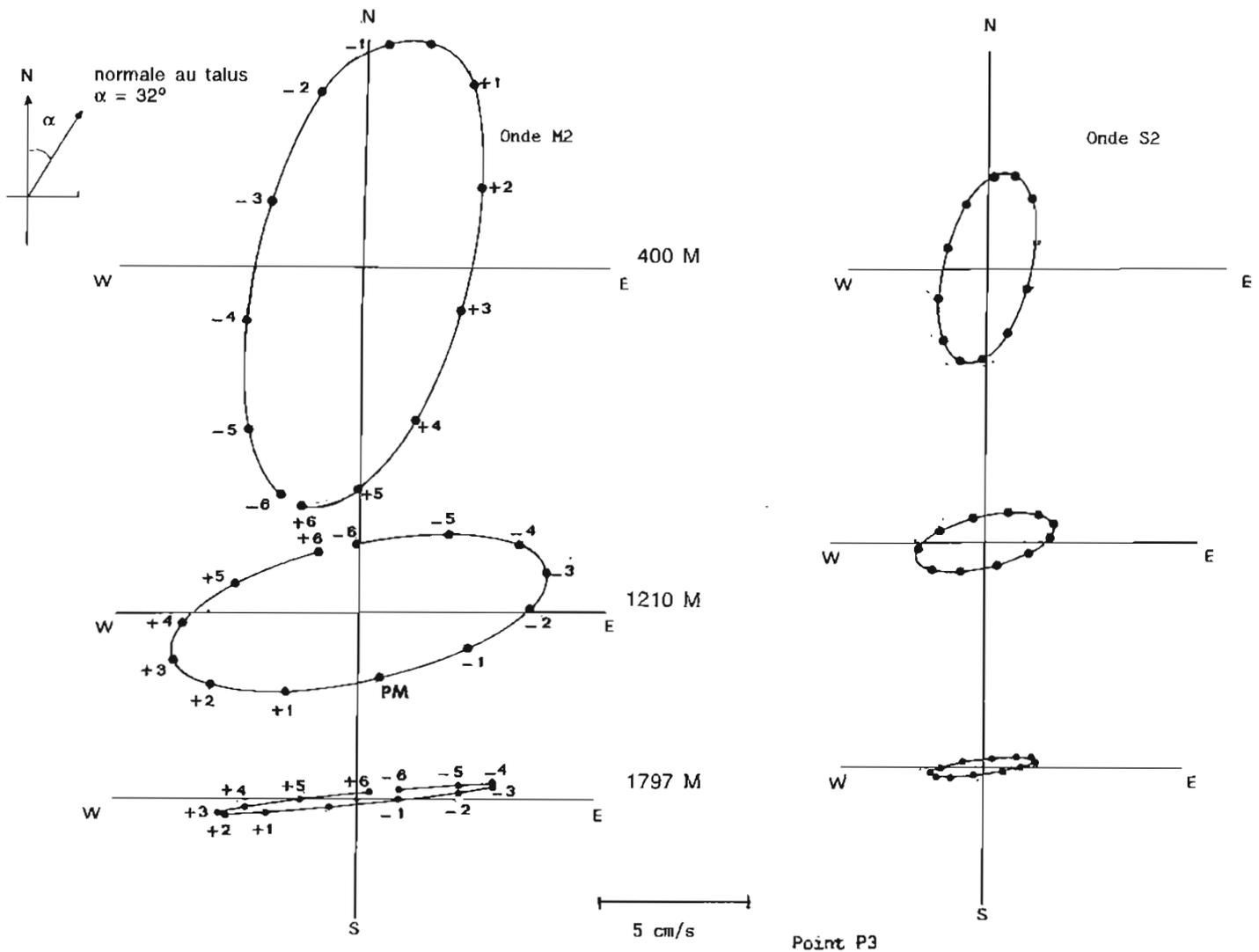


FIG. 16

que ces résultats soient déjà connus (Prinsenber, Rattray, New, Baines) la méthode de résolution employée permet de modifier de façon très rapide les conditions aux limites sur la fonction de courant ψ .

La focalisation de cette énergie interne provient de l'association de deux hypothèses principales suivantes :

- on suppose que les conditions aux limites sur la fonction de courant barocline ψ ; (voir § 1.3.) que l'on prend généralement par fond plat, nulle en surface et au fond, peuvent être les mêmes au-dessus du talus continental. Ceci revient à introduire des conditions aux limites dépendant uniquement de la fonction du courant barotrope, existant en océan homogène, et donc un forcing essentiellement ponctuel focalisé principalement en haut du talus;

- on suppose de plus que la fréquence de Vaisala est constante. Cette hypothèse associée à une assimilation du talus continental à une source ponctuelle explique cette focalisation de l'énergie le long de droites caractéristiques.

Les mesures réalisées pendant la campagne GASTOM 90, bien que largement insuffisantes pour valider ou infirmer formellement les résultats du modèle, ont cependant permis de montrer l'importance relative de la pycnocline permanente dans le transport de l'énergie interne.

La présence de cette pycnocline permanente agit de deux façons différentes sur les hypothèses énoncées plus haut :

- les variations locales de la fréquence de Vaisala, devraient induire une propagation de l'énergie non plus selon des droites mais selon des courbes caractéristiques (New 1988). Ces variations locales ne remettent pas en cause la méthode de résolution mais uniquement les zones de réflexion et de réurgence;

- par contre, au passage à la limite au-dessus du talus, il est probable que dans la plage d'immersion où la pycnocline a une influence, c'est-à-dire entre 800 et 1200 m, il y ait création d'un courant barocline au fond non négligeable induisant de ce

fait un forcing le long du talus qui ne serait plus assimilable à une source ponctuelle; ceci changerait complètement le mode de propagation de l'énergie interne.

Les études actuelles, en collaboration avec le Laboratoire d'Océanographie Physique de l'Université de Bretagne Occidentale, s'orientent donc vers une méthode différente de résolution des équations de base.

L'hypothèse prépondérante est alors de renforcer l'importance de la pycnocline permanente en réalisant une schématisation en couches de la structure verticale de la densité. La pycnocline permanente est

schématisée par une couche d'épaisseur non négligeable (environ 500 m) à l'intérieur de laquelle la densité croît linéairement. De part et d'autre de cette couche intermédiaire la densité est supposée être constante.

Cette hypothèse bien que très restrictive, en particulier en ce qui concerne la couche de fond, devrait permettre de définir de nouvelles conditions aux limites à l'intérieur de la zone d'influence de la pycnocline permanente; ces conditions aux limites pourraient ensuite être réintroduites dans la modélisation initiale, tenant compte d'une variation de la densité dans les couches supérieures et inférieures.

DEUXIÈME PARTIE

MISSION OCÉANOGRAPHIQUE DE LA MÉDITERRANÉE (6 octobre 1985 – 1^{er} septembre 1988)

par

M. J.C. GAILLARD, Ingénieur Principal de l'Armement (hydrographe)

SOMMAIRE

PREMIÈRE PARTIE

1. Généralités
2. Principaux levés
3. Personnel de la Mission (navires exclus)
4. Moyens flottants
 - 4.1. BH1 *La Recherche*
 - 4.2. BSR *Gazelle*
5. Base de la Mission
6. Moyens propres
 - 6.1. Véhicules
 - 6.2. Drôme
 - 6.3. Alouette III
 - 6.4. Équipements
7. Méthodes – Organisation – Emploi des moyens
 - 7.1. Concours apportés à la MOM
 - 7.2. Activité
 - 7.3. Organisation des travaux
 - 7.4. Conduite des levés
 - 7.5. Topographie
 - 7.6. Localisation
 - 7.7. Bathymétrie

DEUXIÈME PARTIE

8. Levé côtier du Sud de la Corse
 - 8.1. Généralités
 - 8.2. Levé de la Pointe de Campu Moru à la Pointe de la Chiappa
 - 8.3. Levés à grande échelle dans le Golfe d'Ajaccio
 - 8.4. Levés dans le Golfe de Porto-Vecchio

- 8.5. Levés en Baie de Cupabia et compléments dans le Golfe de Valinco
9. Levés des côtes de Provence
 - 9.1. Levé du Cap Martin à la frontière italienne
 - 9.2. Levé du Cap Roux au Cap d'Antibes
 - 9.3. Levé du Cap Camarat à la Pointe des Issambres
 - 9.4. Levé côtier de Cassis à l'île des Embiez
10. Levés du port de Toulon et de ses abords
11. Levés divers
 - 11.1. Levé de détail aux abords des îles d'Hyères
 - 11.2. Contrôle de la zone d'accès au chenal de Fos-sur-Mer
 - 11.3. Contrôle du chenal d'accès au port de Sète
 - 11.4. Contrôle bathymétrique des abords des quais « Marine Nationale »
 - 11.5. Levés de plage
 - 11.6. Levés de complément entre le Cap Cabuel et le Cap d'Antibes
12. Analyse des hauteurs d'eau dans le Golfe de Fos
13. Évaluation des réseaux Sylédis de Marseille et de Toulon
14. Localisation d'amers par des mesures de relèvement et d'angles au cercle
15. Revue d'amers
16. Concours divers
17. Signification des sigles et abréviations rencontrés dans le texte.

PREMIÈRE PARTIE

1. GÉNÉRALITÉS

Pendant la période s'étendant d'octobre 1985 à septembre 1988, l'organisation, les moyens ainsi que le fonctionnement de la MOM ont été très peu différents de ceux décrits par l'IPA Laporte, précédent

directeur de Mission (voir *Annales Hydrographiques* 1986 n° 761, pages 131 et suivantes). Le commandement opérationnel était exercé par l'État-Major de la Marine (CEMM), le contrôle opérationnel par le

Commandant en Chef pour la Méditerranée (CEC-MED). Sur instructions techniques du SHOM, le Directeur de Mission était responsable de l'emploi des moyens et de l'exécution des programmes annuels d'activité.

Localement, la MOM était constituée de trois unités :

- la Base de la Mission dirigée par le MP Hydrographe Durand ;
- le BH1 *La Recherche* commandé successivement par les LV (S) Olivier puis Herry ;
- l'unité hydrographique directement rattachée à l'IPA Gaillard.

Les Préfets Maritimes de la Troisième Région dont dépendait la Mission sur le plan organique furent les Vice-Amiraux d'Escadre Gagliardi puis Duthoit représentés par leurs adjoints Opérations : les Contre-Amiraux Lanxade puis Mollat du Jourdin.

Le BH1 *La Recherche* ainsi que la Base de la Mission dépendaient organiquement de la Flottille de la Méditerranée dont les commandants furent successivement les Capitaines de Vaisseau Martin de Marolles et Benoit.

Selon les directives du Département, d'une part le BSR *Gazelle* relevant de la Direction du Port de Toulon, et d'autre part une Alouette III de la BAN Saint-Mandrier apportaient leur soutien à la MOM.

Parmi les concours dont a bénéficié la Mission, il faut particulièrement citer ceux :

- des plongeurs de la Direction du Port de Toulon et du 3^e Groupement des Plongeurs Démineurs dont les actions ont été essentielles pour l'identification des épaves et des obstructions du Port de Toulon et de ses abords ;
- des Remorqueurs d'Intervention *Mérou* et *Girrelle* utilisés pour l'évaluation des réseaux Sylédis, les revues d'amers, la mise en place et la récupération des observatoires de courants ;
- de la BAN Aspretto dont le soutien logistique lors des levés de Corse a été fort précieux.



L'état d'avancement du programme de la MOM est présenté au CA Mollat du Jourdin

2. PRINCIPAUX TRAVAUX

L'activité de la Mission s'est déroulée en totalité sur le littoral méditerranéen français.

Le BH1 *La Recherche* s'est consacré exclusivement aux levés côtiers en mettant en œuvre trois vedettes hydrographiques, deux embarcations de levé portuaire ainsi que des zodiacs pour les travaux de topographie. Le BSR *Gazelle* s'est vu confier les travaux au large.

L'activité décrite dans la deuxième partie de ce rapport comprend :

- 1) Le levé côtier du Sud de la Corse : du Golfe de Valinco au Golfe de Porto-Vecchio.
- 2) Le sondage bathymétrique du port de Toulon et de ses abords.
- 3) Le levé côtier des côtes de Provence du Cap Roux au Cap Cabuel, du Cap Martin à la frontière italienne ainsi que de Cassis à l'île des Embiez.
- 4) Les contrôles d'accès aux chenaux de Sète et de Fos-sur-Mer.
- 5) L'évaluation et l'étalonnage des réseaux Sylédis de Toulon et de Marseille.
- 6) Les contrôles bathymétriques des abords des quais utilisés par les bâtiments de la Marine Nationale à Ajaccio, Bonifacio, Giens, Porquerolles, Saint-Tropez, le Lavandou, Saint-Raphaël.
- 7) Les levés de plageage à Crovani, Lozari, Saint-Florent, Ajaccio, Cavalaire, Les Issambres.
- 8) Des levés de détail autour des îles d'Hyères.
- 9) La revue d'amers et de balisage du Petit Rhône jusqu'au Cap Camarat.
- 10) Une mise à jour de l'information nautique de la frontière espagnole à la frontière italienne.

3. PERSONNEL DE LA MISSION (navires exclus)

La seule modification demandée et obtenue au plan d'armement a consisté à remplacer 2 matelots CTG COPEL et 2 matelots CTG EQUIP par 2 matelots CTG SITEC et 2 matelots CTG MANEU. Il paraissait en effet essentiel dans une mission d'accroître le nombre de personnes pouvant effectuer soit des études soit la conduite des vedettes hydrographiques.

L'organisation interne de la mission comprenait :

- un échelon direction constitué du Directeur, de l'ingénieur adjoint puis du Major Camus à partir du 1^{er} janvier 1988 ;
- la salle de dessin dirigée par le Maître Principal de Kersauson jusqu'en août 1987, puis par le Maître Principal Heyer en février 1988 ; l'intérim ayant été assuré par le Premier Maître Midoux ;

— le service technique regroupant les ateliers d'électronique et de mécanique confié au TCTP Quelen,

— le service général sous la responsabilité du Maître Principal Durand comprenant le magasin, la Base de la Mission et le secrétariat.

Les plans d'armement ont été dans l'ensemble respectés. On regrettera toutefois la pénurie d'officiers mariniers hydrographes supérieurs (6 au plan d'armement pour 2 affectés en moyenne) ainsi que la proportion trop importante d'officiers mariniers affectuant à la MOM leur première affectation d'hydrographe.

Par ailleurs au départ de l'IETA Sauvage (avril 1987), les fonctions d'adjoint au Directeur ont dû être confiées à de jeunes ingénieurs sortant de l'ENSIE-TA.

Les périodes d'affectation des ingénieurs adjoints furent les suivantes :

- I2ETA Sauvage jusqu'au 5 avril 1987
- I2ETA Le Square du 15 septembre 1986 au 1^{er} janvier 1988
- I2ETA Guillou à partir du 10 septembre 1987.

4. MOYENS FLOTTANTS

4.1. BH1 *La Recherche*

Les caractéristiques techniques de ce bâtiment déjà largement développées dans les rapports des précédents directeurs de la MOM ne seront pas ici reprises. Retiré du service actif le 1^{er} juillet 1988, le BH1 *La Recherche* laissera le souvenir d'un bâtiment fort bien adapté aux levés hydrographiques côtiers. Disparaîtra également un des plus rustiques mais des plus efficaces systèmes de bossoirs de la Marine Nationale. Équipé de 3 VH8, de 2 embarcations de levé portuaire, de 5 embarcations pneumatiques, offrant les possibilités de logement pour 72 personnes, ce bâtiment a pendant ces trois années permis d'achever les levés de Corse et de Provence.

Dans ses 2 salles de dessin très spacieuses, il a été possible d'installer l'ensemble des équipements informatiques de traitement des levés et d'assurer ainsi une rédaction très peu différée des travaux. Certes, la crainte de ne pas pouvoir disposer de pièces de rechange pour les équipements auxiliaires et principalement les groupes électrogènes a été permanente. La qualité du personnel du service « Machine » ainsi que la volonté du Major Général du port de Toulon de maintenir ce bâtiment opérationnel ont réduit les durées des périodes d'indisponibilité. L'indisponibilité la plus importante a été de 6 jours et concernait la remise en état de l'installation de réfrigération des vivres. La dernière IPER du BH1 *La Recherche* a eu lieu au début de l'année 1986.

Elle se limitait au correctif, le stade figé ne permettant que très peu d'opérations préventives.

Les modifications ayant pour buts d'améliorer le réseau de distribution électrique et de supprimer les incompatibilités électromagnétiques entre les différents équipements spécifiques ont été réalisées au cours du premier semestre 1987 sur les trois vedettes de 8 mètres.

Le nombre d'heures de fonctionnement des trois VH8 a été de :

- 1200 en 1985
- 1400 en 1986
- 1600 en 1987

L'utilisation fréquente des plongeurs de bord pour la détection des hauts fonds, des obstructions et des épaves justifiait l'installation durant l'année 1985 d'un caisson biplace de recompression ainsi que l'affectation d'un infirmier hyperbariste.

Il faut noter d'une part que les plans d'armement en personnel certifié « plongeur de bord » ont été en permanence honorés (BH1 *La Recherche*, 3 - unité hydrographique, 3, et d'autre part que les demandes d'admission à l'École de Plongée ont été acceptées. Par ailleurs la fiabilité des équipements de sondage acoustique à la charge du bord s'étant nettement améliorée, un poste de MT DEASM a été supprimé et remplacé par un poste CTG Mécanicien.

Les nombres de jours d'absence du port de base du BH1 *La Recherche* ont été les suivants :

- 178 jours en 1985
- 181 jours en 1986
- 162 jours en 1987
- 65 jours du 1^{er} janvier au 1^{er} juillet 1988

A ceci, il faut ajouter les sondages du port de Toulon confiés à ce bâtiment lors des périodes à quai au port de base. (30 jours en 1986, 42 jours en 1987, 55 jours en 1988).

Les chiffres précédemment indiqués montrent le taux élevé d'activité du BH1 *La Recherche* pendant ces trois dernières années, expliqué en partie par la réduction des IPER et des IE. L'acceptation par les autorités locales de périodes de gardiennage (3 semaines en hiver, 2 semaines en avril) et d'une PEI réduite à 3 semaines en juillet facilitait l'octroi de permissions au personnel et rendait en dehors de ces périodes le bâtiment totalement opérationnel.

L'activité du BH1 *La Recherche* a été répartie comme suit :

- du 6 octobre au 12 décembre 1985 : île du Levant, Cannes, Menton
- du 15 mars au 4 avril 1986 : Menton, Cannes
- mai, juin, août, septembre 1986 : côtes Sud de Corse
- novembre, décembre 1987 : côtes de Provence (Cannes, Saint-Tropez)
- mars, avril, mai 1988 : de Cassis au Cap Sicié.



Dernière escale du BH2 *La Recherche* à Istanbul

Quatre escales à l'étranger (Gênes, Alger, Split, Istanbul) ont permis d'établir des contacts avec les services hydrographiques des pays visités.

Le BH1 *La Recherche* a été commandé jusqu'au 15 septembre 1986 par le LV (S) Olivier, puis du 15 septembre 1986 au 17 juillet 1988 par le LV (S) Herry. Les fonctions d'officier en second étaient assurées par des officiers spécialisés d'origine hydrographe: l'EV1 Penven jusqu'au 17 juin 1986 puis l'EV1 (S) Kervizic jusqu'au désarmement du bâtiment.

4.2. BSR *Gazelle*

Le BSR *Gazelle*, sous le commandement organique de la Direction du port de Toulon, est un bâtiment doté de 2 équipages pour lequel les autorités de la 3^e Région Maritime exigent une très grande disponibilité.

Lors des activités hydrographiques deux conteneurs du SHOM sont installés à bord:

- l'un de 10 pieds situé à l'arrière de l'abri de navigation est réservé au stockage du matériel scientifique de la MOM;

- l'autre de 20 pieds mis en place sur le pont principal sert de PC scientifique au personnel de la Mission. Il est équipé des récepteurs de radio-localisation (Trident, Loran C, Toran...), des enregistreurs de 2 sondeurs bathymétriques DESO 20 petits fonds et grands fonds, ainsi que du matériel informatique (calculateurs HP 9816, hydroboucle-bâtiment).

Le BSR *Gazelle* peut recevoir 2 treuils à contacteurs tournants commandés à distance pour la mise en œuvre des magnétomètres et des sondeurs latéraux. On s'est efforcé d'améliorer l'étanchéité tant des conteneurs que des treuils soumis aux conditions sévères de l'environnement marin. Les aménagements à l'intérieur du conteneur de 20 pieds ont été réalisés dans le souci d'améliorer les conditions de travail du personnel.



Le BSR *Gazelle* à Bonifacio équipé du conteneur hydrographique



Débarquement d'un véhicule du BSR *Gazelle*

Il est à noter que l'existence de 2 équipages ainsi que la forte autonomie de ce bâtiment en combustible et en eau permettent un taux d'activité hydrographique élevé. Pendant la période de mise à disposition de la MOM les relèves d'équipage peuvent éventuellement être effectuées sur la zone de travail, évitant ainsi un retour à Toulon. La possibilité d'embarquement de véhicules a permis d'utiliser le BSR *Gazelle* en soutien d'activités isolées comme par exemple les levés de plageages au Nord-Ouest de la Corse.

Seules les conditions précaires de logement du personnel hydrographe limitent son utilisation. Il est indispensable en effet de prévoir au moins toutes les semaines une relève de l'équipe chargée du levé lors d'un fonctionnement en continu.

C'est ce qui a été réalisé en Corse en constituant deux groupes qui permutaient chaque semaine, l'un étant chargé du levé hydrographique, l'autre de la rédaction à terre des travaux.

Les nombres de jours de mise à disposition du BSR *Gazelle* ont été les suivants :

- 1985 : 102 jours
- 1986 : 97 jours
- 1987 : 78 jours

Une indisponibilité accidentelle très importante nécessitant le remplacement des moteurs électriques n'a pas permis d'utiliser le BSR *Gazelle* au cours du 1^{er} semestre 1988.

Le BSR *Gazelle* fut commandé par :

Équipage A :

Major Coulon jusqu'au 15 septembre 1986
Major Ogor jusqu'au 15 février 1987
puis le Major Le Bars

Équipage B :

Major Mathelin jusqu'au 1^{er} juin 1987
puis le Major Morand.

L'activité du BSR *Gazelle* s'est répartie comme suit :

- jusqu'au 15 octobre 1985 : levés en Corse du Sud
 - 15 octobre à fin novembre 1985 : Cannes, Menton, Île du Levant, Sète, puis évaluation des réseaux Sylédis de Marseille et de Toulon
- août, septembre, octobre 1986 : côtes Sud de Corse
 - du 5 mai au 3 juillet 1987 : côtes Sud de Corse, levés de plageage puis revue d'amers en Provence
 - du 1^{er} au 30 octobre 1987 : Golfe de Fos-sur-Mer, Saint-Tropez et poursuite de la revue d'amers en Provence.

5. BASE DE LA MISSION

Les difficultés de fonctionnement dues à l'exiguïté des locaux de la base de la MOM indiquées dans les précédents rapports de mission ont pu être résolues. En effet, le Major Général du Port de Toulon a permis d'utiliser un bâtiment contigu à la base libérant ainsi l'ancien magasin. De ce fait, la Mission dispose maintenant d'un local informatique de taille convenable et un deuxième bureau accueillant les ingénieurs a pu être aménagé. A long terme (horizon 1992) la construction d'une nouvelle base de la Mission vers l'Îlot Castigneau est envisagée.

Les fonctions de Chef de la Base MOM furent exercées par le MP Durand. Parmi les attributions de ce dernier il faut citer la gestion du budget de vie courante. La MOM est considérée comme centre autonome de responsabilité et dispose chaque année d'une enveloppe répartie sur 4 postes : Commissariat (trois sous-postes : AF, MGP, HCC), Travaux Maritimes, DCAN, Transmissions. Seule l'allocation attribuée sur le dernier poste (Transmission) s'est avérée insuffisante.



Atelier mécanique de la Base de la Mission

6. MOYENS PROPRES

6.1. Véhicules

Le plan d'armement en véhicules de la Mission fut en permanence honoré. Les prêts temporaires ont été accordés lorsque les activités hydrographiques le nécessitaient.

On a pu constater, lors des travaux en Corse, la fragilité des organes de transmission des 504 Peugeot 4 x 4 Dangel. Le coût d'entretien de ces véhicules (40 000 F pour les 3 par an), ainsi que leur taux d'indisponibilité ont incité à demander le remplacement de deux d'entre eux par des 305 break. Au 1^{er} septembre 1988, la MOM disposait d'une 4L break, d'une camionnette Renault Trafic, de deux 504 break 4 x 4 type Dangel, d'une 305 break.

6.2. Drôme

Le plan d'armement de la MOM qui comprenait un zodiac, une remorque et trois propulseurs hors-bord n'était pas du tout adapté à une mission passant la plus grande partie de son temps en sondages côtiers.

Le recours à des prêts temporaires de deux embarcations pneumatiques et de 2 propulseurs a été systématique.

Par ailleurs, afin de réaliser les levés portuaires, la Mission a obtenu d'une part la cession d'un Boston-Whaler de la D.P. et d'autre part l'autorisation d'acquérir une embarcation Ceralu de 4,20 m de lon-



Coralline équipée d'un récepteur DESO 10 et d'un interrogateur Trident

gueur. Cette dernière a été aménagée afin de recevoir un enregistreur de sondeur acoustique DESO 10 ainsi qu'un récepteur de radiolocalisation Trident.

6.3. Alouette III

Une Alouette III fut mise à la disposition de la Mission lors des levés en Corse du Sud en 1986 et 1987. Selon la zone des travaux, elle stationnait soit à la base de l'Armée de l'Air de Solenzara soit à la BAN Aspretto. L'utilisation de cet aéronef équipé d'un récepteur Trident et d'une caméra Hasselblad montée sur un châssis orientable fut précieuse pour :

- la mise en place et l'entretien des sites Trident principalement ceux se trouvant sur les îles (évitant ainsi des transits du BSR *Gazelle*) ou sur les sommets inaccessibles par la route (altitude 1 200 mètres) ;
- les photographies verticales du plateau des Moines et des écueils d'Olméto non couverts par les collections de l'IGN ;
- le positionnement des amers et du balisage ;
- les photographies obliques nécessaires à l'illustration des ouvrages d'informations nautiques.

6.4. Équipements

6.4.1. Sondeurs hydrographiques

Les sondeurs bathymétriques verticaux DESO 20 se montrèrent fiables et faciles d'emploi. La situation concernant leur entretien s'est nettement améliorée pendant ces trois années grâce à la formation reçue par le personnel de la DCAN Toulon ainsi que par la mise en place localement d'un lot de rechange. Il n'en est pas de même ni pour les compensateurs de pilonnement ni pour les sondeurs latéraux où la seule compétence officielle se situe à la DCAN Brest. Le sondeur grands fonds Raythéon du BH1 *La Recherche* fut mis en œuvre régulièrement lors des transits Toulon-Corse dans le but essentiel de former le personnel hydrographe à son exploitation.

6.4.2. Matériel de radiolocalisation

Trident

Les versions III, III A, IV du matériel Trident furent successivement mises en œuvre à la MOM. Que ce soit en Corse du Sud-Est, à Cannes ou à Saint-Tropez, le système de radiolocalisation Trident III (200 MHz) s'est avéré perturbé par des émissions provenant vraisemblablement d'émetteurs de télévision. De tels ennuis ne sont pas apparus lors de l'utilisation dans les mêmes zones des versions III A et IV (1219 MHz).

Autres matériels

Seuls les radiolocalisateurs Loran C, Sylédis et pendant quelques mois Transit ont été mis en œuvre. On regrettera de n'avoir pas disposé du matériel GPS qui aurait permis d'effectuer quelques levés au large tout en économisant une lourde infrastructure Trident en Corse du Sud.

Par ailleurs, un ensemble AGA 140 de la Société Géotronics permettant l'acquisition, la transmission et l'archivage des mesures de gisement, de site et de distance a été évalué puis livré en mai 1988 à la Mission. Connecté à un ordinateur HP 85, il a été utilisé pour le levé du port de Toulon concurrentement à 3 relèvements optiques par théodolite.

6.4.3. Matériel de transmissions

Les postes émetteurs-récepteurs portatifs VHF TRPP 32 ont remplacé en 1986 les matériels TRPP 13 et TRPP 11. Un taux de panne important s'est manifesté lors de leur première année d'utilisation imputable pour une partie à des défauts de jeunesse et pour une autre partie à de mauvaises conditions d'utilisation. La confection d'enveloppes de protection a diminué le risque d'avarie due aux embruns.

Le manque d'autonomie de ces équipements lors des opérations de radioguidage a été résolu d'une part en offrant la possibilité de réglage des puissances d'émission et d'autre part en leur adjoignant des panneaux solaires de dimensions réduites (30 cm x 30 cm). Aucun défaut de fonctionnement n'est apparu ni en 1987 ni en 1988. On peut toutefois regretter le nombre trop limité d'appareils de ce type délivré à la MOM.

Pour conduire à la fois deux levés côtiers indépendants comportant également des travaux de géodésie et de topographie, il a été nécessaire d'avoir recours à des prêts temporaires de postes TRPP 11 et TRPP 13.

Par ailleurs, les matériels TRVP 13 des vedettes hydrographiques ont été remplacés par des équipements TRBP 15 qui ont donné toute satisfaction. Cinq postes au lieu de trois livrés ont été nécessaires, un pour chaque vedette, un pour la salle de dessin du BH1 *La Recherche*, un pour le conteneur du BSR *Gazelle* (prêt de deux postes par le service TVL de la 3^e Région Maritime).

Enfin, il a été possible d'utiliser en 1986 et 1987, pendant les levés en Corse du Sud (mai à octobre), les matériels de transmissions HF TRC 340. Ceux-ci ont été fort précieux pour assurer les liaisons entre les équipes à terre et les bâtiments. Bien que prévu depuis 1986 au plan d'équipement de la MOM, ce matériel n'était pas encore livré en septembre 1988.

6.4.4. Équipements informatiques

La fin de l'année 1985 a été marquée par l'abandon des calculateurs Tektronix 4052 et par la mise en œuvre des calculateurs Hewlett-Packard 9816. Quatre mois auront été nécessaires pour mettre au point les chaînes de traitement, former le personnel d'exploitation et étendre les fonctions de logiciels à la prise en compte des relèvements optiques.

Au cours de ces trois dernières années, les configurations informatiques ont sensiblement évolué dans le sens d'une amélioration des temps de traitement. On citera par exemple les modules d'extension de mémoires centrales, les unités de disque dur, le traceur de format A0 Benson modèle 1645.

Des moniteurs vidéo ont facilité principalement sur le BSR *Gazelle* et le RI *Mérou* la prise et le suivi des profils.

On a très peu utilisé les équipements «Hydrac vedettes». Ceux-ci n'ont d'intérêt que lorsque la localisation du porteur peut être en totalité assurée par des moyens de radiolocalisation. Ce ne fut que très rarement le cas. En effet, soit l'échelle du levé était incompatible avec l'emploi du radiolocalisateur, soit la configuration de la côte à hydrographier nécessitait l'adjonction de relèvements optiques (fonds de baies).

Si l'emploi des chaînes de traitement de l'EPS-HOM fut la règle, il a néanmoins été nécessaire de

développer certains logiciels pour des levés particuliers. Ce fut le cas entre autres pour les évaluations Syldés ainsi que pour une navigation hybride « Trident – Loran C » au large de la côte Sud-Est de la Corse.

La faiblesse du parc de calculateurs Hewlett-Packard 9816 à la Base de la MOM a nécessité pendant les trois dernières années la mise en place d'horaires aménagés, obligeant le personnel à se scinder en 2 équipes l'une travaillant de 6 à 14 heures, l'autre de 12 à 20 heures.

On ne peut en effet, avec trois calculateurs, assurer à la fois la prise d'informations en temps réel sur les bâtiments, le traitement en temps différé de ces informations, ainsi que le développement des études.

6.4.5. Matériels divers

Treuil Martec

En collaboration avec l'AMF de Toulon, un treuil Martec à contacteur tournant, commandé à distance (à l'intérieur du conteneur de 20 pieds) a été installé sur le BSR *Gazelle* afin d'assurer la mise en œuvre des sondeurs latéraux et des magnétomètres. La protection contre les paquets de mer a été étudiée et réalisée.

Panneaux solaires

On s'est efforcé d'utiliser des alimentations par panneaux solaires pour les stations Trident installées sur les îles ou en des points difficiles d'accès. Le parc de panneaux solaires disponibles s'est avéré nettement insuffisant en Corse, lorsque le BSR *Gazelle* et le BH1 *La Recherche* évoluaient dans des zones différentes.

Courantomètres et marégraphes

Après la disparition en 1984 de quatre courantomètres SUBER par suite du pillage des lignes de mouillage en Corse du Sud, il a fallu attendre le début de l'année 1987 pour que la MOM puisse disposer à nouveau de trois équipements.

La constatation en juin 1986 de la disparition en une nuit de quatre bouées mouillées autour du plateau des Moines lors d'une opération de prise de photographies verticales a définitivement dissuadé les responsables de la mission de procéder à de nouvelles mesures de courant par mouillage de surface non surveillé.

Les observatoires de courant mis en place furent soit sous surveillance directe du BH1 *La Recherche* au mouillage, soit reliés à des bouées du Service des Phares et Balises.

On n'utilisa les marégraphes immergés Suber que lors des sondages dans le Golfe de Fos, zone dans



Mise à l'eau d'un marégraphe

laquelle les hauteurs d'eau fournies par les marégraphe côtiers étaient discordantes (situations météorologiques, échanges avec l'étang de Berre).

7. MÉTHODES – ORGANISATION – EMPLOI DES MOYENS

7.1. Concours apportés à la MOM

En complément du BH1 *La Recherche*, la MOM disposa des principaux concours suivants :

Alouette III :

50 h en mai 1986

55 h du 15 mai au 15 juin 1987

BSR Gazelle :

102 j en 1985

97 j en 1986

78 j en 1987

RI Mérou : 18 jours au cours du 1^{er} semestre 1988.

A ces concours il faut ajouter :

- 80 jours × homme de plongeurs de bord de la DP Toulon;
- 9 jours × homme de plongeurs démineurs du 3^e G.P.D.;
- 2 jours d'utilisation du patrouilleur de Gendarmerie *La Paquerette* pour la mise en place et la récupération de courantomètres dans les Bouches de Bonifacio;
- 5 mois de prêt de vedettes (DP, BAN Aspretto) équipées d'un sondeur hors-bord DESO 10.

7.2. Activité

L'activité de la Mission pendant la période 1985-1988 était essentiellement consacrée à la bathymétrie et à la topographie.

Les équipements dont disposait la MOM et les méthodes de travail utilisées étaient ceux en usage au SHOM. L'informatisation de l'acquisition des données et de leur traitement s'est faite au rythme des livraisons des matériels et des développements de logiciels de l'EPSHOM.

Parmi les activités présentant quelques originalités, il faut citer :

- l'évaluation des réseaux Sylédis de Toulon et de Marseille;
- l'analyse des hauteurs d'eau mesurées par différents observatoires du Golfe de Fos;
- l'étude de la localisation d'amers et de la restitution topographique à partir d'un bâtiment positionné en continu;
- l'utilisation, pour la restitution topographique, de photographies verticales prises à partir d'une Alouette III localisée au Trident et équipée d'une caméra Hasselblad posée sur un châssis orientable.

7.3. Organisation des travaux

Les statistiques météorologiques ont incité à choisir la période de mai à octobre pour l'activité en Corse et à consacrer le reste de l'année aux travaux en « Provence – Côte d'Azur ». Les périodes à quai du BH1 *La Recherche* ont été mises à profit pour réaliser le levé bathymétrique du port de Toulon. On s'est efforcé, dans la mesure du possible, de ne pas être tributaire des conditions météorologiques en disposant le plus souvent de 2 zones de travaux relativement proches l'une de l'autre, l'une protégée des vents de Nord-Ouest, l'autre à l'abri des vents d'Est. Le nombre important (14) de balises Trident disponibles permettait ce type d'organisation. Dans chaque zone de levé, la partie au large était préalablement réalisée par le BSR *Gazelle* et en gé-

néral seul le dernier mille à la côte restait à effectuer au moyen des VH8 du BH1 *La Recherche*.

Détachements isolés

L'expérience du levé par détachement isolé en juillet 1985 lors d'une PEI du BH1 *La Recherche* n'a pas paru convaincante et n'a pas été reconduite. Le détachement isolé peut se justifier lorsque le bâtiment doit subir une longue période d'indisponibilité. Ce ne fut heureusement le cas ni en 1986 ni en 1987.

Toutefois, lors des levés en Corse du Sud, un campement à terre a été organisé. On a utilisé selon la zone de travail : 3 villas des Phares et Balises à Bonifacio, 2 villas louées à Porto-Vecchio, les logements désaffectés du phare de Pertusato. Le personnel hébergé comprenait : l'effectif du service technique de la MOM chargé de l'entretien des équipements spécifiques et des véhicules, les équipes de géodésie ainsi que le personnel hydrographe de relève du BSR *Gazelle* auxquels étaient confiées la préparation ainsi que la rédaction des travaux. Il a toujours été possible d'aménager une salle de dessin ainsi qu'un local informatique. Administrativement, le personnel non officier était placé en régime de vivres isolés et percevait une allocation journalière de 130 F. La location des villas était prise en charge par les Travaux Maritimes.

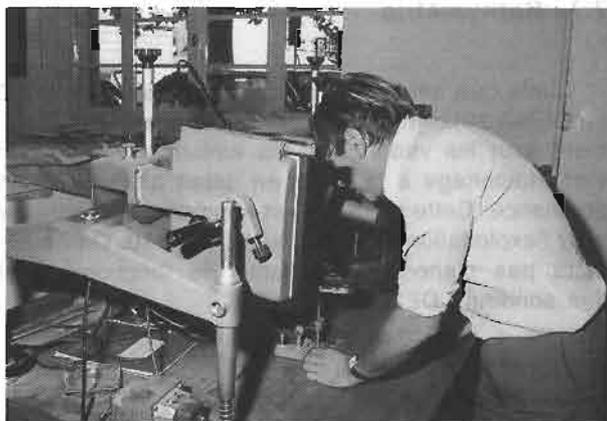
7.4. Conduite des levés

La conduite des levés utilisée ne diffère guère de celles indiquées par MM. Laporte et Habert (voir *Annales Hydrographiques* 1984, 1986). On s'est efforcé de traiter tous les thèmes et particulièrement la mise à jour des ouvrages d'*Instructions Nautiques* D2.1, D2.2 et D2.3.

Une mission de trois mois dans le courant du 2^e semestre de l'année 1987 a été organisée afin de vérifier la qualité des documents nautiques du SHOM. Les contacts auprès des collectivités locales, des capitaineries de port, des DDE... ont permis de collecter des renseignements ainsi que des documents fort utiles pour l'édition de 1988 des 3 ouvrages d'*Instructions Nautiques* des côtes méditerranéennes françaises.

7.5. Topographie

On a essayé de tirer le maximum d'informations de l'exploitation des photographies aériennes verticales facilitée par la transparence de l'eau des zones sondées ainsi que par le faible marnage en Méditerranée. Des préparations topographiques ont été systématiquement rédigées après la détermination des



Le TSO Bailleau exploitant les couvertures photographiques aériennes

points de calage sur le terrain et la restitution au moyen du Stéréoflex SOM et de l'appareil de transfert Bausch et Lomb.

La cotation des hauts-fonds apparaissant sur les préparations de topographie s'effectuait avant toute autre action hydrographique et orientait favorablement la conduite du levé régulier (définition entre autre des limites de dangers).

7.6. Localisation

Les besoins de la navigation de plaisance ont été une préoccupation essentielle lors des levés côtiers effectués par les VH8 du BH1 *La Recherche*.

On a essayé d'étendre le sondage bathymétrique aux fonds des baies, des anses, des golfes et des lieux de mouillage très fréquentés par de nombreux plaisanciers pratiquant la croisière côtière.

Il était alors délicat d'obtenir une couverture Trident totale. On eut de ce fait recours le plus souvent à une localisation hybride en combinant des lieux Trident à des relèvements optiques.

L'ensemble des couples interrogateur – balise faisant l'objet d'un étalonnage annuel sur une base géodésique entre le sémaphore du Cap Bénat et la Pointe de la Badine. Un étalonnage du Trident par trois relèvements optiques était également effectué par sécurité dans chaque zone de levé. Tout site Trident présélectionné faisait l'objet d'un contrôle des perturbations électromagnétiques par le Chef du Service Technique avant installation. Cette procédure s'est avérée très utile principalement dans les régions à forte urbanisation donc à forte densité d'émetteurs de tous types mais aussi sur la côte Est de la Corse où à partir de la mi-juin, des émetteurs italiens viennent exciter les balises Trident fonctionnant à la fréquence de 200 MHz.

7.7. Bathymétrie

Quels que soient les sondeurs utilisés (DESO 20 ou DESO 10), on procéda par sécurité systématiquement pour les vedettes et les embarcations au bon vieux étalonnage à la barre en début ainsi qu'en fin de séance. Cette méthode est apparue indispensable pour l'exploitation des sondeurs DESO 10. On ne détecta pas d'anomalie flagrante de fonctionnement des sondeurs DESO 20.

Pour le BSR *Gazelle* l'étalonnage à la barre était réalisé environ une fois par semaine et complété d'un contrôle quotidien par comparaison sur fonds plats des informations délivrées d'une part par le sondeur d'une embarcation à couple et d'autre part par les sondeurs du bâtiment. L'emploi d'un transducteur d'étalonnage DESO 20 fut jugé dangereux. En effet, la plage de variation de la vitesse du son en fonction du réglage de gain fait apparaître une incertitude de l'ordre de 2 %, incertitude incompatible avec les objectifs de précision des sondages.

DEUXIÈME PARTIE

8. LEVÉ CÔTIER DU SUD DE LA CORSE

8.1. Généralités

Les travaux effectués pendant la période s'étendant d'octobre 1985 à septembre 1988 concernent :

— la zone comprise entre la Pointe de Campu Moru et la Pointe de la Chiappa,

— des compléments dans le Golfe de Valinco et en particulier le sondage bathymétrique de la Baie de Cupabia;

— des levés à grande échelle dans le Golfe d'Ajaccio (darse d'Aspretto, appontement Saint-Joseph, quais des Capucins);

— le contrôle du chenal d'accès au port de commerce de Porto-Vecchio;

— la revue d'amers des golfes d'Ajaccio et de Valinco ainsi que de la Pointe de Campu Moru à la Pointe de la Chiappa.

Les levés de plageage au Nord-Ouest de la Corse (Crovani, Lozari, Saint-Florent) sont traités au paragraphe 11.5.

8.2. Levé de la Pointe de Campu Moru à la Pointe de la Chiappa (voir planche 1)

8.2.1. Généralités

Le levé bathymétrique de la zone comprise entre la Pointe de Campu Moru et la Pointe de la Chiappa s'est déroulé aux périodes et avec les moyens suivants :

BSR *Gazelle* :

• Septembre 1985 : levé régulier au large entre la Pointe de Sénétose et le Cap de Feno (IPA Laporte).

• Août – septembre – octobre 1986 : levé régulier et complémentaire d'une part entre le Cap de Feno et la Pointe de la Chiappa jusqu'à l'isobathe 200 m et d'autre part de la Pointe de Sénétose à la Pointe de Campu Moru.

• 15 mai au 25 juin 1987 : levé complémentaire de la côte Ouest. Soutien d'une équipe chargée du levé à l'échelle 1:3000 du port de Bonifacio. Levé au-delà de l'isobathe 200 m de la tourelle des Lavezzi jusqu'à la Pointe de la Chiappa.

BH1 *La Recherche* :

Le BH1 *La Recherche* s'est vu confier le levé hydrographique de la zone côtière (distance de l'ordre de 1 mille de la côte) :

• Août 1985 : le mouillage de Campu Moru (IPA Laporte).

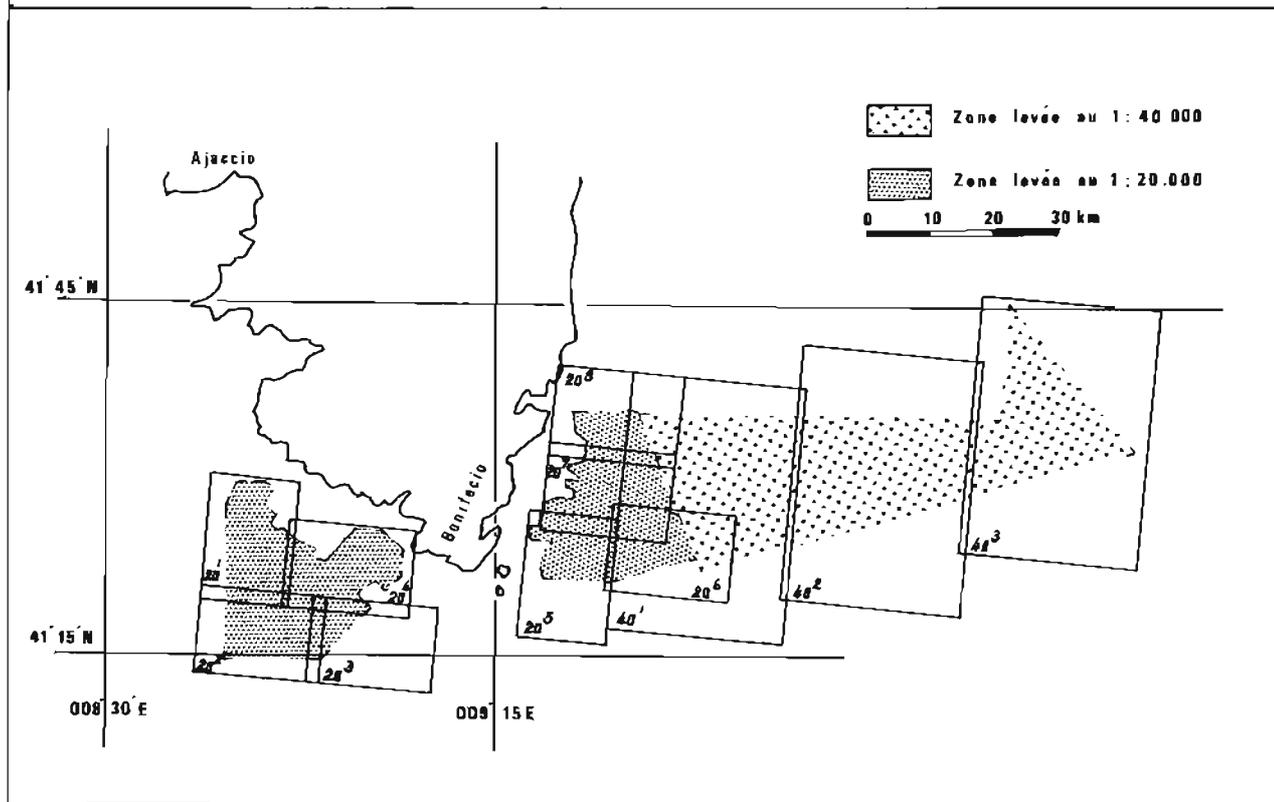
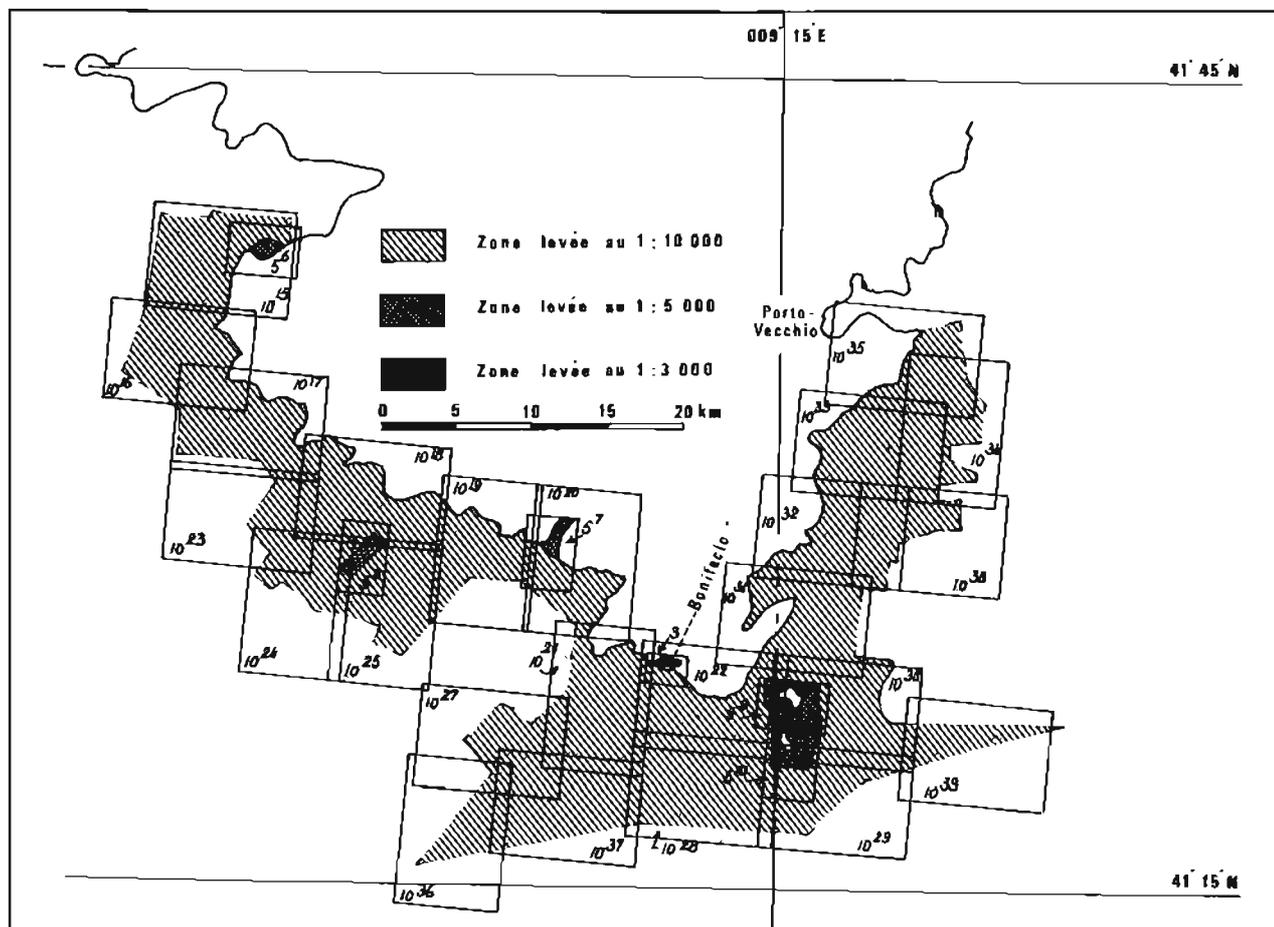
• Mai-juin-août 1986 : de la Pointe de Campu Moru au Golfe de Sant'Amanza.

• Mai-juin-août 1987 : du Golfe de Sant'Amanza à la Pointe de la Chiappa, puis le plateau des Moines ainsi que les archipels des Cerbicale et des Lavezzi.

8.2.2. Description physique de la côte

8.2.2.1. De Campu Moru à Bonifacio

La côte est déserte, aride, marquée par des promontoires rocheux entre lesquels se situent des anses sableuses. Le long de cette côte seuls deux petits ports : Tizzano et Caldarellu (Baie de Figari) sont accessibles par la route et permettent un ravitaillement. Il est nécessaire au plaisancier d'être vigilant et de s'informer des prévisions météorologiques. En effet, il n'est pas inhabituel même en été de subir de violents coups de mistral amplifiés dans les Bouches de Bonifacio et à proximité. Tous les mouillages de cette partie de côte sont très exposés aux vents du Sud-Ouest (à l'exception de Campu Moru) et peu protégés des vents de Nord à Nord-Ouest. Les ports de Bonifacio et de Propriano ainsi que le mouillage de Portu Pollu (Golfe de Valinco) permet-



Pl. 1. Levé au Sud de la Corse zones sondées et schéma des coupures

tent un refuge par temps de mistral. Le plateau rocheux des Moines, l'écueil du Prêtre, le grand et le petit écueil d'Olmeto représentent des dangers importants au large. Par ailleurs, de nombreuses sèches isolées rendent périlleux la plupart des accès aux mouillages.

8.2.2.2. De Bonifacio à la Pointe de la Chiappa

Le port de Bonifacio situé au fond d'une calanque calcaire est un abri très fréquenté l'été. Son accès est matérialisé par le feu de Madonetta. Des liaisons par ferry relient toute l'année Bonifacio aux ports de la côte Nord de la Sardaigne.

Au-delà de Bonifacio, la pointe de Pertusato est prolongée par l'îlot Saint-Antoine. Jusqu'à la Pointe de Sperono, l'écueil du Prêtre matérialisé par un espar, ainsi qu'une sèche non balisée à 250 m de la côte entre Cala di Labra et Cala Sciumara, sont les dangers les plus remarquables.

La côte comprise entre la Pointe de Sperono et la Pointe de la Chiappa est débordée par de nombreux récifs. On y trouve :

a) L'écueil des Lavezzi marqué par une tourelle de danger isolé. Des hauts-fonds de moins de 9 mètres débordent la tourelle jusqu'à une distance de 0,5 M. Une bouée cardinale Sud lumineuse mouillée à 0,6 M au Sud de la tourelle par 40 m d'eau permet de parer ces hauts-fonds.

b) L'île Lavezzi se remarque par le phare situé à Capu di u Beccu et par la pyramide de la Sémillante construite sur un îlot au Sud-Ouest de l'île.

Le passage entre le Sud de l'île Lavezzi et la tourelle comporte des hauts-fonds dont certains ont une cote proche de 8 mètres.

Les trois mouillages les plus fréquentés de l'île Lavezzi sont tout d'abord Cala Lazarina (qui permet un abri des vents d'Ouest, Nord-Ouest) puis Cala de Ghiuncu et Cala di a Chiesa. L'accès à ces trois mouillages doit tenir compte des hauts-fonds isolés extrêmement dangereux détectés lors du levé de 1987.

c) L'écueil et l'îlot de Sperduto : l'écueil de Sperduto est un rocher situé à 0,5 m à l'Est de l'îlot et surmonté d'une balise cardinale Est lumineuse. Par ailleurs, une bouée cardinale Ouest lumineuse au Nord-Nord-Ouest de l'îlot marque la limite des dangers. Le passage entre cette bouée et l'île Cavallo est sain.

d) L'île Cavallo : Cavallo est une île privée sur laquelle on trouve une cinquantaine d'habitations difficiles à percevoir de la côte Corse car bien confondues avec les rochers et la maigre végétation. Un aéroport orienté Est-Ouest situé au centre de l'île permet l'atterrissage des petits avions privés d'une clientèle de luxe. Le passage entre les îles Cavallo et Lavezzi est tout à fait déconseillé car encombré de roches affleurantes ou couvertes de peu d'eau.

Le passage entre l'île Ratino et l'île Cavallo est praticable sur une largeur de 100 m pour des bâtiments d'un tirant d'eau inférieur à 6 mètres. Il est bordé de roches affleurantes détachées de ces deux îles.

e) L'île Ratino : les abords de l'île Ratino sont très dangereux. Il existe cependant un chenal entre l'île Piana et l'île Ratino prolongé au Nord-Est par le passage de la Piantarella. Ce dernier est marqué par l'espar de Tignosa di Ratino et l'alignement du mur de Piana avec le mur de Sperono. Ce passage utilisable seulement de jour est à déconseiller aux navigateurs inexpérimentés, ainsi qu'à ceux n'ayant pas une bonne connaissance de la région.

f) L'île Piana : le passage entre l'île Piana et la côte, encombré de bancs de sable qui se déplacent, est déconseillé. Au Nord de l'île, il est possible, pour les embarcations d'un faible tirant d'eau, d'accéder à l'apponement de la Piantarella.

g) L'île Porraccia : l'île Porraccia est entourée d'îlots, de rochers et d'écueils isolés.

h) Les îlots Gavetti : les îlots Gavetti forment un groupe de rochers sur une longueur de 900 m (Est-Ouest) et une largeur de 400 m, détachés jusqu'à 1,2 km de la côte. Aucune marque de balisage ne signale ces hauts-fonds extrêmement dangereux.

i) De la Pointe de Capicciolu à la Pointe de la Chiappa

Le Golfe de Sant'Amanza fort exposé aux vents de Nord-Est et à un degré moindre au mistral et au libeccio, est protégé des vents du Sud-Est par les falaises de la Pointe de Capicciolu.

Les golfes de Rondinara, Porto Novo et Santa-Giulia constituent d'excellents abris sauf aux vents de Nord-Est, mais des roches isolées principalement à Santa-Giulia n'en facilitent pas l'accès.

A l'Est, les îles Cerbicale prolongées par les dangers de la Vacca, ainsi que l'île et le haut-fond du Toro forment une réserve naturelle dont l'accès est réglementé. Une bouée cardinale Est lumineuse marque le danger de la Vacca tandis qu'une bouée cardinale Sud lumineuse signale le haut-fond du Toro.

Le passage entre les îles Cerbicale et la côte est sain.

8.2.3. Localisation

La localisation fut assurée en utilisant le système de radiolocalisation Trident (BSR *Gazelle*) et pour la zone côtière par des distances Trident combinées à des relèvements optiques (vedettes hydrographiques du BH1 *La Recherche*). On utilisa au minimum trois lieux bien sécants et un étalonnage des couples interrogateur - balise Trident fut réalisé dans chaque zone de travail.

Il est à noter qu'un important travail de géodésie a été réalisé dans cette zone de levé. En effet, il n'existe pas de route pour atteindre ni la plupart des

stations côtières, ni les sites d'implantation des balises Trident utilisées pour les levés au large. L'emploi de l'Alouette III s'est révélé performant tant pour l'aide aux travaux de géodésie que pour l'installation

8.2.4.2. Détection des épaves

Trois épaves inconnues ont été détectées et identifiées par plongeurs. Il s'agit :

Caractéristiques de l'épave	Position NTF (Lambert IV)		Brassage (m)	Fonds environnants (m)
	X	Y		
Nord île de Cavallo. Cargo de 60 m de longueur, couché sur le flanc	579 124	121 671	9,7	13
Bonifacio. Bateau type « Cabin Cruiser »	570 235	122 416	7,5	11
Plateau des Moines. Cargo de 70 m de longueur	548 087	127 154	5,7	10

et l'entretien des sites Trident (points inaccessibles, îles, sommets montagneux).

8.2.4. Bathymétrie

8.2.4.1. Conduite des sondages

Les nombreuses découvertes de hauts-fonds dangereux ont été signalées aux utilisateurs au fur et à mesure du levé, soit par AVURNAV, soit par avis aux navigateurs.

De façon à mieux préciser le plateau continental entre la Corse et la Sardaigne, une grande partie de ce dernier a été levé à l'échelle 1:10 000, même au-delà de l'isobathe 50 m.

Par ailleurs dans les régions à relief tourmenté du plateau des Moines, des îles Lavezzi et Cavallo, il a été jugé nécessaire de procéder à un levé et à une rédaction à l'échelle 1:5 000. Il en a été de même pour la zone de mouillage de Campu Moru.

L'existence au portefeuille du SHOM de cartes marines à l'échelle 1:10 000 de la baie de Figari et du port de Bonifacio ont conduit à un levé et à une rédaction de ces zones respectivement à l'échelle 1:5 000 et à l'échelle 1:3 000.

Une grande partie des hauts-fonds détectés, de moins de 30 mètres, a fait l'objet d'une investigation par plongeurs. Des explorations au sondeur latéral furent conduites dans le passage entre l'île et la tourelle des Lavezzi, ainsi que dans la zone du mouillage de Campu Moru. Toutes les sondes figurant sur les documents rédigés sont réelles. Un étalonnage à la barre (en début et fin de séance pour les vedettes hydrographiques et la coralline, en début et fin de travaux pour le BSR *Gazelle*), a permis d'une part de déterminer la correction de tirant d'eau et d'autre part de vérifier la validité de l'affichage de la valeur de la vitesse du son sur les enregistreurs des sondeurs acoustiques. Les bathycélérimètres Suber ont été utilisés pour la détermination des profils de vitesse du son et des corrections à apporter aux sondes brutes.

8.2.4.3. Amers – balisage fixe – balisage flottant

On profita du levé pour exécuter une revue d'amers, de balisage fixe et de balisage flottant. Pour une bonne partie des amers, on se borna à indiquer des positions approchées permettant une exploitation ultérieure plus précise par un appareil de stéréorestitution analytique.

On peut constater pour l'ensemble des côtes du Sud de la Corse une insuffisance du balisage. Seul le passage des Bouches de Bonifacio est correctement signalé. La navigation près des côtes est délicate. Aucun haut-fond, aucune des roches affleurantes ne sont balisés.

8.2.4.4. Nature de fonds

La densité des natures de fonds figurant sur les cartes marines en service a été jugée en général suffisante.

Toutefois, des prélèvements ont été effectués jusqu'aux fonds de 50 mètres (parfois au-delà), d'une part entre la Pointe de Sénétose et le Cap de Feno et d'autre part entre la Pointe de Capicciolu et l'îlot Porrugia (maillage 1 000 m × 1 000 m). Par ailleurs, les natures de fonds identifiées lors des investigations par plongeurs ont fait l'objet d'un report sur les minutes de topographie (ou de bathymétrie lorsqu'il n'existe pas de minute de topographie à l'échelle du levé).

8.2.4.5. Toponymie

L'étude de la toponymie du Sud de la Corse (région de Bonifacio) est délicate. En effet, la langue cantonale n'est pas corse mais génoise et s'apparente étroitement au dialecte gallurien usité dans le Nord de la Sardaigne.

Les règles d'orthographe et de syntaxe adoptées s'inspirent de celles utilisées par l'Institut Géographique National. Les termes génériques correspondant à des reliefs, amers, balisage, etc., essentiels pour

une cartographie (donc une navigation) nationale ou internationale sont indiqués dans la langue française. C'est le cas entre autre pour : Cap de Feno, Pointe de Madonetta, Cap Pertusato, Golfe de Sant'Amanza, Pointe de Sperono, Pointe de la Chiappa, Golfe de Santa-Giulia, Golfe de Porto Novo.

Les noms de communes et de lieux-dits portent l'orthographe figurant sur les documents officiels. Il en est de même pour les phares tels que : Lavezzi, Feno, Pertusato, La Chiappa.

8.2.4.6. Topographie

Il a été jugé indispensable pour ce levé côtier de rédiger des minutes de topographie non seulement pour la détermination du trait de côte mais aussi pour la mise en évidence des roches et des plateaux immergés permettant ainsi d'orienter la conduite des levés. On a utilisé la couverture aérienne IGN 78 FR 9083-145 complétée par des photos MOM réalisées à grande échelle sur le plateau des Moines grâce au concours d'une Alouette III localisée au Tri-

petto près du bâtiment de commandement (voir planche 3).

Zone Bonifacio : 1, 854 m au-dessous du repère NGC M'M'3 scellé dans le mur du bureau de la Capitainerie du Port (voir planche 4).

Zone Porto-Vecchio : 2,140 m au-dessous du repère NGC FM'217 scellé dans le mur de la maison située en face de la Capitainerie du port (voir planche 5).

8.2.4.8. Mesures de courant

Compte-tenu de la fâcheuse expérience du vol de 4 courantomètres dans le Golfe de Sagone en 1984, seuls des mouillages d'appareils sous surveillance directe du BH1 *La Recherche* ou liés à des bouées du Service des Phares et Balises ont été effectués. On a tenté de mesurer les courants de surface dans le passage de la Piantarella, sur le plateau rocheux au Sud des écueils de Sperduto ainsi que dans les Bouches de Bonifacio (bouée Sud des Lavezzi)

N°	Situation géographique			Durée	Immersion sous la surface
	Nom du lieu	L (N)	G (E)		
1	Passage de la Piantarella	41°24'07"N	009°16'16"E	5 jours	7 m
2	Passage de la Piantarella	41°24'07"N	009°16'14"E	3 jours	7 m
3	Passage de la Piantarella	41°24'07"N	009°16'14"E	2 jours	7 m
4	Sud Passage de la Piantarella	41°21'57"N	009°13'58"E	3 jours	8 m
5	Bouée des Lavezzi	41°18'25"N	009°15'16"E	5 jours	7 m
6	Est îles Lavezzi	41°20'24"N	009°18'15"E	4 jours	7 m
7	Bouée Sperduto	41°22'22"N	009°17'53"E	1 mois 27 j	7 m
8	Bouée des Lavezzi	41°18'25"N	009°15'16"E	1 mois 29 j	7 m
9	Bouée des Lavezzi	41°18'25"N	009°15'16"E	-	7 m

dent et supportant une caméra Hasselblad. La restitution a été effectuée au stéréoflex SOM de la MOM.

Les minutes de topographie ont été établies à l'échelle et selon les coupures des minutes de bathymétrie à l'exclusion de celles concernant la Baie de Figari, le mouillage de Campu Moru ainsi que le port de Bonifacio, rédigées à l'échelle 1:10 000.

8.2.4.7. Nivellement

La marée a été observée en permanence à Ajaccio et selon la zone de levé, à Propriano (voir planche 2), Bonifacio et Porto-Vecchio. L'identité des hauteurs d'eau entre Propriano et Ajaccio a conduit à ne définir que trois zones de réduction des sondes rattachées respectivement à Ajaccio, Bonifacio et Porto-Vecchio.

Les zéros de réduction adoptés sont les suivants :

Zone Ajaccio : 2,711 m au-dessous du repère B (MOM 1978) scellé dans la jetée de la darse d'As-

8.2.4.9. Examen des documents issus du stéréorestituteur analogique Traster

La comparaison des minutes Traster aux minutes de topographie et de bathymétrie établies par la MOM conduit aux remarques suivantes :

Qualitativement

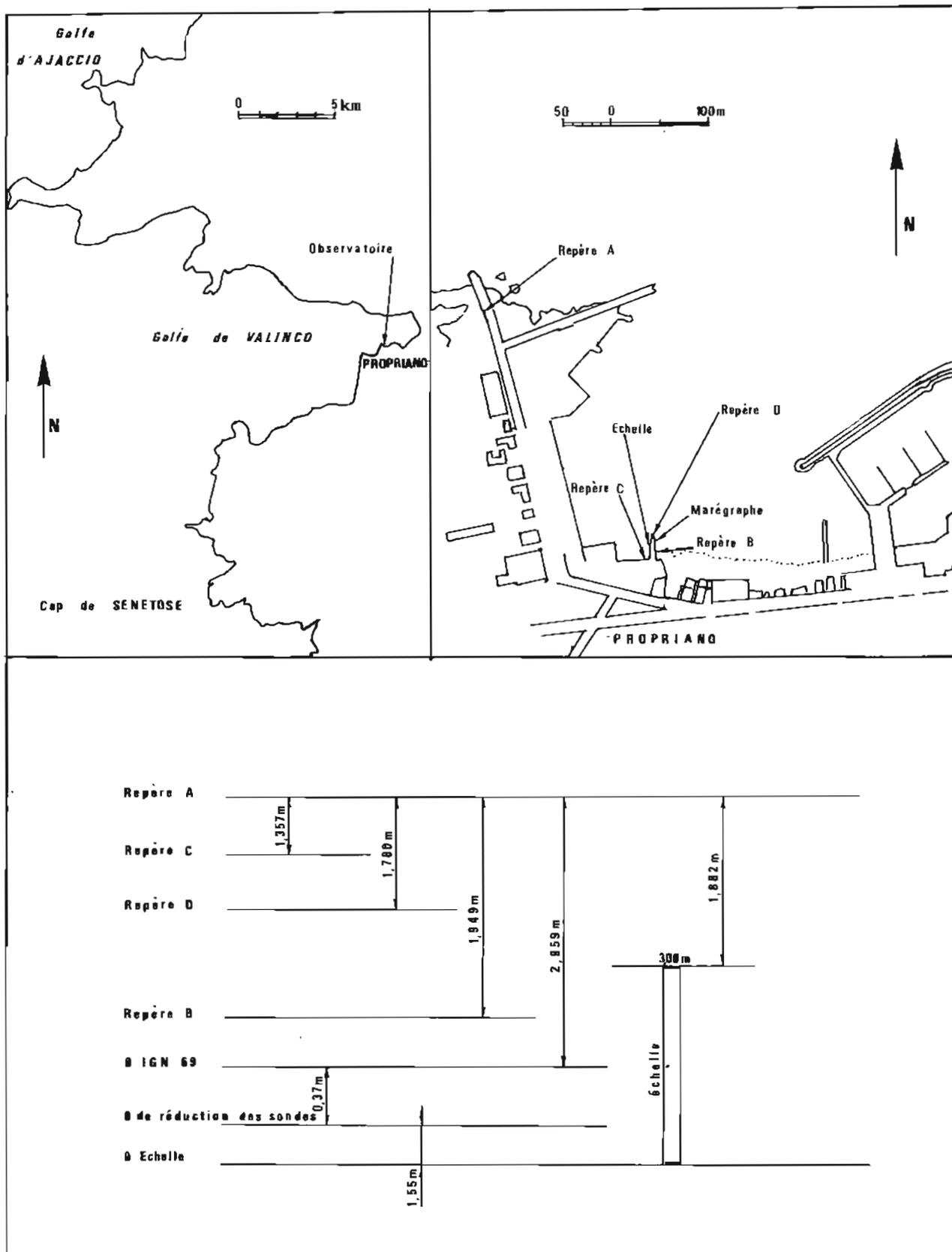
Certains hauts-fonds n'ont pu être détectés à la restitution Traster vraisemblablement parce que les clichés étaient de mauvaise qualité.

Les courbes de niveau sur fonds rocheux sont plus près de la réalité que celles obtenues sur fonds sablonneux.

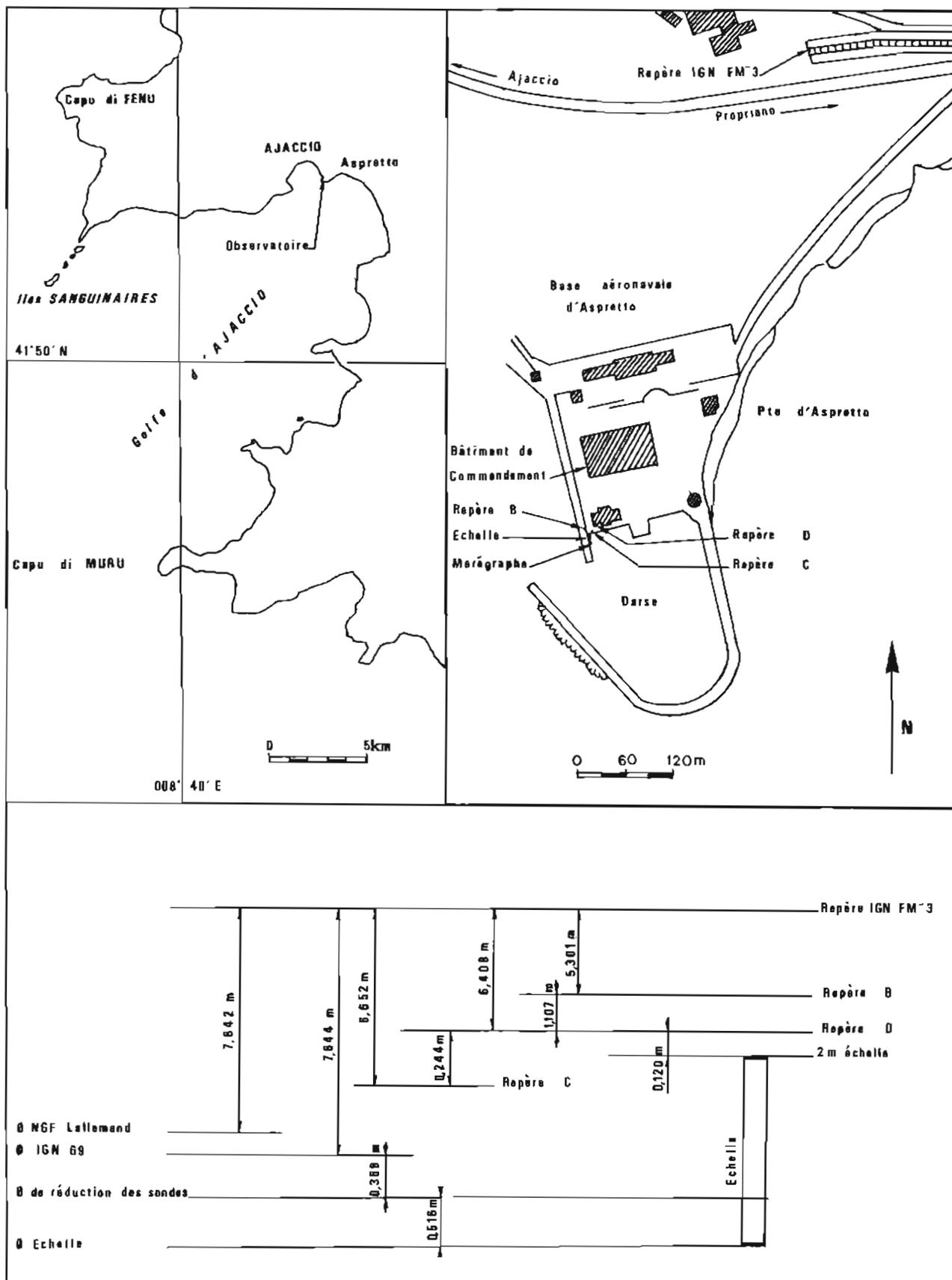
Quantitativement

On note :

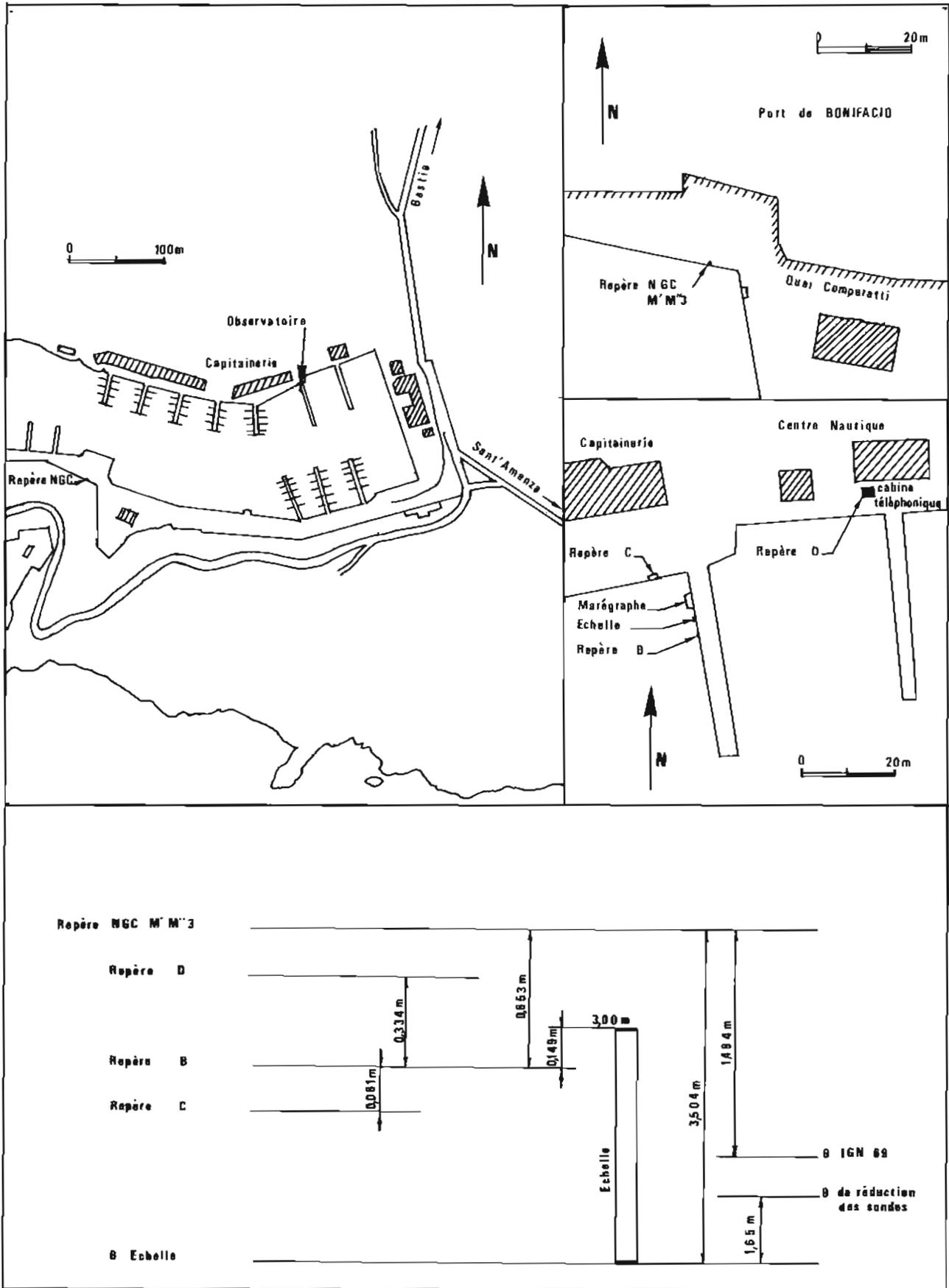
— un écart de cotation des découvrants de l'ordre de 0,3 m (écart type de 0,3 m) (cotes Traster supérieures aux cotes réelles);



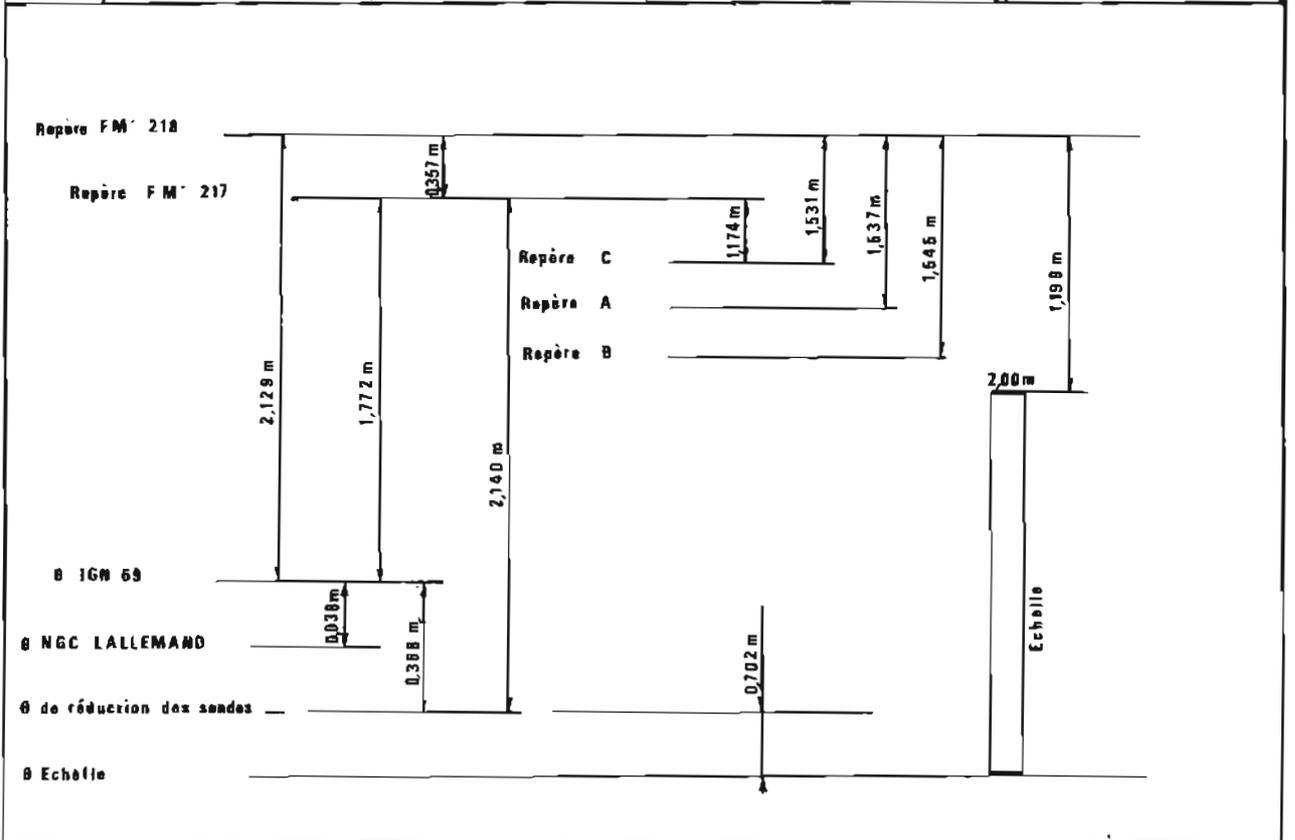
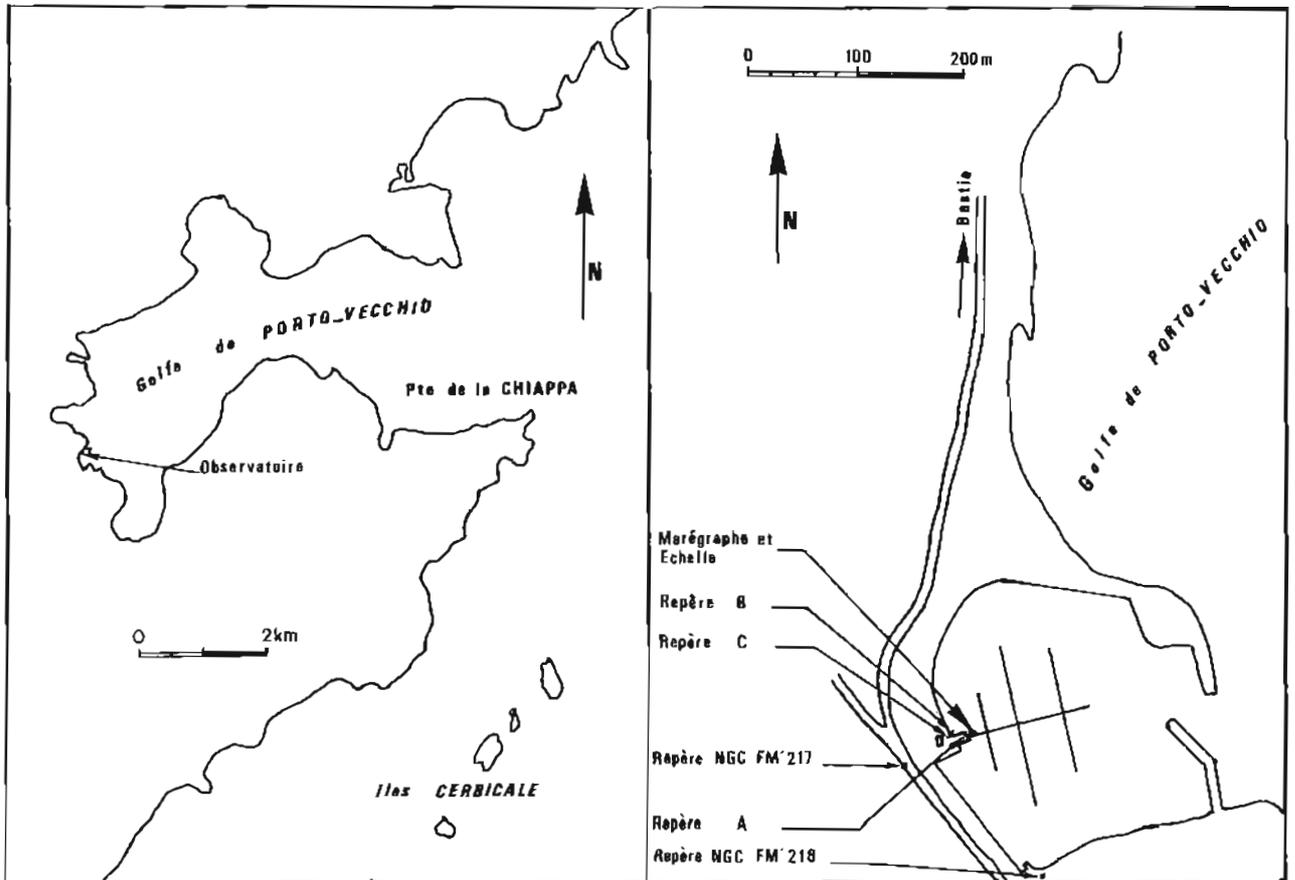
Pl. 2. Observatoire de marée de Propriano



Pl. 3. Observatoire de marée d'Ajaccio



Pl. 4. Observatoire de marée de Bonifacio



Pl. 5. Observatoire de marée de Porto-Vecchio

— un écart de cotation des hauts-fonds de l'ordre de 0,4 m (écart type 0,3 m) (hauts-fonds au-dessous de hauts fonds réels).

Les isobathes de 5 à 10 mètres déterminées par le stéréorestituteur analytique sont surestimées de 1 à 2 mètres en général. Il est probable qu'un calage altimétrique des modèles aurait sans doute amélioré la qualité de restitution.

8.2.4.10. Documents rédigés

Les documents suivants ont été rédigés :

- 41 minutes d'écriture (bathymétrie) :
 - 3
 - 5⁶ à 10
 - 10¹⁵ à 25 et 10²⁷ à 39
 - 20¹ à 8
 - 40¹ à 3
- 14 minutes d'écriture (bathymétrie de complément) :
 - 5⁹ – 5¹⁰
 - 10²⁹ – 10³⁰ – 10³⁶ – 10³⁷
 - 20¹ – 20² – 20³ – 20⁴ – 20⁵ – 20⁷ et 20⁸
 - 40²
- 26 minutes d'écriture (recherche de roche) :
 - 3
 - 5⁶ – 5⁸ – 5⁹ – 5¹⁰
 - 10¹⁵ à 25 – 10²⁷ à 35 et 10³⁸
- 1 minute d'écriture (sondeur latéral) : 10²⁹
- 17 minutes de topographie :
 - 5⁸ – 5⁹ – 5¹⁰
 - 10¹⁵ à 22, 10³⁰ à 35
- 8 cartes renseignées : 4143 – 4457 – 4784 – 4786 – 6911 – 6929 – 7024 – 7025.
- 6 cartes index : 4143 – 4457 – 4784 – 4786 – 6929 – 7024.
- 2 fiches d'observatoire de marée : Bonifacio – Porto-Vecchio.

- 65 fiches d'amers.
- 168 fiches géodésiques.
- 4 fiches d'épaves.
- 4 fiches de balisage flottant.
- 7 dossiers de mesure de courant.
- 1 album de photographies obliques.

Nota : La coupure 10²⁶ n'existe pas.

8.3. Levés à grande échelle dans le Golfe d'Ajaccio (planche 6)

Les levés à grande échelle réalisés dans le Golfe d'Ajaccio correspondaient à des besoins exprimés par des organismes de la 3^e Région Maritime. Il s'agissait :

— de contrôler l'accès à la darse d'Aspretto pour le chargement et déchargement de conteneurs par des bâtiments de soutien de région;

— d'évaluer les possibilités d'accostage des différents types de bâtiments de la Marine Nationale d'une part à l'appontement pétrolier Saint-Joseph, d'autre part à la partie Sud du quai des Capucins.

Le choix des échelles des levés et de leur rédaction a été :

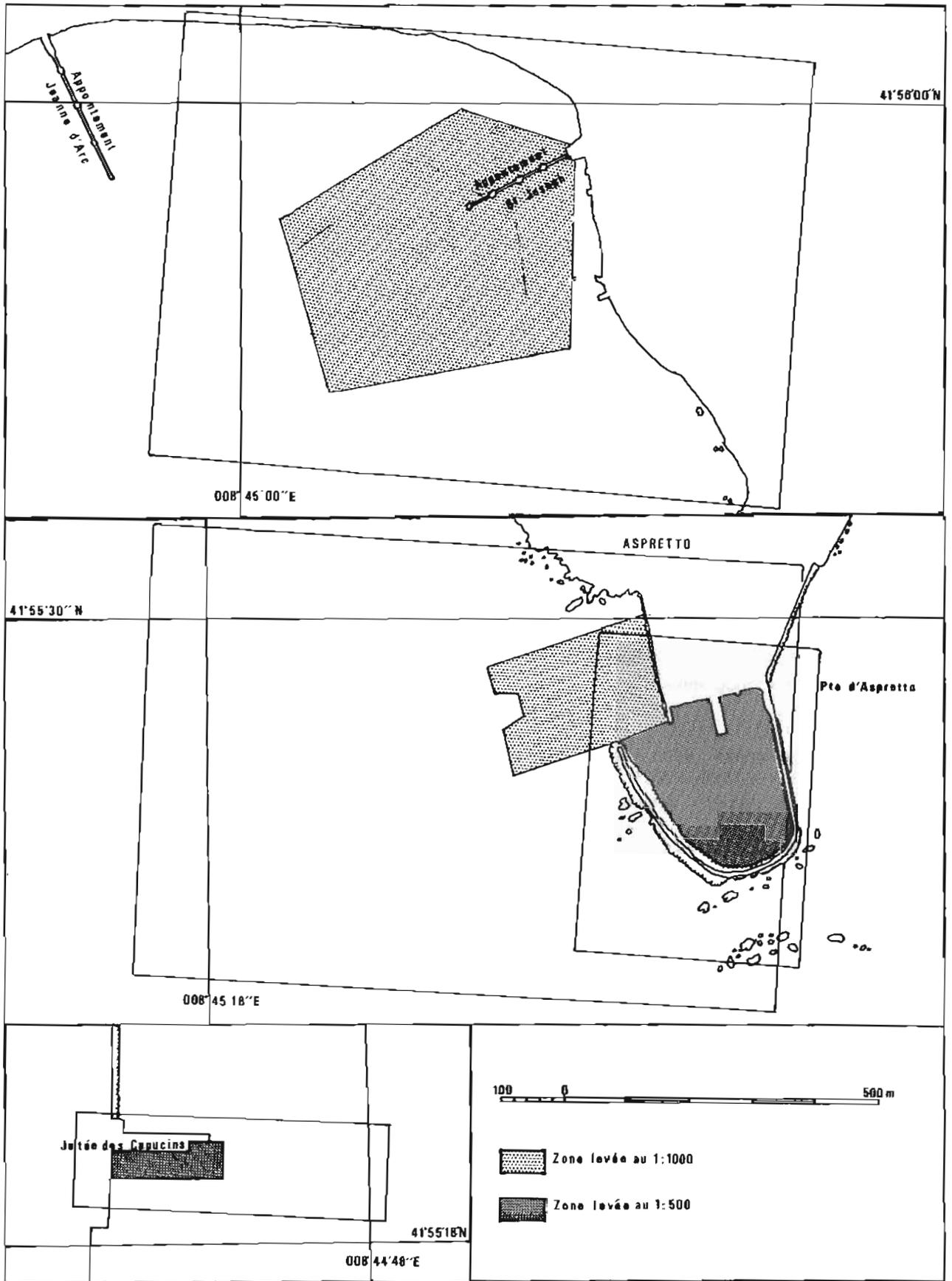
— 1: 500 pour la darse d'Aspretto et le quai des Capucins;

— 1:1 000 pour l'appontement Saint-Joseph et la zone d'accès à la Darse.

Les profils ont été resserrés à 5 m, jusqu'à 100 mètres de part et d'autre de l'appontement. Les abords des quais et de l'appontement ont été investigués par plongeurs. Des sondages à l'aplomb du quai ont complété le levé. Une trentaine d'investigations par plongeurs ont permis de préciser les remontées de fond.

Les épaves et obstructions suivantes ont été détectées :

Caractéristiques de l'épave, de l'obstruction ou du haut-fond	Position NTF Lambert IV		Brassiage	Fonds environnants (m)
	X	Y		
Voilier de 9 m de long	531 093	178 809	6,1 m	8
Roche isolée	530 976	178 776	5,6 m	7
Corps mort en béton	532 797	178 979	3,3 m	3,6
Camion semi-remorque	532 646	178 914	9,2 m	12
Blocs de béton	532 686	179 004	3,5 m	5
Voilier	532 036	179 792	6,3 m	8
Avion de chasse	533 108	178 981	9,6 m	12
Dragueur <i>La Meulière</i>	531 195	165 165	3,5 m	8
Rotor de turbine	532 753	178 744	2,8 m	5
Débris métalliques	533 953	178 474	11,4 m	13



Pl. 6. Levé en Baie d'Ajaccio : zones et schéma des coupures

Toutes les sondes ont été réduites de la marée observée à Ajaccio. Le zéro de réduction des sondes est situé à 2,711 mètres au-dessous du repère B (MOM 1978) scellé dans la jetée de la BAN Aspretto. Ce levé met en évidence les travaux à réaliser afin de permettre en toute sécurité l'accostage à l'appontement Saint-Joseph ainsi qu'au quai de la darse d'Aspretto.

Par ailleurs la découverte d'une épave et d'un haut-fond jusqu'alors inconnus au bord du quai des Capucins montre le bien fondé des levés bathymétriques systématiques de quais fréquentés entre autres par les bâtiments de la Marine Nationale.

Documents rédigés

Darse d'Aspretto :

— 2 minutes d'écriture (bathymétrie) : 0.5¹ – 1¹

— 2 minutes d'écriture (recherche) : 0.5¹ – 1¹

Appontement Saint-Joseph :

— 1 minute d'écriture (bathymétrie) : 1²

— 1 minute d'écriture (recherche) : 1²

Quai des Capucins :

— 1 minute d'écriture (bathymétrie et topographie) : 0.5²

— 9 fiches d'épaves

— 9 fiches de balisage flottant

— 14 fiches de points géodésiques

— 37 fiches d'amers

8.4. Levés dans le Golfe de Porto-Vecchio (planche 7)

8.4.1. Généralités

Le sondage du chenal d'accès au port de commerce de Porto-Vecchio a fait l'objet d'une demande de la Direction Départementale de l'Équipement de Corse du Sud. Il s'agissait de contrôler les hypothèses d'affaissement des parois du chenal et d'envasement de la zone d'évolution, de vérifier les résultats des récents travaux de dragage ainsi que d'évaluer le coût de nouveaux investissements permettant d'assurer une cote de 7 mètres. La demande de la DDE était motivée par le désir d'accroître l'activité du port de commerce de Porto-Vecchio, seul port d'accueil entre Bastia et Bonifacio. Le levé a nécessité la présence de 4 jours du BH1 *La Recherche* en septembre 1986.

8.4.2. Exécution du levé

Les porte-sondeurs ont été localisés avec un minimum de 3 lieux combinant des relèvements optiques à des distances Trident.

L'ensemble du levé a été exécuté à l'échelle 1:3 000. Toutefois, pour une meilleure évaluation des

travaux de dragage, l'espacement entre profils a été choisi à 15 mètres. Des profils intercalaires ainsi que des recherches par plongeurs ont été nécessaires pour préciser les remontées de fonds à l'intérieur du chenal. Le levé a été complété dans son ensemble par une investigation au sondeur latéral.

Des hauts-fonds cotés jusqu'à 5,3 m ont été identifiés à l'intérieur du chenal théoriquement dragué à 7 mètres. Les sondes ont été réduites de la marée observée à Porto-Vecchio (voir planche 7). Les bouées du chenal ont été localisées. Le pieu figurant sur la carte marine en service 6911 à la position $\phi = 41^{\circ}35,86' N$, $G = 009^{\circ}18,30' E$ n'existe plus.

8.4.3. Documents rédigés

— 2 minutes d'écriture (bathymétrie) : 3¹ – 3²

— 2 minutes d'écriture (bathymétrie de complément) : 3¹ – 3²

— 10 fiches de balisage flottant

— 9 fiches de points géodésiques

8.5. Levés en Baie de Cupabia et compléments dans le Golfe de Valinco

Les sondages objets de ce paragraphe avaient pour but d'achever le levé de l'IPA Laporte jusqu'à la pointe de Campu Moru (voir planche 8).

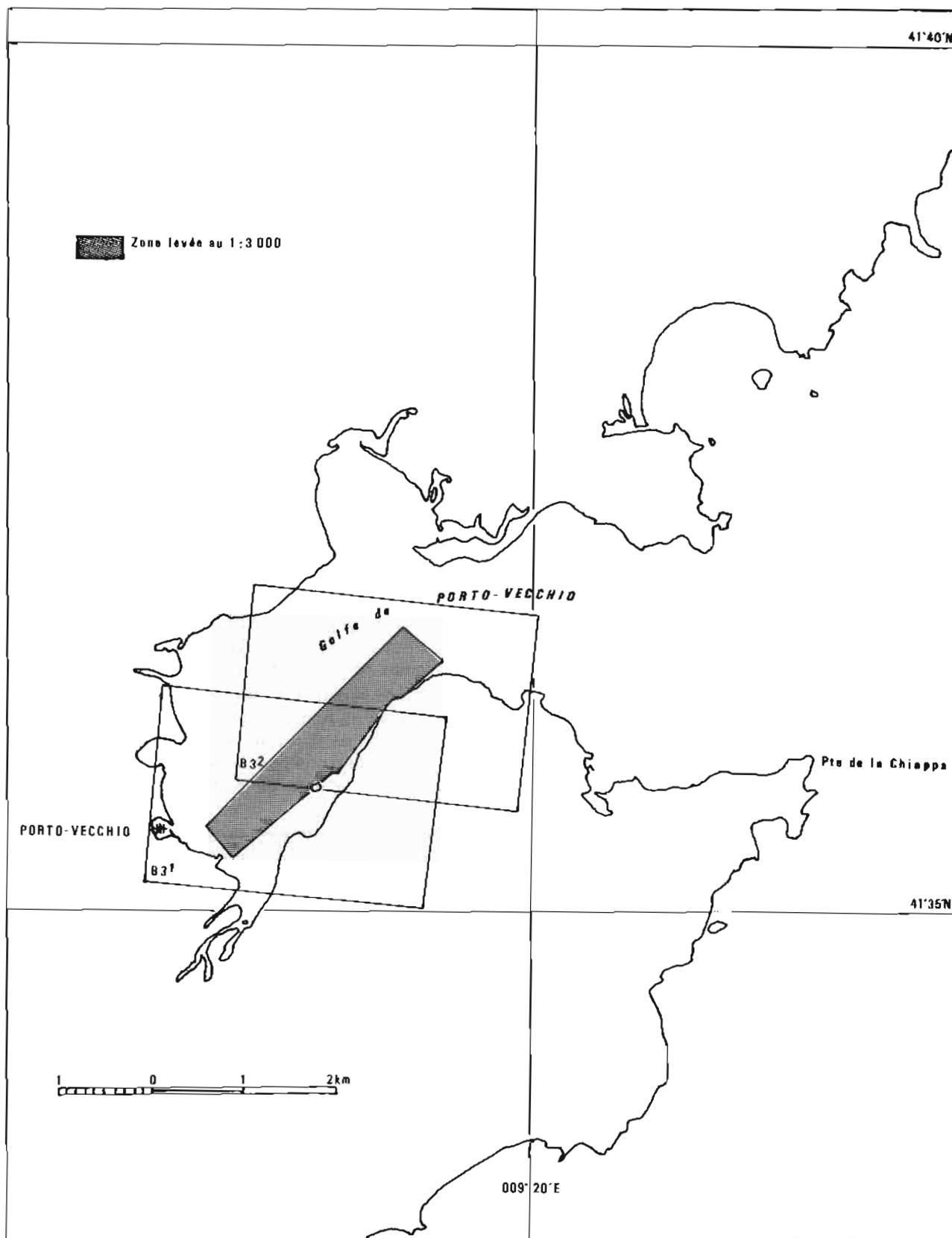
Ils comportaient le levé de la Baie de Cupabia, la cotation de hauts-fonds dans le Golfe de Valinco, la rédaction de la revue d'amers et de balisage ainsi que l'écriture d'une minute de bathymétrie à l'échelle 1:2 000 des abords du port de commerce de Propriano.

Ces travaux ont été effectués dans le courant du mois de mai 1986 au moyen des 3 vedettes hydrographiques du BH1 *La Recherche*. La localisation a été obtenue en combinant des distances Trident à des relèvements optiques.

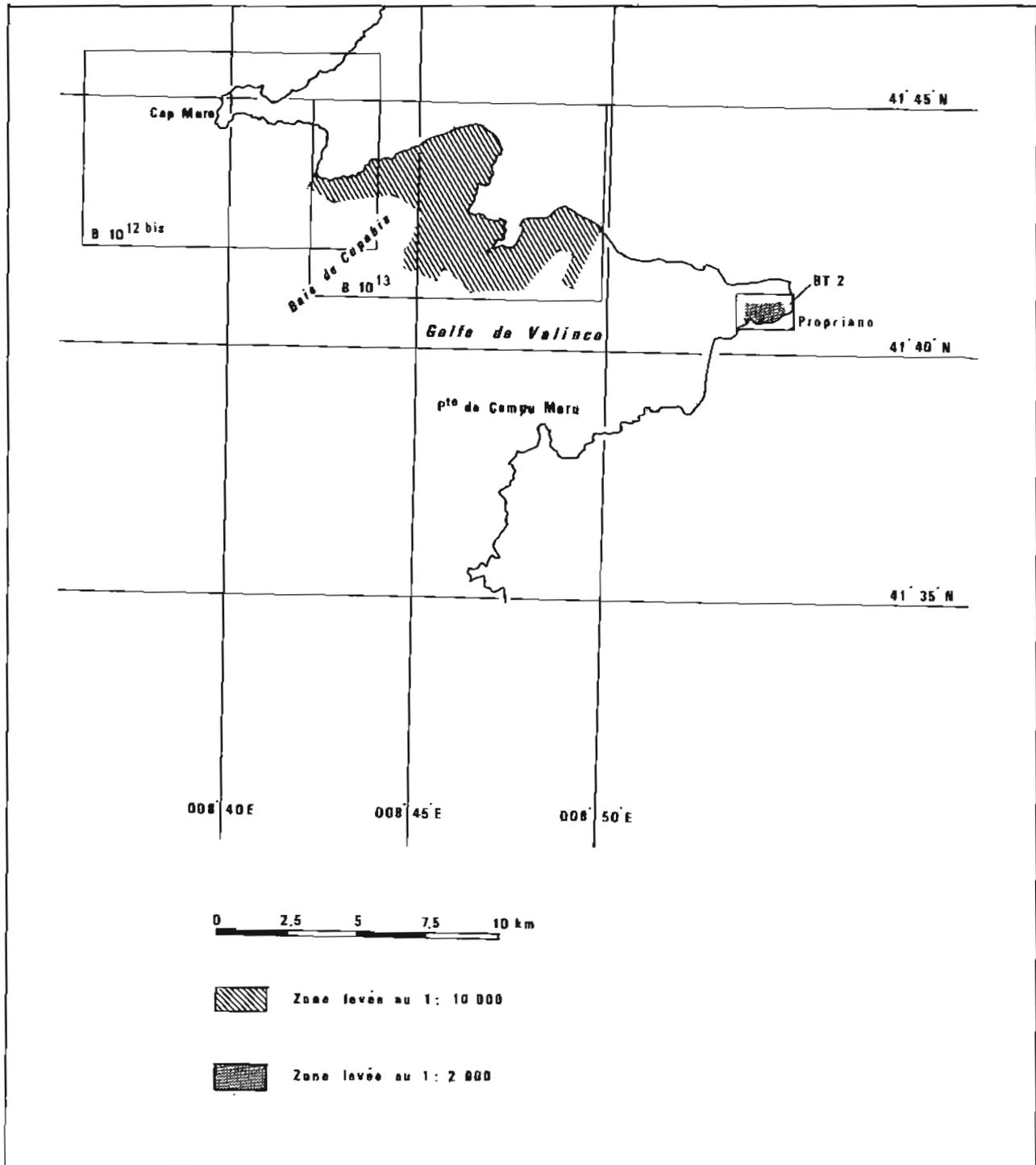
Des profils intercalaires complétés d'investigations par plongeurs ont permis de préciser les limites des plateaux rocheux. Le sondeur latéral a été utilisé pour contrôler la qualité de la zone de mouillage située au Sud-Est de la Baie de Cupabia et à l'Ouest-Nord-Ouest de la tour de Campanella.

Toutes les sondes ont été réduites de la marée observée à Ajaccio. Le zéro de réduction des sondes se situe à 2,711 m au-dessous du repère B (MOM 1978), scellé dans la jetée de la BAN Aspretto, près du bâtiment de commandement.

La revue d'amers et de balisage a été rédigée et étendue au Golfe d'Ajaccio. Seuls les éléments à l'intérieur des coupures de la carte marine 6851 à l'échelle 1:10 000 ont fait l'objet d'un positionnement précis (besoin cartographique urgent).



Pl. 7. Levé du chenal d'accès à Porto-Vecchio : zones sondées et schéma des coupures



Pl. 8. Levé de la Baie de Cupabia et des abords de Propriano : zones sondées et schéma des coupures

Les minutes de topographie ont été rédigées à l'échelle 1:10 000. Elles résultent d'une restitution au moyen du stéréoflex SOM et de l'appareil de transfert Bausch et Lomb, de la couverture IGN 78 FR 9083 1145 (E = 1:14 500).

Sur la demande exprimée à la fois par la municipalité de Propriano et par la Direction Départementale de l'Équipement de Corse du Sud, un complément de sondage à l'échelle 1:2 000 des abords du port de commerce de Propriano a été réalisé le 27 juillet 1985 et a abouti à la rédaction d'une minute BT2. Les sondes portées sur ce document ont été réduites de la marée observée à Aspretto.

En complément du levé de l'IPA Laporte, des travaux de topographie ainsi que des recherches de hauts-fonds ont permis d'identifier les épaves suivantes :

Nature	Caractéristiques	Position NTF Lambert IV		Brassage ou cote (m)
		X	Y	
Épave	Voilier	544 125	154 583	1,0
Épave	Barge métallique	544 415	149 520	0,8

Une enquête d'informations nautiques a par ailleurs servi à mettre à jour l'ouvrage d'*Instructions Nautiques* D2.3.

Documents rédigés

- 1 minute d'écriture (bathymétrie et topographie) : 2
- 2 minutes d'écriture (bathymétrie) : 12 Bis et 13
- 2 minutes d'écriture (recherche) : 12 Bis et 13
- 2 minutes (topographie) : 12 Bis et 13
- 2 fiches d'épaves
- 4 fiches de balisage
- 14 fiches d'amers
- 24 fiches de points géodésiques.

ANNEXE AU CHAPITRE 8
Récapitulatif des points géodésiques utilisés par la MOM

Nom de la station	Coordonnées Lambert			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Portigliolo, station Ouest	531 377,1	165 103,5	1,5	O	6	18018-115
Portigliolo, station Est	531 880,7	165 422,7	1,3	O	6	18018-114
La Castagna, station n° 19	530 326,8	163 949,2	2,5	O	6	18018-121
Capu di Muru, station Nesquick	526 681,1	159 613,2	4,0	O	6	18018-120
Capu di Muru, station Benco	525 702,4	159 173,0	3,0	O	6	18018-119
Capu di Muru, station Ciconia	529 310,6	158 356,4	2,0	O	6	18018-118
Capu di Muru, station Nescafé	525 704,8	158 171,5	23,5	O	6	18018-117
Capu Nêru, station Christiane	530 747,9	156 554,9	1,9	O	6	18018-116
Capu Nêru, station Rocher	529 654,9	156 343,2	2,0	O	6	18018-122
Ajaccio, stations du Marganajo	531 107,1	179 460,2	1,0	O	6	18018-102
	531 105,7	179 461,6	1,0	O	6	
Ajaccio, station Baby	531 243,9	180 031,8	1,0	O	6	18018-099
Ajaccio, stations jetée des Capucins	531 097,9	178 821,8	1,0	O	6	18018-105
	531 097,6	178 826,3	1,0	O	6	
Ajaccio, Ban Aspretto, station Lazaret	532 373,0	179 325,2	2,5	O	6	18018-106
Ajaccio, Ban Aspretto, station 1	532 984,4	178 809,0	3,5	O	6	18018-103
Ajaccio, Ban Aspretto, station 5	532 965,3	178 896,1	1,0	O	6	18018-100
Ajaccio, Ban Aspretto, station Bêta	532 778,9	179 006,0	1,0	O	6	18018-098
Ajaccio, Ban Aspretto, station Incinérateur	532 938,3	179 004,3	1,0	O	6	18018-097
Ajaccio, Ban Aspretto, station 3 bis	532 944,3	178 972,5	1,0	O	6	18018-101
Ajaccio, Ban Aspretto, station Gibus	532 854,8	178 753,8	1,0	O	6	18018-104
Ajaccio, aéroport, station Météo	535 334,5	178 640,1	10,5	T	6	18018-126
Ajaccio, station Citadelle	531 031,4	178 188,6	17,0	T		18018-124
La Parata : sémaphore (mât)	520 941,1	176 546,8	150	T	6	18018-030
Îles Sanguinaires : phare	519 190,8	173 094,8	97,0	T	5	18018-003
Pointe de la Castagna tour, station	529 806,6	164 980,1	101,1	T	6	18018-134
Capu di Muru, station Cacao	527 154,2	159 520,4	25,0	T	5	18018-133
	527 155,7	159 525,2	25,0	O	5	
Capu di Muru, station Ricore	527 515,5	158 336,7	17,0	T	6	18018-139
Capu di Muru, phare, stations	525 868,4	158 171,9	48,0	T	6	18018-138
	525 871,1	158 173,3	48,0	O	6	
Capu Nêru, station	529 488,0	156 833,0	15,5	T	6	18018-137
Golfe de Valinco, station Porto-Pollo II	536 925,8	154 975,1	39,5	T	6	18018-136
Golfe de Valinco, station Porto-Pollo I	536 775,1	154 794,6	40,1	T	6	18018-143
Viggianello, station	550 895,7	153 392,5	450	T	6	18018-142
Propriano, port de commerce, phare	545 967,28	152 805,03	18,11	O	5	18018-018
	545 966,1	152 806,1	17,0	T	5	
Propriano, station Laurosù	545 175,3	151 689,9	62,7	T	6	18018-141
Propriano, station Laurosù	545 175,6	151 688,6	62,7	O	6	18018-141
Campunorù, tour	538 835,91	147 836,57	89,42	T	4	18018-021
Ajaccio, Ban Aspretto, station n° 2	532 810,4	178 788,9	4,0	O	6	18018-140
Ajaccio, citadelle, station D.Z	530 948,8	178 103,7	11,5	O	6	18018-144
Ajaccio, station chapelle des Grecs	529 277,5	177 135,9	4,0	O	6	18018-145
Ajaccio, cimetière, station n° 3	528 103,2	176 973,6	4,0	O	6	18018-146
Ajaccio, station chapelle di Reta	521 557,8	175 967,5	3,0	O	6	18018-147
Porticcio, pointe de Vescu, station piscine	534 699,3	173 770,7	1,5	O	6	18018-148
Îles Sanguinaires, phare, stations	519 194,8	173 098,0	97,0	O	5	18018-149
	519 191,9	173 094,8	97,0	O	5	
	519 197,8	173 095,1	97,0	O	5	
Porticcio, les hameaux, station	535 606,6	172 685,6	5,0	O	6	18018-150
Pointe de Sette Nave, station Ste-Barbe	533 266,3	170 855,9	8,5	O	6	18018-151
Le Ruppione, station Villa des Cistes	534 715,1	168 301,9	12,5	O	6	18018-153
Verghia, station Agnone	533 065,9	166 735,2	2,7	O	6	18018-152
Golfe de Valinco, baie de Cupabia, station Barbara	536 272,9	154 689,7	9,6	O	6	18018-094
Golfe de Valinco, Baie de Cupabia, station Cathy	533 232,73	157 999,46	5,3	O	5	18018-090
Golfe de Valinco, Baie de Cupabia, station Caroline	535 479,8	158 899,7	2,5	O	6	18018-088

Nom de la station	Coordonnées Lambert			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Golfe de Valinco, Baie de Cupabia, station Claudine	535 323,0	156 729,0	3,0	O	6	18018-091
Golfe de Valinco, Baie de Cupabia, station Cigales	530 847,4	156 866,9	27	T	6	18018-095
Golfe de Valinco, Baie de Cupabia, station Cupabia	536 614,2	159 655,8	148,5	T	5	18018-089
Golfe de Valinco, Baie de Cupabia, station Réservoir	537 020,7	157 160,8	187,2	T	6	18018-096
Golfe de Valinco, Baie de Cupabia, station Grani	535 711,1	155 854,6	47,9	T	6	18018-092
Golfe de Valinco, Baie de Cupabia, station Porto-Pollo III	536 919,0	154 978,7	39,5	T	6	18018-093
Campu Moru, pointe de Scalonu, station	537 677,8	146 516,8	37,4	O	6	18018-132
Pointe d'Eccica, station n° 8	537 351,6	143 355,5	2,0	O	6	18018-131
Pointe d'Eccica, station	536 495,8	142 544,3	2,0	O	6	18018-130
Pointe d'Eccica, îlot d'Eccica, stations	535 879,0	142 120,5	11,0	O	6	18018-129
	535 879,1	142 127,6	12,0	O	6	
	535 877,0	142 115,0	11,0	T	6	
Sénétose, îlot Scogliu Longu, station	537 419,5	139 716,9	4,0	O	6	18018-128
	537 420,2	139 715,7	4,0	T	6	
Pointe d'Eccica, station n° 2	536 652,9	142 058,4	4,0	O	6	18018-127
Pointe d'Eccica, station n° 1	537 076,2	141 591,0	4,0	O	6	18018-135
Pointe d'Eccica, station n° 3	538 085,4	141 130,4	4,0	O	6	18018-123
Pointe d'Eccica, station n° 4	538 326,7	140 843,5	4,0	O	6	18018-125
Les Moines, station Prêlat	548 768,3	128 282,6	5,4	O	5	18018-154
Les Moines, station Jésuite	549 383,5	129 128,4	4,2	O	5	18018-155
Bonifacio, station Euréka	572 119,0	120 427,5	85,8	O	6	18019-161
Cap Pertusato, station Archimède	571 697,7	121 250,8	90,6	O	6	18019-163
Bonifacio, station Corail 2	568 155,5	122 902,4	1,9	O	6	18019-162
Bonifacio, station Castor	567 852,1	122 713,6	2,7	O	6	18019-164
Cala di Paraguano, station Victory	567 688,7	123 083,3	1,1	O	6	18019-165
Cala di Paraguano, station Trafalgar	568 086,9	123 405,6	8,6	O	6	18019-166
Cala di i Frati, station Pollux	566 798,6	123 002,2	2,5	O	6	18019-167
Cala di i Frati, station Gendarme	566 943,9	123 021,1	6,8	T	6	18019-168
	566 944,4	123 021,4	6,8	O	6	
Capo di Feno, station Sirius	565 236,3	122 329,4	6,0	T	6	18019-169
Cala Grande, station Feno Sud	564 806,9	122 649,1	13,6	O	6	18019-170
Cala Grande, station Feno Nord	564 483,6	123 144,4	3,4	O	6	18019-171
Golfe de Ventiliègne, station Erbaiolo	566 375,9	126 371,6	56,5	T	6	18019-172
Sotta, station Bergerie	564 259,4	129 947,2	126,4	T	5	18019-173
Figari, station Rocher	564 115,0	132 219,1	56,4	T	5	18019-174
Figari, station Camille	561 942,9	129 183,2	3,0	O	6	18019-175
Figari, station Capwell	562 018,6	129 344,0	4,0	O	6	18019-176
Figari, station Ecueil	561 797,7	129 334,6	3,0	O	6	18019-177
Figari, station Sottane	561 971,6	130 330,1	6,0	O	6	18019-178
Figari, station Santana	562 537,8	131 294,6	1,0	O	6	18019-179
Figari, station Cormoran	562 727,7	131 383,6	1,0	O	6	18019-180
Figari, station Ponton	562 309,0	131 391,9	1,0	O	6	18019-181
Figari, station îlot	561 991,1	131 092,2	1,0	O	6	18019-182
Figari, station	561 250,9	130 169,0	3,0	O	6	18019-183
Bruzzi, station	558 377,2	130 404,9	76,7	T	6	18019-184
Anse de Capi Néru, station Chevanu	559 429,2	130 659,3	1,9	O	6	18019-185
Anse de Chevanu, station Bruccio	558 347,6	130 363,8	1,0	O	6	18019-186
Mucchiu Biancu, Mont Blanc, station	554 034,1	132 370,1	63,8	T	6	18018-156
Roccapina, station Oasis du lion	551 867,0	133 287,3	180,0	T	5	18018-157
Roccapina, station Guide	550 839,3	132 738,7	3,0	O	6	18018-158
Roccapina, station plage Cala	550 446,7	132 827,3	1,0	O	6	18018-159
Erbaju, station	548 504,4	134 043,0	8,8	O	6	18018-160
Pointe de Murtoli, station Mort au lit	546 325,0	133 819,3	37,0	O	6	18018-161
Pointe de Murtoli, station Mort à la tâche	546 303,9	133 839,1	37,0	O	6	18018-162
Mortoli, station Le Grec	548 214,2	135 052,2	175,0	T	6	18018-163
Lattoniccia, station Lattoniccia IV	543 721,9	135 655,1	118,9	T	6	18018-164
	543 720,0	135 648,8	118,0	O	6	
Pointe de Lattoniccia, station Lattoniccia 3 excentrée	543 759,7	135 741,2	109	O	6	18018-165

Nom de la station	Coordonnées Lambert			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Lattoniccia, station 3	543 748,7	135 602,8	109,1	T	5	18018-166
Lattoniccia, station Lattoniccia 2	544 785,6	136 082,4	138,8	T	6	18018-167
Lattoniccia, station 1	543 412,7	135 233,0	140,0	T	5	18018-168
Tralicetu, station	546 143,9	136 090,0	43,5	T	6	18018-169
Tizzano, station Acciari	543 544,7	137 063,9	25,0	T	6	18018-170
Tizzano, station Antoine	543 271,5	137 389,9	1,5	O	6	18018-171
Tizzano, stations Vital	542 796,2	138 143,2	46,5	T	6	18018-172
	542 774,4	138 081,2	46,5	O	6	
Sénétose, station Barcaju	540 914,7	137 616,3	21,3	O	6	18018-173
Sénétose, station Vol de nuit	540 130,0	137 932,2	3,9	O	6	18018-174
Sénétose, station Gargantua	539 755,6	138 559,3	2,5	O	6	18018-176
Sénétose, station Géronimo	539 114,2	138 565,6	6,6	O	6	18018-175
Sénétose, stations Téquilla	537 909,0	138 595,1	10,0	O	6	18018-177
	537 912,7	138 601,2	11,5	T	6	
Naséo, station	563 371,21	140 669,0	934,59	T	4	18019-187
Bonifacio, pointe de Cacavento, station	569 817,5	122 422,0	4,0	O	6	18019-139
Bonifacio, pointe de l'Arinella, station	569 578,2	122 513,5	10,0	O	6	18019-138
Bonifacio, port, station Iéna	569 534,9	122 339,7	1,5	O	6	18019-140
Bonifacio, port, station Joséphine	569 386,1	122 450,7	8,9	O	6	18019-141
Bonifacio, port, station Aiglon	570 248,0	122 502,9	1,0	O	6	18019-142
Bonifacio, port, station Leipzig	570 284,0	122 397,5	1,0	O	6	18019-143
Bonifacio, port, station Austerlitz	569 938,7	122 347,9	2,7	O	6	18019-159
Bonifacio, port, station Elbe	569 680,2	122 567,1	9,5	O	6	18019-158
Bonifacio port, station Moscova	569 621,3	122 631,0	1,0	O	6	18019-157
Bonifacio port, station Wagram	569 921,7	122 541,9	8,0	O	6	18019-160
Îles Lavezzi, station Altitude	579 359,2	117 035,4	14,9	O	6	18019-109
Îles Lavezzi, station Choc	578 984,2	117 137,2	8,3	O	6	18019-108
Îles Lavezzi, station Hic	578 569,4	117 291,2	8,3	O	6	18019-107
Îles Lavezzi, station Paf	579 268,3	117 726,1	1,0	O	6	18019-106
Îles Lavezzi, station Vague à l'âme	578 991,9	118 357,5	3,6	O	6	18019-105
Îles Lavezzi, station Varape	578 182,5	118 601,1	11,0	O	6	18019-104
Îles Lavezzi, station Pif	578 910,6	118 686,7	1,0	O	6	18019-103
Île de Cavallo, station Commando	578 992,8	119 975,8	15,2	O	6	18019-119
Cap Pertusato, station Caméléon	573 930,2	120 052,3	1,0	O	6	18019-118
Cap Pertusato, station Iguane	573 457,4	120 087,2	1,0	O	6	18019-117
Cap Pertusato, station Varan	573 771,3	120 094,2	1,0	O	6	18019-116
Cap Pertusato, station Léopard	574 536,6	120 243,0	10,0	O	6	18019-115
Île de Cavallo, station Gorgone	578 555,1	120 388,1	5,1	O	6	18019-114
Île de Cavallo, station Cala di Palma	579 983,8	120 683,2	15,0	O	6	18019-113
Île de Cavallo, station Superman	578 105,1	120 786,7	8,1	O	6	18019-124
Île de Cavallo, Cala di Zéri, station 4	579 661,6	121 045,4	2,0	O	6	18019-123
Île de Cavallo, station Bergerie	578 781,2	121 048,5	30,8	T	6	18019-122
Île de Cavallo, station Protot	579 958,2	121 143,0	10,5	O	6	18019-121
Île de Cavallo, Cala di Greco, station 2	579 055,1	121 149,8	2,4	O	6	18019-120
Île de Perduto, station Perduto	582 633,8	121 332,2	17,0	O	6	18019-126
	582 595,9	121 339,4	15,5	T	6	
Piantarella, station embarcadère	575 626,1	121 517,0	0,3	O	6	18019-125
Île de Ratino, stations	577 659,7	121 580,5	14,0	O	6	18019-127
	577 697,0	121 603,6	12,9	O	6	
Poraggia, station Jibe et C	578 911,4	123 479,7	15,0	O	6	18019-128
	578 945,3	123 510,8	10,5	O	6	
Cala Longa, station Jenna	576 883,9	123 712,1	4,3	O	6	18019-129
Îles Gavetti, station Gavetti	577 679,9	124 907,8	3,9	O	6	18019-130
Sant'Amanza, station Slalom	578 422,4	125 877,2	6,0	O	6	18019-132
Punta di u Capicciolu, station Sud						
Capicciolu	578 811,7	127 143,3	6,0	O	6	18019-131
Sant'Amanza, station Poteau	575 312,0	124 314,2	40,0	T	6	18019-134
	575 316,1	124 307,4	41,5	O	6	
Sant'Amanza, station restaurant	576 556,5	125 913,1	19,1	T	6	18019-133
Golfe de Sant'Amanza, station Chiosa	575 276,5	127 809,7	38,6	O	6	18019-135
Golfe de Sant'Amanza, station Nord	577 543,6	130 506,4	18,3	O	6	18019-136
Pointe de Carlu Antu, station C	579 602,8	132 953,7	18,0	O	6	18019-137
Rondinara, station Blockauss	578 839,8	131 763,7	22,2	O	6	18019-110
Pointe de Carlu Antu, station D	579 507,7	133 734,8	81,0	O	6	18019-190
Station Giulia, lotissement station E	579 650,5	139 330,8	68,1	O	6	18019-191

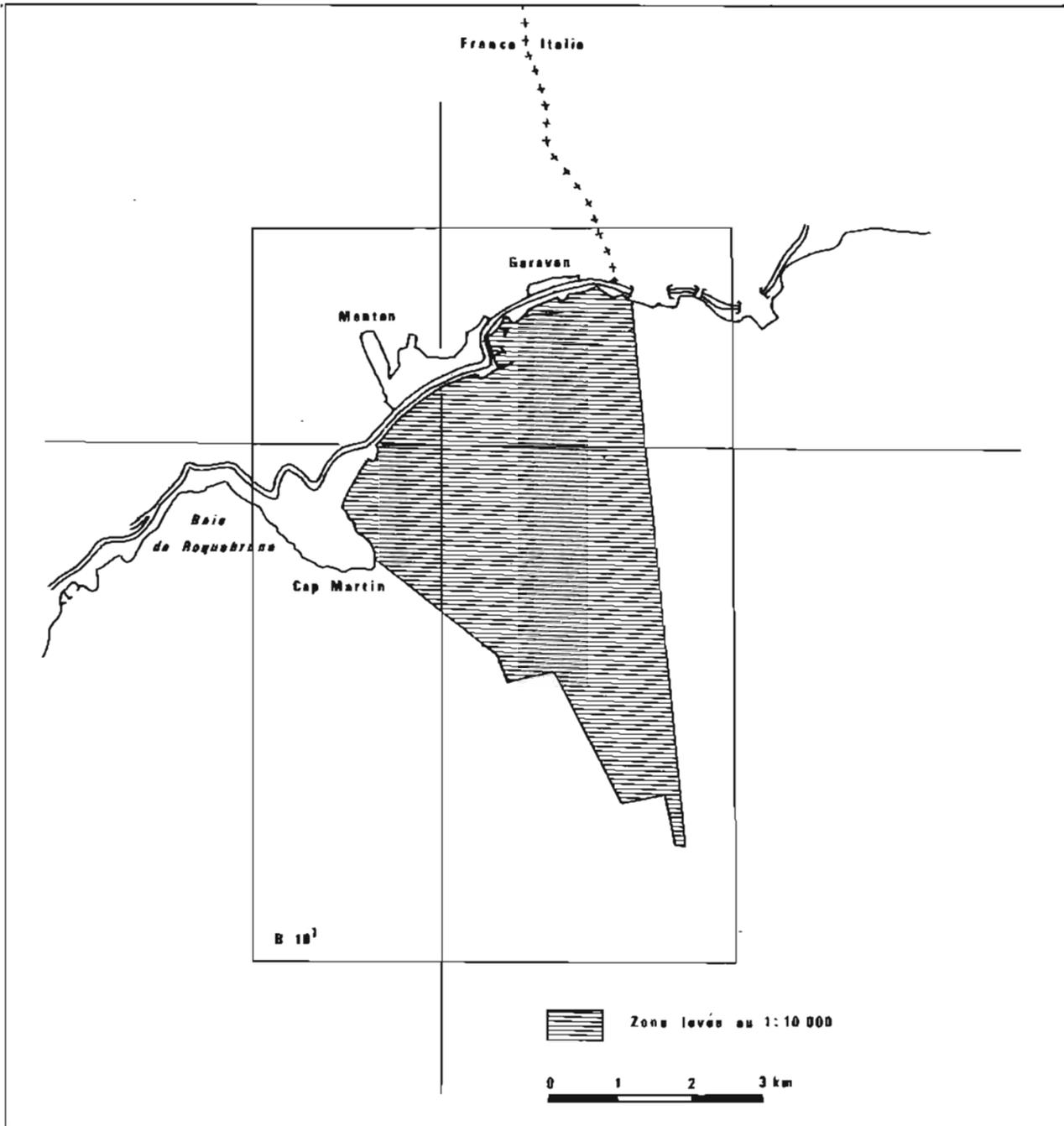
Nom de la station	Coordonnées Lambert			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Rondinara, station Zouzou	578 940,2	132 244,6	2,5	O	6	18019-192
Padulellu, station H	580 245,4	142 060,4	127,1	O	6	18019-193
Punta Cerbicale, Carataggio, station Tuc	584 452,6	144 431,8	5,0	O	6	18019-194
Suartone, station	578 445,8	133 454,5	134,8	T	6	18019-195
Tour de Sponsaglia, station Bombarde	580 178,4	133 872,1	4,4	O	6	18019-196
Golfe de Porto-Novo, station Géode	579 336,7	135 478,9	4,0	O	6	18019-197
Golfe de Porto-Novo, station Cairne	579 596,7	135 594,2	3,0	T	6	18019-198
Golfe de Porto-Novo, station Dolmen	578 882,1	136 020,8	3,5	O	6	18019-199
Île du Toro, station	587 745,5	137 321,8	32,5	T	6	18019-200
Golfe de Santa Giulia, station Suzanne	579 007,9	138 085,5	1,2	O	6	18019-144
Golfe de Santa Giulia, station Étang	578 673,3	138 458,0	2,2	O	6	18019-145
Golfe de Santa Giulia, station Sonia	579 301,2	138 774,1	1,2	O	6	18019-146
Bocca di l'Oru, Capu d'Acciaju, station Îlot	581 338,4	140 443,6	2,5	O	6	18019-147
Îles Cerbicale, Île Pietricaggiosa, stations	585 010,8	140 511,0	10,4	T	6	18019-148
	584 981,0	140 561,9	13,0	O	6	
	585 197,5	140 476,0	9,4	O	6	
Bocca di l'Oru, stations Acciaju	580 540,1	140 739,7	62,0	O	6	18019-149
	580 536,3	140 726,7		T	6	
Bocca di l'Oru, Île de la Folaca, station						
Vertige	581 840,1	141 175,5	9,9	O	6	18019-150
Pointe de Pini, station Plage de						
Palombaggia	583 537,7	142 446,4	1,5	O	6	18019-151
Pointe Cerbicale, station Bistrot	583 443,1	142 556,0	5,0	T	6	18019-152
Îles Cerbicale, Île Forana, station Mangue	586 542,3	142 690,8	11,1	O	6	18019-156
Îles Cerbicale, Île Forana, station Goël	586 531,4	143 403,5	11,5	T	6	18019-155
	586 530,4	143 405,0	11,2	O	6	
Cerbicale, station Boderek	584 562,6	143 509,3	12,1	T	6	18019-154
Bitalza, station	567 534,8	145 043,4	1 030,7	T	5	18019-153
Piccovaglia, Île de Farina, station H20	585 071,5	145 056,6	9,3	O	6	18019-112
Porto-Vecchio, baie de Bona Matina,						
station Surf	585 733,0	146 100,9	3,3	O	5	18019-111
Sari de Porto-Vecchio, station	583 626,8	172 497,0	502,9	T	6	18019-189
Carta-la-vone, station	569 665,0	151 197,1	955,3	T	5	18019-188
Prunelli, station	578 286,8	192 271,0	597,3	T	6	18029-146
San Servanda, station	575 512,03	223 420,58	1 230,4	T	3	18029-147
Porto-Vecchio, station Rafin 1	579 808,07	148 059,22	40,0	T	6	18019-072
Porto-Vecchio, station Empereur 1	582 061,94	148 783,72	49,0	T	6	18019-071
Porto-Vecchio, station Perez	576 474,00	147 976,46	99,5	T	6	18019-074
Porto-Vecchio, station Rafin 2	579 823,37	148 047,37	35,0	O	6	18019-072
Porto-Vecchio, station Empereur 2	582 060,76	158 778,76	45,0	O	6	18019-071
Porto-Vecchio, station 1 port de commerce	579 352,61	145 363,41	1,0	O	6	18019-075
Porto-Vecchio, station 2 port de commerce	579 411,86	145 314,34	1,0	O	6	18019-076
Porto-Vecchio, station 3 port de commerce	579 450,39	145 282,45	1,0	O	6	18019-077
Porto-Vecchio, station 4 port de commerce	579 488,53	145 250,87	1,0	O	6	18019-078
Porto-Vecchio, station 5 port de commerce	579 565,5	145 187,2	1,0	O	6	18019-079
Porto-Vecchio, port de commerce	579 367,2	145 341,9	1,0	O	6	18019-073

9. LEVÉ DES CÔTES DE PROVENCE

Le levé des côtes de Provence concerne les quatre zones suivantes : du Cap Martin à la frontière italienne, du Cap Roux au Cap d'Antibes, du Cap Camarat à la Pointe des Issambres, de Cassis à l'île des Embiez.

9.1. Levé du Cap Martin à la frontière italienne

Le sondage de la zone comprise entre le Cap Martin et la frontière italienne (voir planche 9) a été exécuté du 25 au 27 novembre 1985 par le BSR *Gazelle* pour les fonds situés au-delà de l'isobathe 50 m, puis par les VH8 du BH1 *La Recherche* du 18 au 22 mars 1986 pour la partie côtière. La morphologie très lisse



Pl. 9. Levé du Cap Martin à la frontière italienne : zones sondées et schéma des coupures

des fonds marins de cette région n'a pas nécessité un nombre important de recherches de roches.

9.1.1. Exécution du levé

La localisation devait être assurée exclusivement par l'emploi du système de radiolocalisation Trident. Malheureusement dans certains sites des perturbations électromagnétiques altèrent le fonctionnement des balises émettant dans la gamme de fréquence de 200 MHz. On dut avoir recours une fois de plus à un complément de localisation par relevements optiques. La situation des épaves et des obstructions dans la zone sondée a été clarifiée grâce aux renseignements fournis par des capitaineries de ports et surtout par les clubs de plongée locaux.

C'est ainsi qu'a été vérifiée la suppression des épaves F 18037-011 et F 18037-012.

Par ailleurs ont été détectés :

— un avion Heinkel III en bon état de conservation à la position NTF (Lambert III) X = 101 510, Y = 174 500, de brassiage 56 m, ainsi que;

— 4 blocs de béton dangereux situés dans la zone de mouillage et déposés lors d'une expérience de résistance à la corrosion dans un rayon de 20 mètres autour de la position (NTF Lambert III) X = 1 016 527, Y = 176 653 (brassiage 18,1 m).

Il a été réalisé un complément au sondeur latéral dans les zones d'accès portuaires et de mouillage.

Une minute de topographie à l'échelle 1:10 000 obtenue à partir d'une restitution au moyen des équipements de la MOM de la couverture IGN IFN/83/170 (complétée de la couverture IPLI 1982-200) a été rédigée.

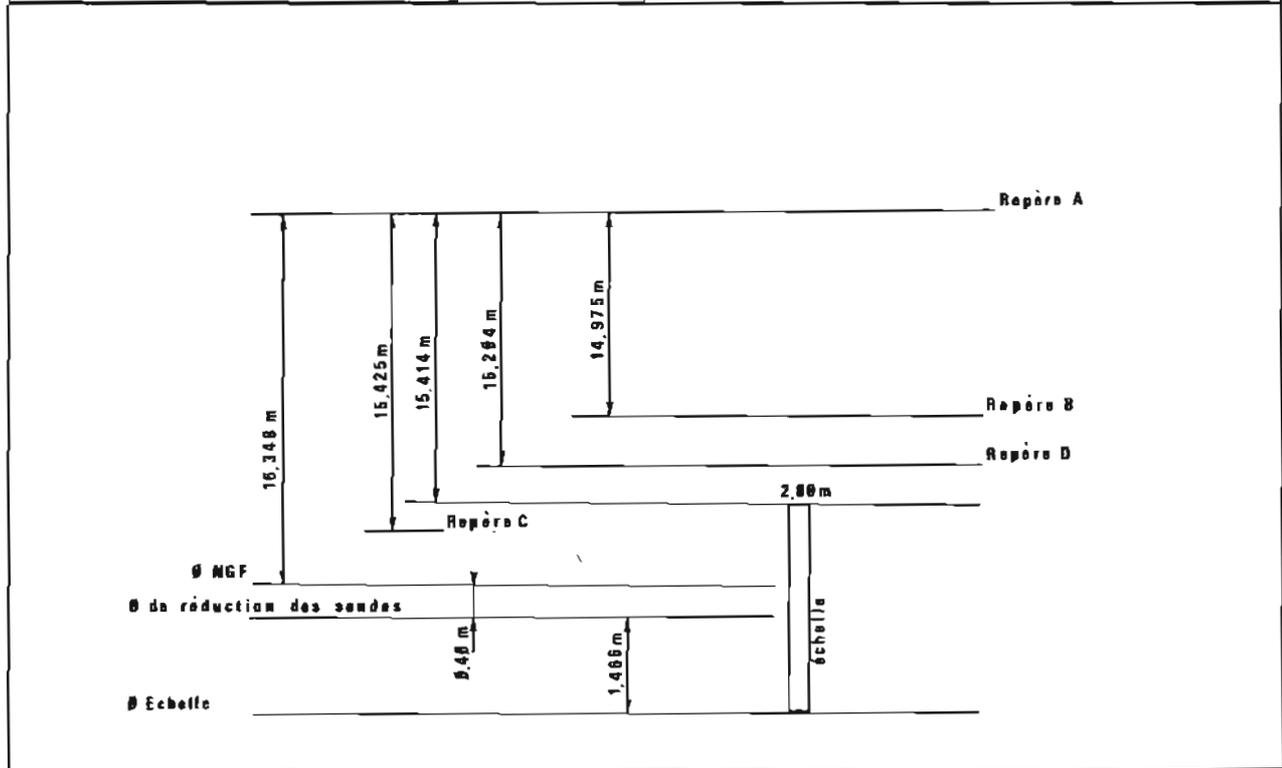
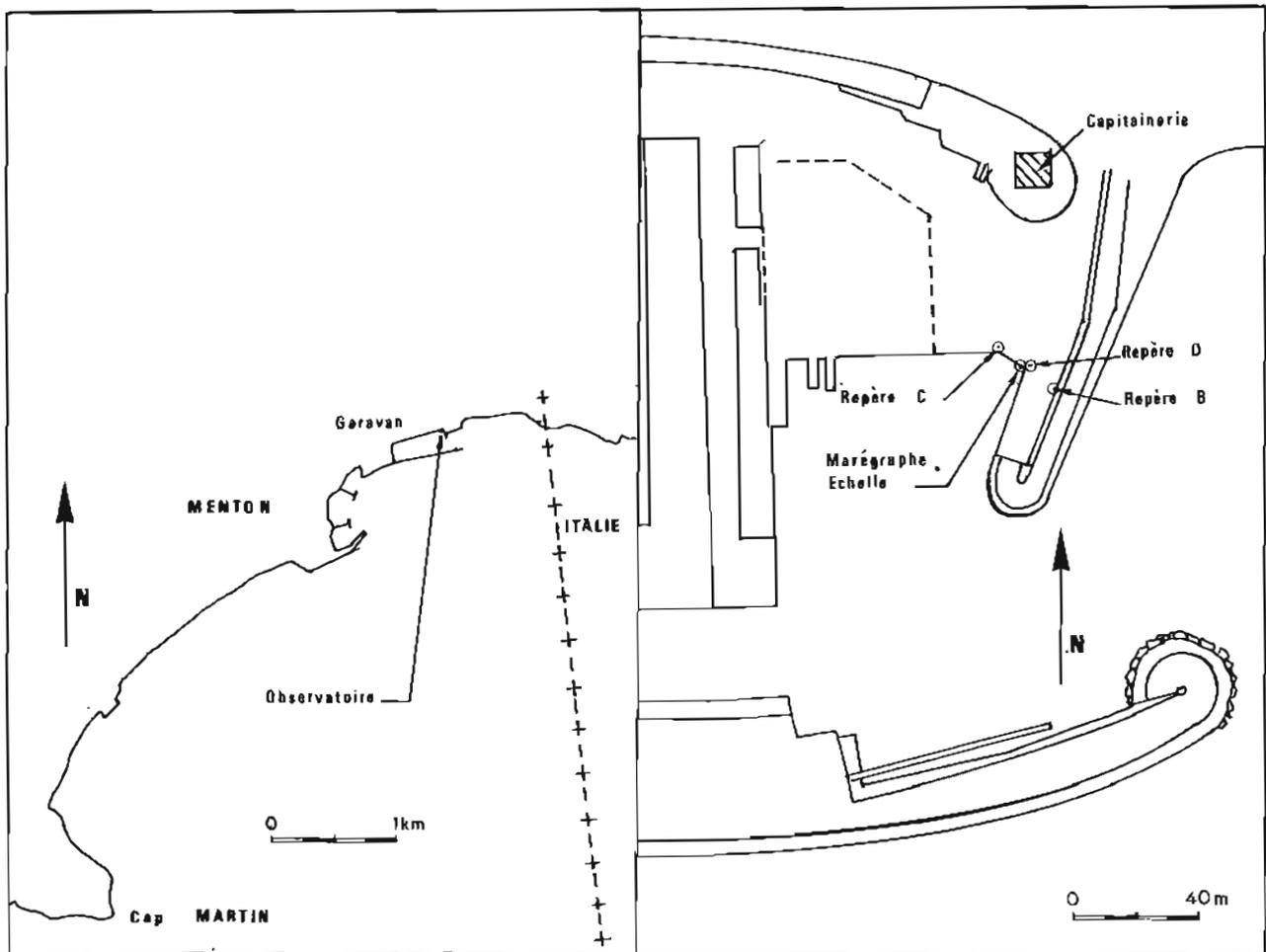
La marée a été observée simultanément à Nice et Menton du 14 février au 7 avril 1986. L'identité des hauteurs d'eau dans les deux ports a conduit à réduire les sondes de la marée observée à Nice. Le zéro de réduction des sondes est situé à 7,735 m au-dessous du repère NGF Ma.i3k3^{ob} de l'église de Notre-Dame du Port (Carnet IGN Nice 37-43) (Repère A de la planche 27). En ce qui concerne l'observatoire de marée de Menton, se reporter à la planche 10.

9.1.2. Documents rédigés

- 1 minute d'écriture (bathymétrie) : 1
- 1 minute d'écriture (sondeur latéral) : 1
- 1 minute d'écriture (recherche) : 1
- 1 minute de topographie et de nature de fond : 1
- 2 cartes renseignées : 6953, 5208
- 4 fiches d'épaves (ou d'obstructions)
- 13 fiches de points géodésiques
- 1 fiche d'observatoire de marée (Menton)

ANNEXE AU CHAPITRE 9.1 Récapitulatif des points géodésiques utilisés par la MOM

Nom de la station	Coordonnées Lambert			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Roquebrune, station terrain de sport	1 014 480,29	175 518,81	2,00	O	6	18037-144
Menton, station des douanes	1 014 475,8	175 521,1	3,00	O	6	
Menton, station les Halles	1 017 655,06	178 099,04	4,00	O	6	18037-151
Menton, port de Garavan	1 015 895,53	176 818,32	2,00	O	6	18037-154
Roquebrune, station parking Cap Martin	1 017 030,34	177 871,91	4,00	O	6	18037-152
Menton, trident du Bastion	1 014 507,28	174 390,99	5,00	O	6	18037-145
Menton, bâtiment poste frontière des douanes	1 016 069,0	176 933,9	43,0	T	5	18037-146
Menton, Trident, Estoril	1 017 627,63	178 274,45	44,40	T	5	18037-147
Menton, Trident La Tournevie	1 016 829,59	178 380,91	85,00	T	6	18037-148
Menton, résidence du Cap Martin	1 014 313,65	176 552,65	98,00	T	6	18037-150
Menton, station Bastion	1 014 407,9	174 219,9	58	T	6	18037-149
	1 016 099,26	176 953,81	6,9	O	4	18037-153



Pl. 10. Observatoire de marée de Menton

9.2. Levé du Cap Roux au Cap d'Antibes

9.2.1. Généralités

Le levé des côtes de Provence, du Cap Roux au Cap d'Antibes (voir planche 11), a été réalisé en grande partie à l'automne 1985 et au printemps de l'année 1986. Il était exclu d'y travailler en été, compte-tenu de la forte fréquentation des bâtiments de plaisance. Les conditions météorologiques ont été sévères principalement en novembre et décembre 1985 (vents d'Est).

Les zones les plus délicates à lever et pour lesquelles le BH1 *La Recherche* a consacré la plus grande partie de son temps, sont les suivantes :

- l'ensemble des plateaux rocheux situés à moins de 500 m de la côte entre la Pointe Fourcade et le Cap d'Antibes;

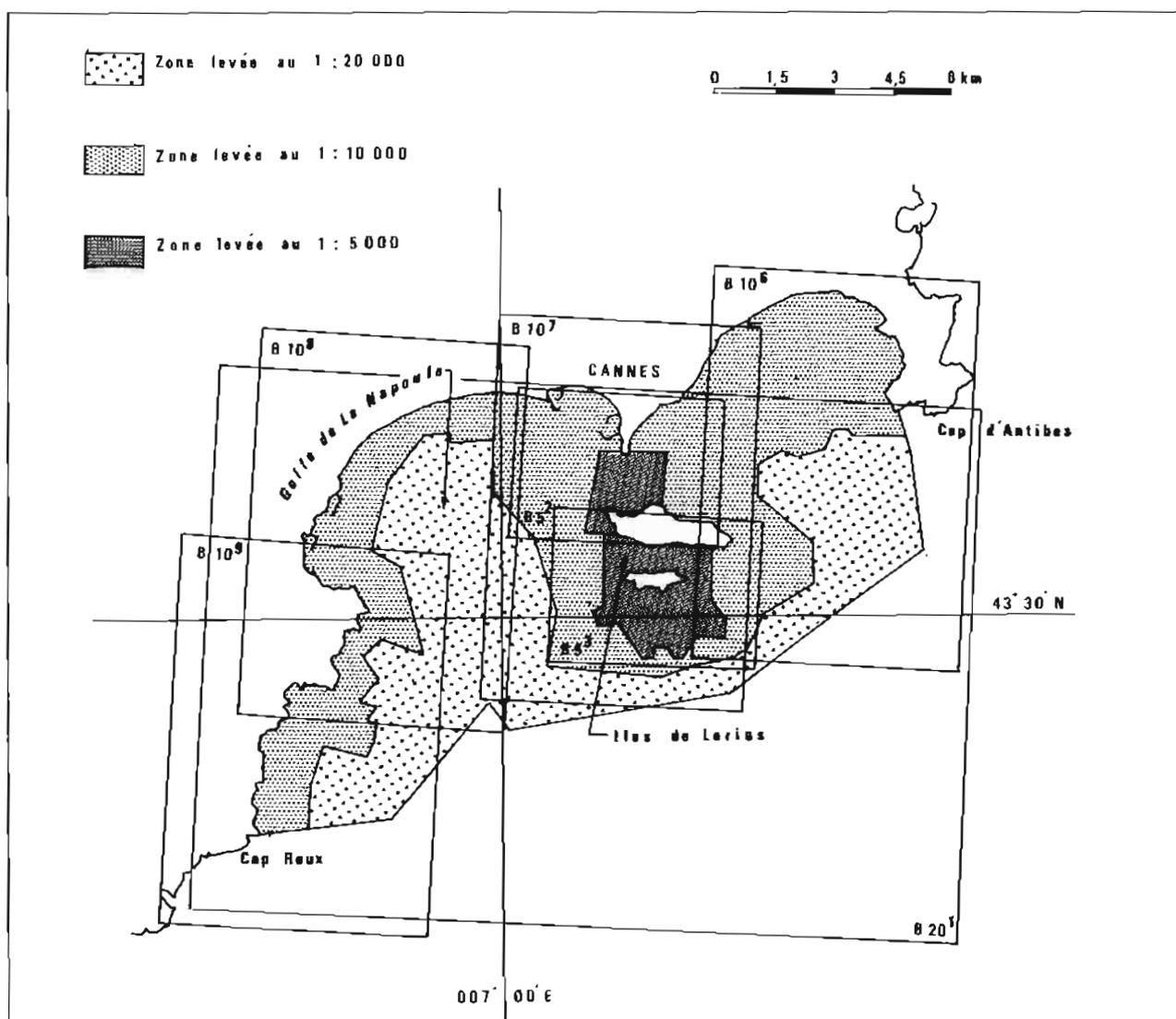
- les abords des îles de Lérins ainsi que les passages entre la Pointe de la Croisette et l'île Sainte-

Marguerite et entre l'île Sainte-Marguerite et l'île Saint-Honorat;

- le sud de l'île Saint-Honorat.

9.2.2. Description physique de la côte

La région s'étend du massif de l'Estérel à la pointe du Cap d'Antibes. Du Cap Roux jusqu'à Mandelieu la Napoule, le massif ancien de l'Estérel raboté par l'érosion et profondément raviné présente un profil déchiqueté, constitué de roches volcaniques (porphyre rouge). C'est une succession de pointes escarpées alternant avec des plages très étroites, des ports de dimensions réduites ainsi que des calanques aux falaises verticales. De Mandelieu la Napoule jusqu'à la Pointe de la Croisette apparaît la réputée plage de Cannes, bien protégée par l'Estérel, les collines de Vallauris ainsi que les îles de Lérins.



Pl. 11. Levé du Cap Roux au Cap d'Antibes: zones sondées et schéma des coupures

En prolongement de la Pointe de la Croisette se situent les îles de Lérins.

L'île Sainte-Marguerite est séparée du continent par un détroit large de 1 100 m parsemé de hauts-fonds dangereux. Elle s'étend d'Ouest en Est sur une longueur de 3 km. Elle est large de 900 m.

L'île Saint-Honorat, île privée appartenant au monastère qui y est implanté, est longue de 1 500 m (d'Ouest en Est), et large de 400 m.

Le plateau du Milieu qui sépare ces deux îles offre un chenal non balisé bordé de hauts-fonds dangereux.

Plus à l'Est, le Golfe Juan se présente comme une rade bien abritée par les collines de Vallauris, le Cap d'Antibes et les îles de Lérins.

9.2.3. Conditions d'exécution

Le levé au large a été réalisé par le BSR *Gazelle* du 5 au 11 novembre 1985. Le levé côtier a été exécuté par le BH1 *La Recherche* d'une part du 12 novembre au 12 décembre 1985 et d'autre part du 23 mars au 4 avril 1986. Par ailleurs des levés de compléments (BH1 *La Recherche*) ont eu lieu du 28 au 31 octobre 1986 ainsi que les 25 et 26 novembre 1986 principalement autour des îles de Lérins. Certains relèvements de fond dangereux pour les vedettes ont été cotés à la perche.

9.2.4. Localisation

La localisation a été obtenue par au moins trois lieux combinant des distances Trident à des relèvements optiques.

Les conditions de fonctionnement du système de radiolocalisation Trident furent mauvaises. Tout le site de la région de Cannes à forte concentration urbaine, donc à forte densité d'émetteurs de tous ordres présente des perturbations électromagnétiques.

Presque toute localisation utilisant le Trident a du être complétée par la mise en place de deux lieux optiques.

9.2.5. Bathymétrie

L'ensemble du levé à l'échelle 1: 20 000 a été réalisé par le BSR *Gazelle*. Le levé aux échelles plus grandes a été exécuté par le BH1 *La Recherche*. Les abords des îles de Lérins ont été levés et rédigés à l'échelle 1: 5 000. Un complément au sondeur latéral a été effectué dans les zones d'accès aux ports principaux que sont Mandelieu la Napoule et le port municipal de Cannes. Les trois épaves suivantes ont été identifiées :

Position NTF (Lambert III)		Brassiage	Identification
X	Y		
973 425	143 790	5,6 m (fonds de 8 m)	<i>Cargo Saint-Elme</i>
981 415	148 305	52 m (fonds de 54 m)	Chaland <i>La grosse Minouche</i>
983 540	149 680	20,6 m (fonds de 26 m)	Chaland <i>Le Robuste II</i>

Toutes les sondes ont été corrigées de la marée observée à Mandelieu la Napoule; le zéro de réduction des sondes a été adopté à 9,667 m au-dessous du repère NGF IM 249 repère fondamental de la gare de Mandelieu la Napoule. (Carnet IGN Cannes 36-44, 1^{ère} édition de novembre 1970) (repère A de la planche 12).

9.2.6. Autres travaux

Les minutes « P » fournies par le bureau de photogrammétrie de l'EPSHOM, ont été corrigées des observations effectuées sur le terrain en particulier pour la partie Est de l'île Sainte-Marguerite. Sur ces minutes, les corrections des limites de zone parsemée d'écueils dangereux ont été portées en trait pointillé magenta.

Des minutes de topographie ont été rédigées à l'échelle 1:10 000 dans la partie Ouest de la zone à sonder en recouvrement des minutes « P ».

Elles sont le résultat d'une restitution analogique des couvertures aériennes verticales IFN 83-170, 78 FR 9084-145, IPLI 82-200.

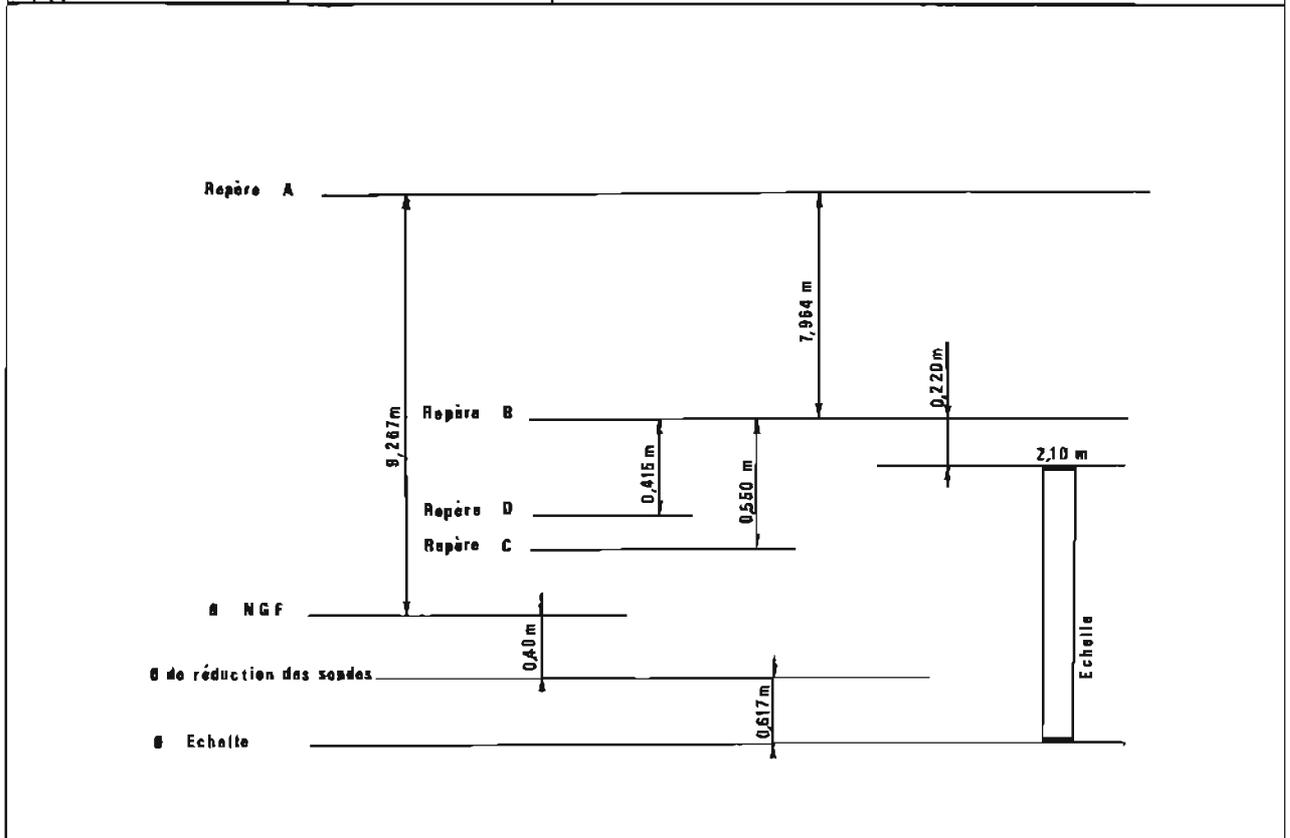
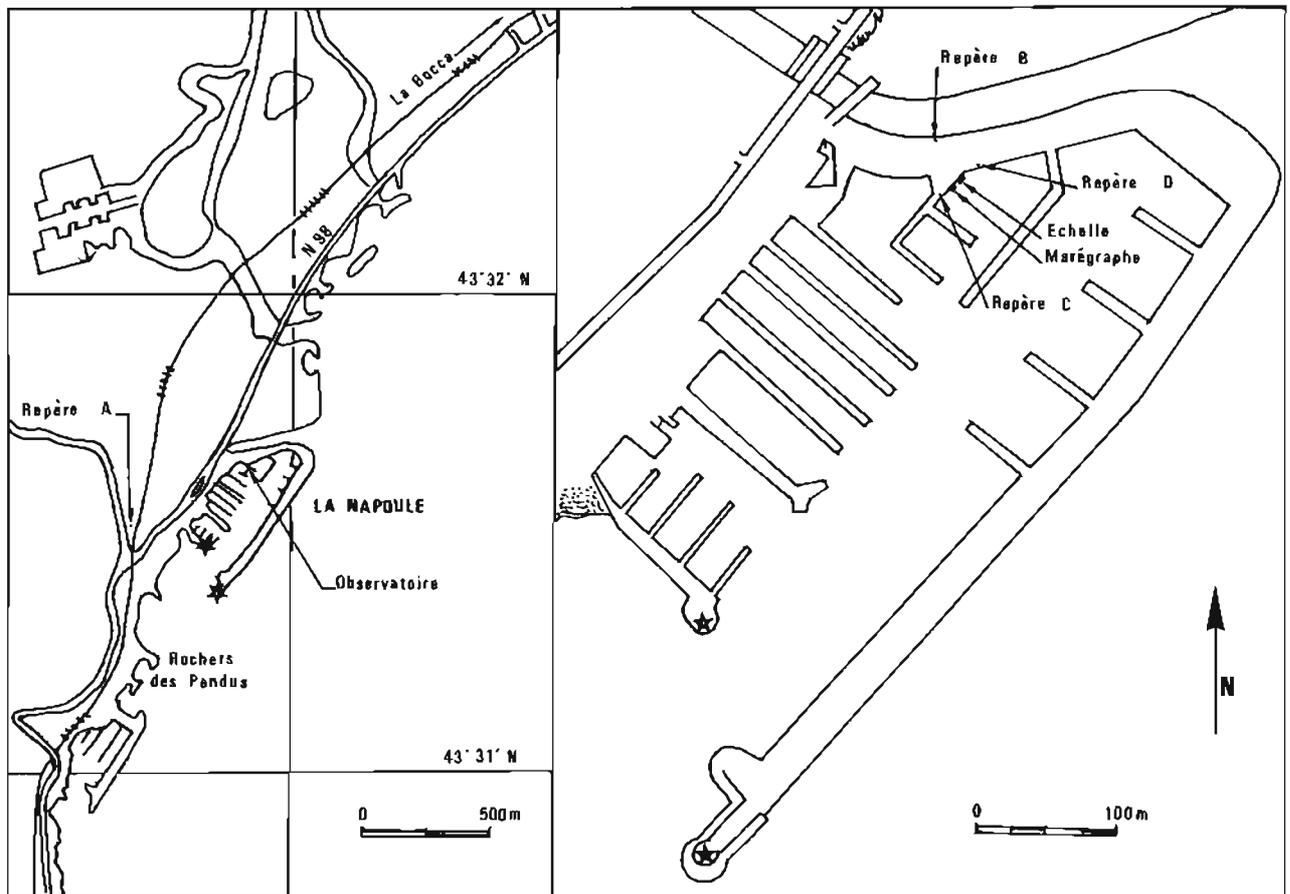
Par ailleurs, une enquête de toponymie a été réalisée lorsque le BH1 *La Recherche* était sur zone au printemps de l'année 1986. Elle a été complétée lors d'une mission effectuée en janvier 1987. Un rapport concernant 43 toponymes a été rédigé.

On a procédé d'une part à une mise à jour de la revue d'amers et de balisage effectuée en 1985 et d'autre part à une rédaction systématique des fiches de balisage flottant.

Les nouveaux plans d'aménagement portuaires obtenus auprès de la DDE et des municipalités ont été communiqués à l'EPSHOM pour la mise à jour de l'ouvrage d'*Instructions Nautiques D2.2*.

9.2.7. Documents rédigés

- 7 minutes d'écriture (bathymétrie): 20¹, 10⁶ à 10⁹, 5², 5³
- 7 minutes d'écriture (recherche): R10⁶, RS10⁷, RS10⁸, R10⁹, R5², R5³, R5³ Bis.
- 3 minutes de topographie et de natures de fonds: TN¹⁷, TN¹⁸, TN¹⁹
- 5 minutes de photogrammétrie (mise à jour): P86-5-1¹, P86-5-1², P86-5-1³, P86-5-1⁴, P86-5-1⁶
- 3 cartes renseignées: 5113, 5122, 6954
- 31 fiches géodésiques
- 3 fiches d'épaves
- 21 fiches de balisage flottant
- 1 fiche d'observatoire de marée



Pl. 12. Observatoire de marée de Mandelieu la Napoule

ANNEXE AU CHAPITRE 9.2
Récapitulatif des points géodésiques utilisés par la MOM

Nom de la station	Coordonnées Lambert III			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
La Trayas, station Morland	971 333,2	140 832,0	17,1	O	6	18036-309
Pointe du Maupas	971 133,2	140 154,7	4	O	6	18036-313
La Trayas, pointe Notre Dame	971 675,9	141 536,8	5,7	O	6	18036-308
Miramar, pointe de la Paume	972 661,4	141 941,2	5,8	O	6	18036-312
La Napoule, San Peyre	971 727,4	146 512,9	132,6	O	6	18036-302
Port La Galère, rocher Plongeoire	973 409,2	143 462,5	6,3	O	6	18036-307
Port la Galère, jetée	973 442,3	143 563,5	6,5	O	5	18036-306
La Napoule, optique « Ma poule »	972 730,7	146 886,4	1,5	O	6	18036-303
Pointe de l'Esquillon	972 811,7	142 277,9	39,3	O	6	18036-305
Cannes, Pointe de la Croisette	979 710,7	148 056,4	1,5	O	5	18037-238
Cannes, Palm Beach	979 462,0	148 448,2	1,5	O	6	18037-329
Cannes, extrémité de la jetée Sud	978 082,5	149 094,4	2	O	6	18037-244
Cannes, Port Canto	979 067,5	148 720,1	2	O	6	18037-240
Cannes, immeuble St-Michel	980 759,0	149 919,9	119	O	5	18037-233
La Fourmigue : (1)	983 404,4	148 789,4	2	O	5	18037-231
(2)	983 404,0	148 790,7	2	O	5	18037-231
Cap d'Antibes, musée naval	986 219,7	150 002,9	34	O	5	18037-232
Île Ste-Marguerite, ancien sémaphore	981 460,5	146 864,2	46	O	6	18037-229
Est Ste-Marguerite (1)						
Douille	982 266,7	145 961,5	1	O	6	18037-230
(2)						
Croix-bleue	982 269,4	145 960,4	1	O	6	18037-230
Île Ste-Marguerite, épi	980 687,9	145 983,4	1	O	5	18037-242
Île Ste-Marguerite, bunker	979 644,2	146 171,2	6	O	6	18037-241
Île St-Honorat, monastère	980 758,7	144 803,7	11,6	O	6	18037-237
Cap Roux, pointe de Maubois,						
villa la Roche, au Vent	970 821,1	138 696,6	43,0	T	6	18036-314
Pointe de l'Esquillon, villa du Trident	972 818,3	142 238,0	25,5	T	6	18036-304
Pointe de l'Aiguille, villa Magdalena	973 036,8	144 333,3	96	T	6	18036-310
Cannes, la Bocca, immeuble Amorgos	973 791,9	148 669,4	34,5	T	6	18036-311
Cannes, immeuble St-Michel	980 758,0	149 917,9	119	T	5	18037-233
Super Cannes, château d'eau,						
St-Antoine	980 395,2	151 062,3	271	T	6	18037-243
Cap d'Antibes, phare de la Garoupe	987 234,9	151 765,8	102	T	6	18037-245
Cap d'Antibes, musée naval	986 219,4	150 004,7	37	T	5	18037-232
Île Ste-marguerite, ancien sémaphore	980 458,1	146 865,0	48	T	6	18037-229
Île St-Honorat, station du port	980 684,0	145 287,1	1	O	6	18037-235
Île St-Honorat, pointe du Barbier	979 881,5	144 986,5	6,3	O	6	18037-234
Île St-Honorat, station topographique	981 238,0	145 025,5	1	O	6	18037-236
Île St-Féréol	981 532,9	144 974,0	2,5	O	6	18037-246

9.3. Levé du Cap Camarat à la Pointe des Issambres

9.3.1. Généralités

Le levé des côtes de Provence du Cap Camarat à la Pointe des Issambres (voir planche 13) a été réalisé d'une part à l'automne 1986 (du 7 novembre au 11 décembre), d'autre part au cours de l'année 1987 (du 18 mars au 20 avril puis du 8 au 18 novembre) au moyen de trois vedettes hydrographiques du BH1 *La Recherche*.

Le BSR *Gazelle* a assuré le sondage bathymétrique de la partie la plus large du Cap de Saint-Tropez du 6 au 12 octobre 1987. Disposant d'une coralline et de plongeurs, l'équipe embarquée sur ce bâtiment a pu mener à bien le levé complémentaire de la zone confiée.

Les difficultés rencontrées furent de deux ordres :

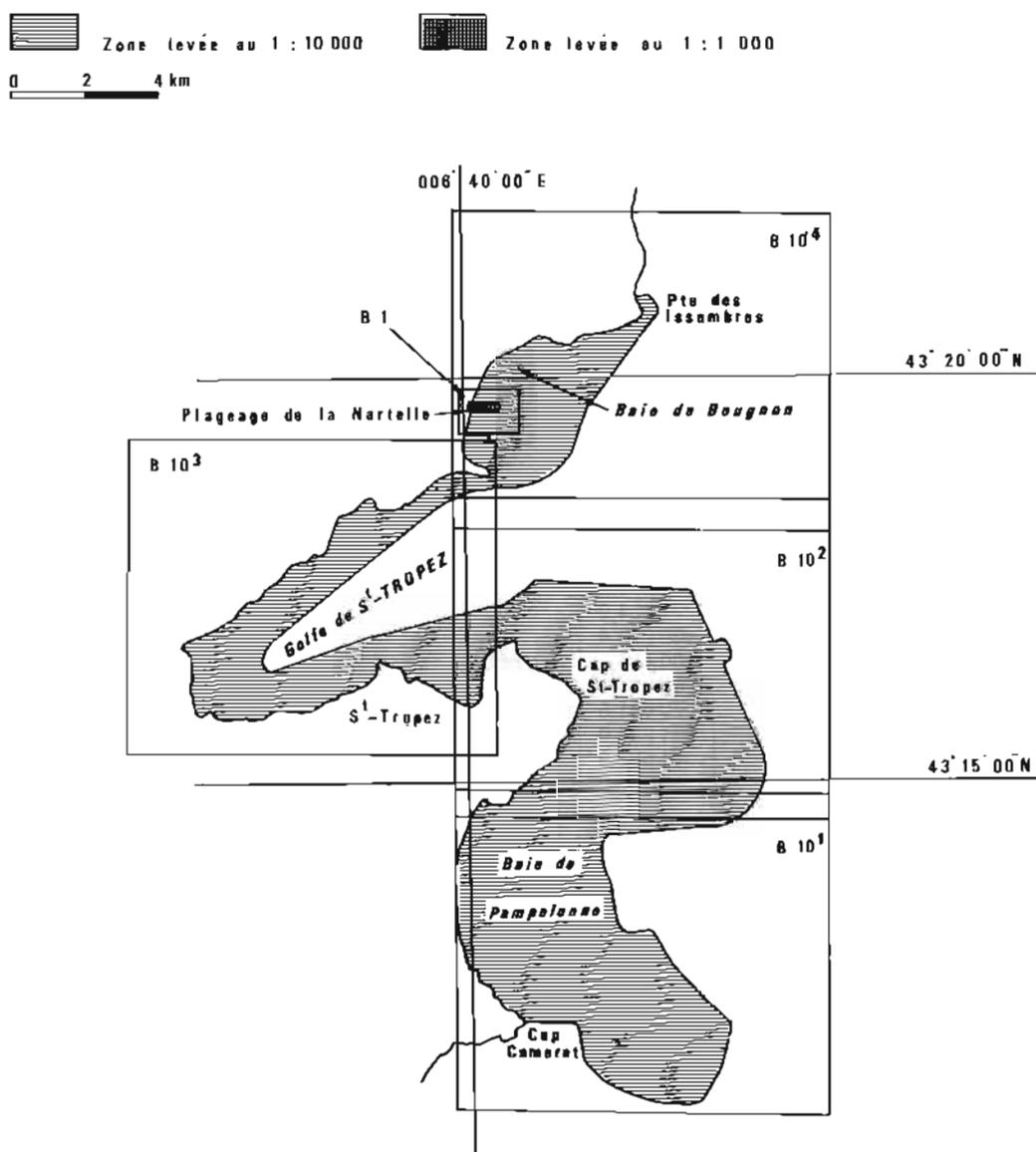
— les conditions météorologiques parfois défavorables (mistral et vent d'Est) nécessitant pour ne pas ralentir les travaux, d'une part de gréer toute la zone d'une implantation Trident et d'autre part de réserver le levé du Cap de Saint-Tropez et de la Pointe des Sardinaux uniquement aux périodes d'accalmie;

— les perturbations électromagnétiques du système Trident (200 MHz) déjà signalées au paragraphe 9.2.4.

L'utilisation du Trident fonctionnant à la fréquence 1219 MHz lorsque ce dernier était disponible était la solution. Dans les autres cas, deux lieux optiques étaient nécessaires.

9.3.2. Conditions d'exécution du levé

Le levé a été exécuté et rédigé à l'échelle 1:10 000. L'espacement des profils initialement prévu de 100 m a été systématiquement resserré à 50 m



Pl. 13. Levé du Cap Camarat à la Pointe des Issambres : zones sondées et schéma des coupures

dans la frange côtière ainsi que dans les zones dangereuses que représentent le Cap de Saint-Tropez et la Pointe des Sardinaux.

De nombreuses recherches de roches dont une grande partie investiguée par plongeurs ont été réalisées afin de préciser les cotes des plateaux rocheux et des roches isolées mais aussi pour lever le doute concernant certaines sondes des cartes marines en service.

Un levé au sondeur latéral a été effectué dans la zone de mouillage de l'Anse des Canebiers ainsi qu'aux approches des ports de Saint-Tropez, Sainte-Maxime, Port-Grimaud, San Peire - Les Issambres. Le sondeur latéral a été également utilisé pour lever le doute concernant l'inexistence des sondes isolées suivantes de la CM 5255 :

- 2,7 m à la position CM $\varphi = 43^{\circ} 15' 55''$ N
G = 006° 36' 23" E
- 8 m à la position CM $\varphi = 43^{\circ} 16' 42''$ N
G = 006° 35' 42" E

Les épaves suivantes ont été identifiées :

Position NTF (Lambert III)		Brassiage	Identification
X	Y		
949 457	120 649	13 (fonds 15 m)	Voilier type <i>Swalin</i>
947 113	116 404	11,7 (fonds 15 m)	Chalutier <i>La Martine</i>
949 798	118 066	27,7 (fonds 34 m)	Chalutier <i>L'Idéal</i>
950 007	117 939	28,6 (fonds 34 m)	Yacht panaméen <i>Aritay</i>
949 977	117 854	29,7 (fonds 32 m)	Péniche maltaise <i>Relax</i>

Toutes les sondes ont été réduites de la marée observée dans le port de Saint-Tropez. Le zéro de réduction des sondes a été adopté à 2,975 m au-dessous du repère fondamental IGN MA E3-21 situé dans le mur du bar « Le littoral » place de la Croix de Fer à Saint-Tropez (repère A de la planche 14).

9.3.3. Travaux divers

Topographie

Pour les mêmes raisons que celles indiquées au paragraphe 8.2.4.6., il a été jugé indispensable de

produire des minutes de topographie à l'échelle 1:10 000. Elles ont été obtenues par restitution au stéréoflex SOM des couvertures aériennes IGN 78 FR 9064/145 et IPLI 82 200 complétées par les observations sur le terrain (Port-Grimaud en particulier).

Toponymie

Une enquête conduite auprès des pratiques locales a permis d'adopter 39 toponymes nouveaux.

Amers, balisage fixe, balisage flottant

Si le balisage flottant de la zone a fait l'objet en totalité d'une rédaction de fiche, seuls les éléments de mise à jour de la revue d'amers et de balisage fixe effectuée en 1985 ont été produits.

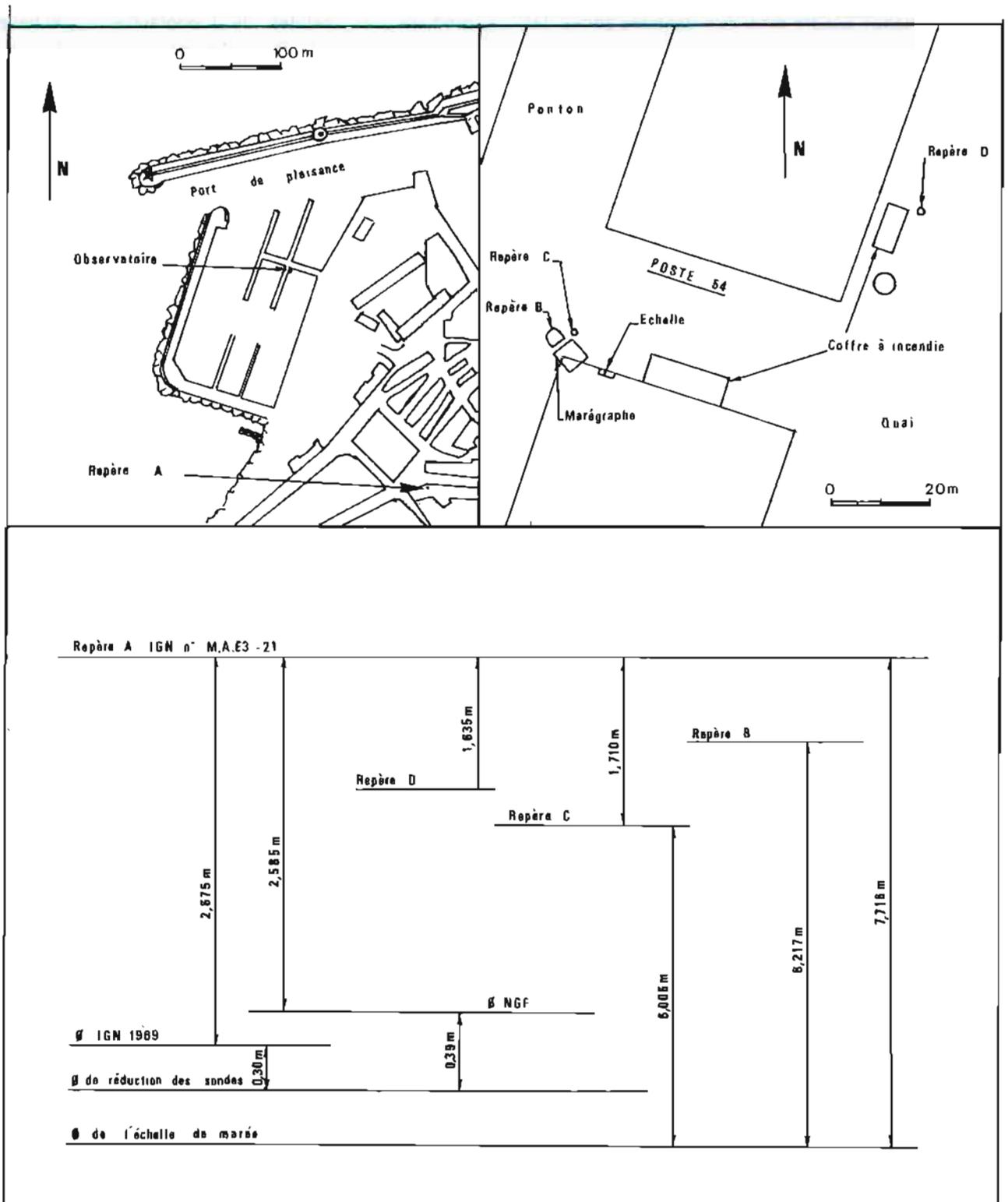
9.3.4. Mise à jour des Instructions Nautiques

Les renseignements relatifs aux aménagements portuaires obtenus auprès de la DDE, des municipalités ainsi que des capitaineries de port ont été exploités pour la mise à jour de l'ouvrage d'*Instructions Nautiques* D2.2.

9.3.5. Documents rédigés

Les documents suivants ont été rédigés :

- 4 minutes d'écriture (bathymétrie) : B10¹, B10², B10³, B10⁴
- 4 minutes d'écriture (bathymétrie de complément) : Bq10¹, Bq10², Bq10³, Bq10⁴
- 4 minutes d'écriture (recherche) : R10¹, R10², R10³, R10⁴
- 4 minutes de topographie : TN10¹, TN10², TN10³, TN10⁴
- 1 fiche d'observatoire de marée (Saint-Tropez)
- 31 fiches géodésiques
- 17 fiches d'amers (complément des travaux Traster)
- 6 fiches d'épaves
- 3 cartes renseignées : 5255, 5266, 6873
- 1 fiche de balisage flottant.



Pl. 14. Observatoire de marée de Saint-Tropez

ANNEXE AU CHAPITRE 9.3
Récapitulatif des points géodésiques utilisés par la MOM

Nom de la station	Coordonnées Lambert			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
St-Tropez, Cap Pinet, station Pinet	952 253,6	114 375,7	50,5	T	6	
San Peïre-sur-Mer, pt de l'Arpillon, station Adélaïde	953 276,3	124 939,1	2,4	O	6	
San Peïre-sur-Mer, les Issambres, station Aselma	954 562,6	125 518,1	2,0	O	6	
Baie de Pampelonne, station Manon	951 270,3	112 789,3	1,6	O	6	
	951 270,1	112 790,5	1,6	O	6	
Marines de Cogolin port de plaisance	945 172,8	116 522,5	2,0	O	6	
station Gavroche	945 172,5	116 519,5	2,0	O	6	
Ste-Maxime, grande pointe, station Croisette	947 776,6	119 728,2	1,2	T + O	6	
	947 772,8	119 734,2	5,7	T	6	
Port-Grimaud, station Fantine	944 771,8	117 781,3	1,0	O	6	
	944 764,2	117 788,5	1,0	O	6	
Ste-Maxime, Pointe des Sardinaux, station Athos	951 599,1	121 941,1	1,0	O	6	
St-Tropez, Cap St-Pierre station Panisse	951 539,7	117 712,1	1,0	O	6	
Ste-Maxime, port de plaisance, station Javer	948 794,2	120 843,8	2	O	6	
Cap Camarat, plage de la bonne terrasse, station Giono	951 912,9	110 034,1	3,0	O	6	
Cap Camarat, sémaphore	952 425,1	109 384,1	128,5	T	5	
	952 426,6	109 385,2	128,5	T	5	
St-Tropez, pointe de la Rabiou, station Cesar	952 255,1	118 067,8	1,30	O	6	
St-Tropez, pointe de Capon, station Escartefigue	953 362,9	115 139,7	4,5	O	6	
St-Tropez, baie des Canebier, station Fanny	950 290,2	117 001,4	1,10	O	6	
St-Tropez, station Eponine	948 597,9	117 196,5	4	O	6	
St-Tropez, station Val Jean	949 294,3	117 376,6	1	O	6	
St-Tropez, Cap du Pinet, station Florette	952 197,9	114 263,8	3,6	O	6	
	952 199,1	114 262,5	3	O	6	
Ste-Maxime, Baie de Bougnon, station Cythère	951 001,9	122 370,0	4,5	T + O	6	
	951 001,9	122 370,9	4,5	O	6	
Cap Camarat, station Pagnol	951 926,9	110 320,0	3,6	O	6	
	951 931,9	110 326,9	2,1	O	6	
	951 921,9	110 301,3	5	O	6	
Ste-Maxime, Baie de Bougnon, station Isabelle	951 204,8	124 066,4	4	O	6	
St-Tropez, château Borelly, station chapelle Borelly	952 130,8	117 276,1	82	T	6	
St-Tropez, station Pitalugue	953 884,8	116 763,6	2	O	6	
	953 877,5	116 770,2	1,5	O	6	
St-Tropez, pointe de l'Ay, station Marius	953 167,0	117 413,7	1	O	6	
	953 145,9	117 410,7	4,8	O	6	
	953 191,0	117 337,5	3,4	O	6	
Ste-Maxime, Baie de Bougnon, station Les chênes	951 056,9	124 206,8	70	T	6	
St-Tropez, pointe de la Pinède, station Cosette	947 999,5	116 552,4	1	O	6	
St-Tropez, pointe de Capon, station Naïs	953 422,3	115 246,1	9,9	O	6	
San Peïre-sur-Mer, port de plaisance, station Aramis	952 476,9	124 809,6	3	O	6	
Ste Maxime, pointe des Sardinaux, station Champs Mathieu	951 195,4	121 755,3	5	O	6	
San Peïre-sur-Mer, pointe de l'Arpillon, station Portos	953 182,5	124 892,3	2	O	6	
Ste maxime, plage de la Croisette, station Ténardier	947 921,0	119 992,9	2,5	O	6	
Pampelonne, château Charavel	950 569,0	112 665,5	62	T	5	18036-263
St-Tropez, résidence de la latitude 43	948 595,5	116 394,2	58	T	6	18036-293
Grimaud, château Les Mûres	944 306,3	118 380,9	36,5	T	5	18036-056
Marines de Cogolin, capitainerie	945 012,7	16 183,3	12,5	T	5	18036-050
St-Tropez, citadelle	949 571,2	117 242,5	46	T	6	18036-064
St-Tropez, citadelle	949 522,8	117 205,6	58,7	O	6	

9.4. Levé côtier de Cassis à l'Île des Embiez

9.4.1. Généralités

Ce levé (voir planche 15) avait été jugé nécessaire pour compléter et adapter aux normes hydrographiques en vigueur des documents anciens.

Il a été réalisé aux mois de mars et de mai 1988 en utilisant la VH8 ainsi que les embarcations du BH1 *La Recherche*.

9.4.2. Localisation

Les porte-sondeurs furent localisés au moyen de 3 lieux Trident complétés dans les fonds de baie par des relèvements optiques.

9.4.3. Bathymétrie

L'ensemble du levé a été exécuté et rédigé à l'échelle 1:5000. La présence de nombreuses « mattes » surmontées de posidonies principalement entre Bandol et l'Île des Embiez donne au relief un aspect tourmenté. Ceci a nécessité d'effectuer systématiquement des profils intercalaires espacés de 20 mètres et de reconnaître au moyen d'investigations par plongeurs la plupart des hauts-fonds.

Le sondeur latéral a été utilisé pour le contrôle des abords des ports de Cassis, La Ciotat, Bandol, Sanary, Les Embiez.

On a pu affirmer l'inexistence de 2 hauts-fonds douteux aux positions CM 6612.

$\varphi = 43^{\circ} 08' 21''$ N; $G = 005^{\circ} 32' 46''$ E; Cote 24,5 m

$\varphi = 43^{\circ} 08' 12''$ N; $G = 005^{\circ} 32' 32''$ E; Cote 26 m

On a pu préciser la situation des épaves et des obstructions de la zone sondée comme suit :

N° fiche EPSHOM	Position NTF Lambert III		Brassage (m)	Observations
	X	Y		
18035 066	/	/	/	Annulée
18035 095	879 594	92 396	1,7	Débris du vapeur à hélice <i>La Marie</i>
18035 038	859 699	106 412	8,2	Débris de chaland
18035 138	882 272	94 467	9,7	Paquet de câbles (obstruction)

9.4.4. Topographie et natures de fonds

Des minutes de topographie ont été établies à l'échelle 1:5 000 par exploitation au stéréoflex SOM des couvertures aériennes verticales suivantes: FR 74 354 530, 82-200 IPLI - 78 R 9064/145,

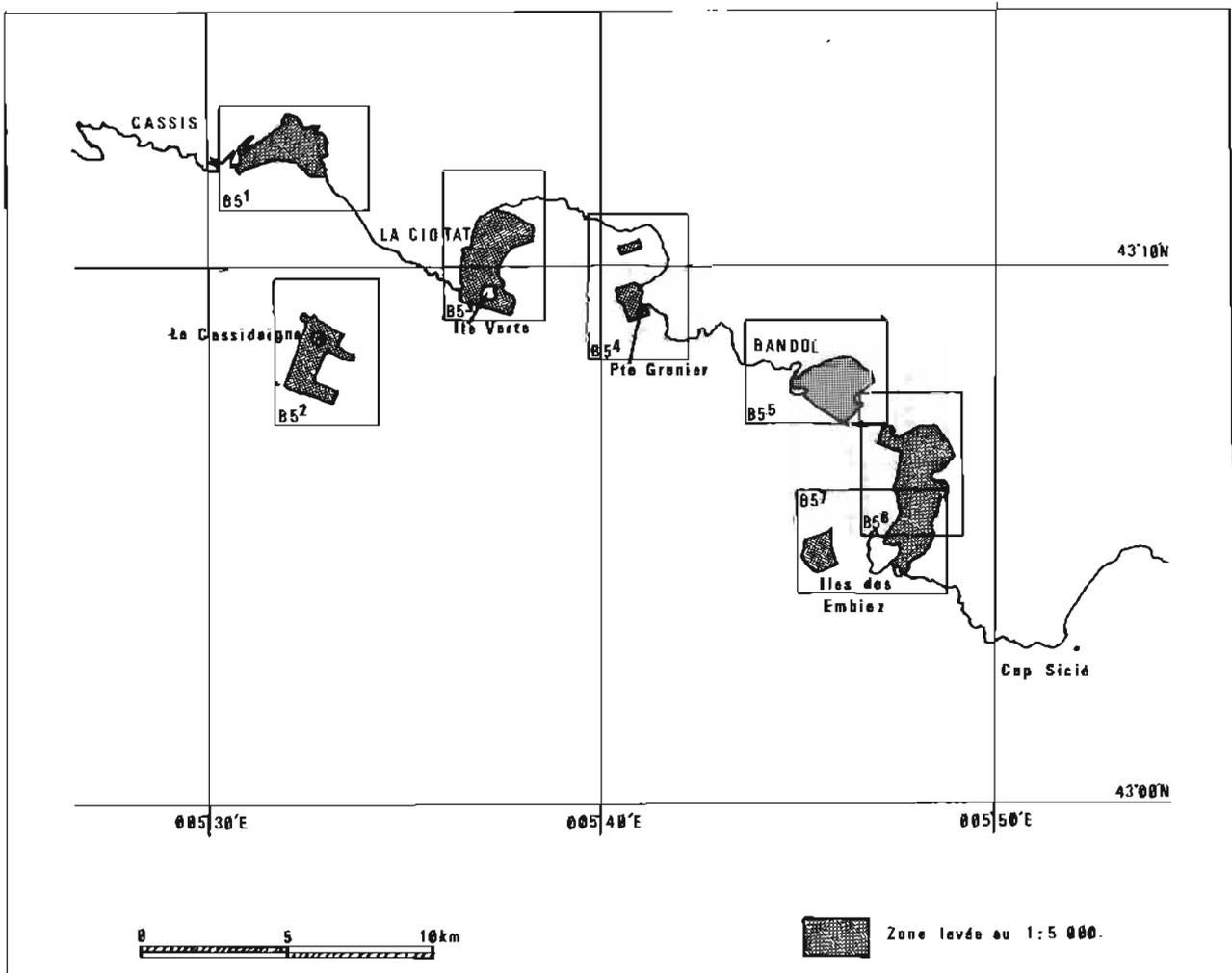
F 86 2003987 complétées par les plans de ports et des observations sur zone. Les natures de fonds déterminées lors des investigations par plongeurs figurent sur les minutes de topographie.

9.4.5. Nivellement

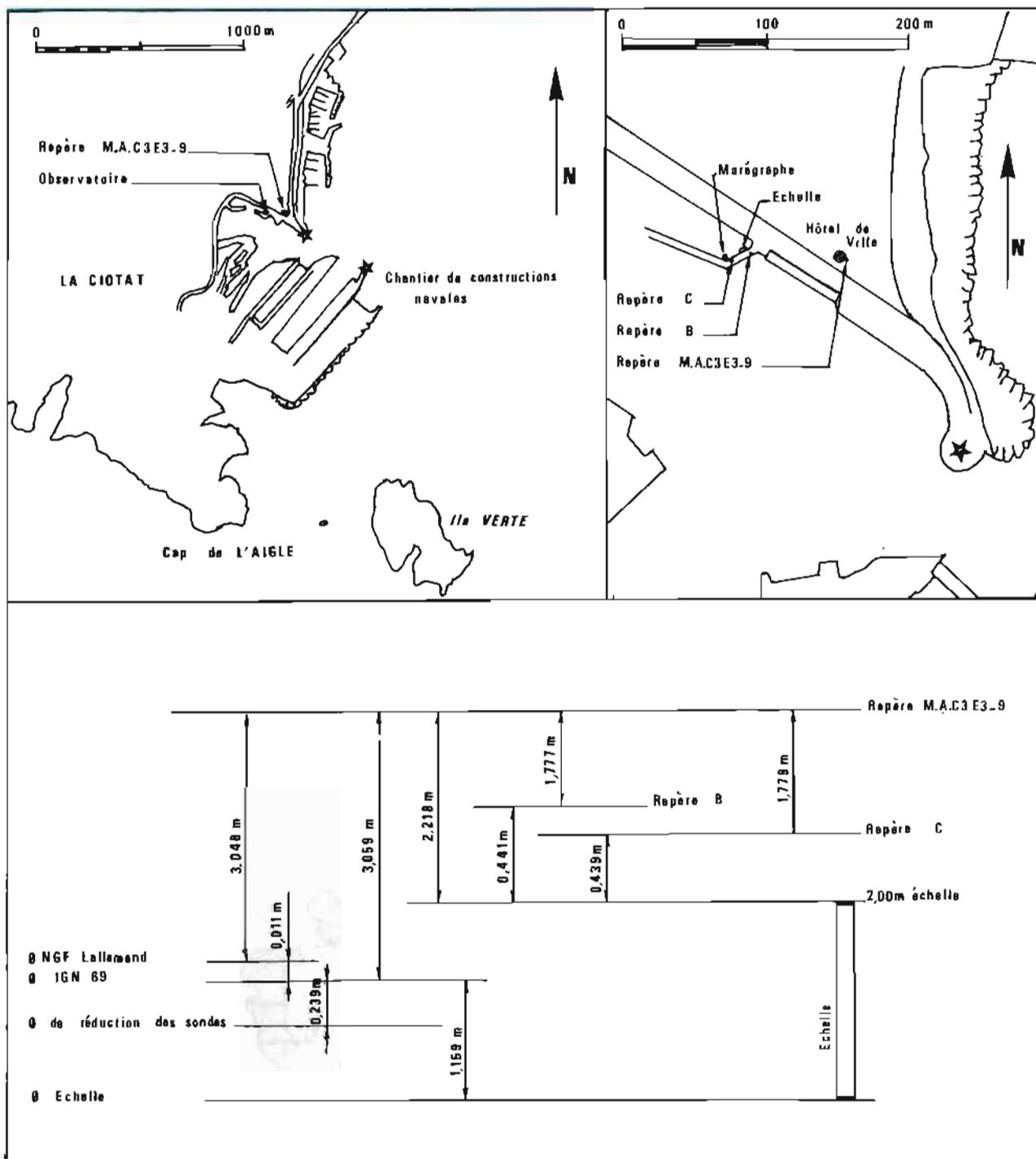
Toutes les sondes ont été réduites de la marée observée pendant 3 mois à La Ciotat (voir planche 16). Le zéro de réduction des sondes est situé à 3,298 m au-dessous du repère IGN MA C3E3-9 scellé dans le mur de l'hôtel de ville de La Ciotat (Carnet de nivellement La Ciotat n° 3246 - 2^{ème} édition - Février 1986).

9.4.6. Documents établis

- 7 minutes d'écriture (bathymétrie): B5¹ à B5⁷
- 6 minutes d'écriture (bathymétrie de complément): BqR5¹, Bq5² à Bq5³, Bq5⁵, Bq5⁶, Bq5⁷
- 6 minutes d'écriture (recherches): RN5², RN5³ à RN5⁷
- 6 minutes de topographie: TN5¹, TN5³ à TN5⁷
- 2 cartes renseignées: 6610, 6612
- 41 fiches géodésiques
- 3 fiches d'épave (ou obstruction)
- 1 fiche d'observatoire de marée



Pl. 15. Levé de Cassis aux Îles des Embiez : zones sondées et schéma des coupures



Pl. 16. Observatoire de marée de La Ciotat

ANNEXE AU CHAPITRE 9.4
Récapitulatif des points géodésiques utilisés par la MOM

Nom de la station	Coordonnées Lambert III			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Pointe de Cacau	857 915,2	104 792,9	12,0	T	5	
Pointe des Lombards, station Vivaldi	860 232,3	106 121,0	7,5	O	5	
Feu vert, station Cassis	859 743,1	106 495,0	1,6	O	5	
Cap Cable, station Calanque	858 255,2	105 340,8	3,9	O	5	
Port-Miou, station d'Estivelle	858 033,9	105 350,1	13,0	O	5	
Port-Miou, station Edlinger	858 591,3	105 569,9	10,0	O	5	
Port-Miou, station Patissier	858 104,2	105 590,7	15,0	O	6	
Port-Miou, station Rebuffat	858 372,7	105 705,7	21,9	O	5	
La Fontasse, auberge de Jeunesse	857 790,4	106 845,9	181,9	T	5	
Le Revestel	861 192,3	105 747,5	126,6	T	5	
Bec de l'Aigle, sémaphore	863 186,2	102 378,6	328	T	5	
	863 187,3	102 377,8	328	O	5	
Ceyreste, le Baguier, La Louisiane	869 733,95	106 219,17	218,5	T	4	
Île verte	866 670,6	100 835,8	53,0	O + T	5	
Chantiers navals, station jetée	866 529,7	101 904,0	6,5	O	6	
Ceyreste, station Bombe	866 891,0	103 648,4	2,0	O	5	
Digue du large, station Bronzon	866 511,8	102 160,6	4,3	O	5	
Chantier navals, station Normed	866 209,5	101 493,9	6,0	O	5	
Port St-Jean, station	867 537,0	103 890,0	8,0	O	5	
Anse du Sec, station						
atelier bleu inter	865 778,5	101 189,8	42,9	O	5	
Anse du Sec, station atelier bleu	865 960,3	101 236,1	6,5	O	5	
St Cyr-sur-Mer : pointe Grenier,						
station Strauss	872 059,1	101 177,6	6,0	O	5	
Colline de Vallonge	877 763,0	99 890,3	157,5	T	5	
Jetée port de Bandol	878 233,1	98 311,6	3,9	O	5	
Pointe de la tourette, station Beethoven	879 609,0	97 358,4	4,5	O	5	
Pointe de la Cride	879 101,32	96 466,35	12,8	O	3	
	879 116,21	96 454,16	11,4	T	3	
Pointe de Port Issol	880 837,6	96 216,0	5,0	O	5	
Gros cerveau	882 760,0	101 181,9	441,6	O + T	5	
Jetée du port de Sanary	881 858,4	96 463,7	1,6	O	5	
Cap Nègre	882 288,10	94 885,77	18,78	O	4	
Pointe du Carabinier	882 567,4	94 008,0	3,4	O	5	
Pointe du Rayolet	882 435,0	93 315,8	0,5	O	5	
Pointe du Cros	882 354,0	92 926,3	1,2	O	5	
Îles des Embiez, station Félix	881 278,0	92 128,1	1,0	O	5	
Îles des Embiez, musée						
Océanographique	880 447,9	92 718,9	22,3	O + T	5	

10. LEVÉS DU PORT DE TOULON ET DE SES ABORDS (voir planches 17 et 17 bis)

10.1. Généralités

Commencé en 1984, le levé du port de Toulon n'était pas achevé en 1988. Restaient en effet à sonder une partie de la Baie de Brégaillon ainsi qu'une bande de 200 mètres de large le long de l'arsenal du Mourillon. Pour ces deux zones, des travaux de dragage en cours de réalisation lors du 1^{er} semestre 1988 n'ont pas permis de clore l'hydrographie du port militaire.

Par ailleurs, on laissera le soin au lecteur de se reporter aux *Annales Hydrographiques* de 1986 (rapport de mission de l'IPA Laporte) pour obtenir les renseignements relatifs aux levés antérieurs à octobre 1985. Un nouveau levé avait été demandé par plusieurs organismes de la 3^{ème} Région Maritime : l'École de plongée pour les abords du quai Bonzon, la Direction des Travaux Maritimes pour l'accès au port du Cannier, la Direction du Commissariat de la Marine pour la zone d'accostage à l'appontement du Lazaret et bien sûr la Direction du Port de Toulon pour l'ensemble du port militaire. Les sondages bathymétriques ont été étendus aux baies du Lazaret, de Saint-Mandrier et au-delà de la grande passe jusqu'à une limite reliant la pointe de la Langouste au Cap Brun. Cette extension a semblé nécessaire car les levés les plus récents dataient de près d'un siècle.

10.2. Conditions d'exécution

Les levés ont eu lieu principalement lors des périodes d'indisponibilité (IPER ou PEI) du BH1 *La Recherche*. On a utilisé depuis octobre 1985 les moyens hétéroclites suivants : 3VH8, l'embarcation Ceralu de la MOM grée d'un récepteur Trident, 1 Boston Whaler de la MOM, des vedettes de la DP et du 3^{ème} G.P.D. Tous ces porteurs (sauf les VH8) étaient équipés d'une base de sondeur DESO 10.

Ce levé a nécessité 312 plongées qui ont permis d'identifier 148 obstructions et 31 épaves.

10.3. Localisation

La localisation fut assurée par :

- trois lieux Trident pour le levé à l'échelle 1: 5 000
- trois relèvements au moyen de théodolites pour les levés aux échelles supérieures à 1: 5 000

L'efficacité d'un géodimètre tel que l'AGA 140 T permettant la poursuite (manuelle ou automatique) du porteur aurait sans doute pu être démontrée lors de ce sondage portuaire. Cet équipement a malheureusement été reçu trop tardivement.

10.4. Bathymétrie

Le sondeur latéral EG&G fut utilisé systématiquement à l'intérieur de la petite rade. On s'est efforcé de lever les doutes concernant l'existence et la position des épaves et des obstructions de l'ensemble de la zone sondée. Toutes les sondes ont bien sûr été réduites de la marée observée à Toulon. Le zéro de réduction des sondes adopté est situé à 3,907 m au-dessous du repère IGN Mae-3-9 bis scellé dans le mur de clôture du bâtiment de la Sécurité Navale (Porte Castigneau) (repère A de la planche 18).

10.5. Topographie

Des minutes de topographie ont été établies aux échelles et selon les coupures des minutes de bathymétrie. Elles proviennent d'une exploitation à la chambre claire Bausch et Lomb d'une couverture photographique réalisée au profit de la MOM par la Base Aéronavale d'Hyères en mai 1986 complétée, de mesures sur le terrain.

10.6. Travaux divers

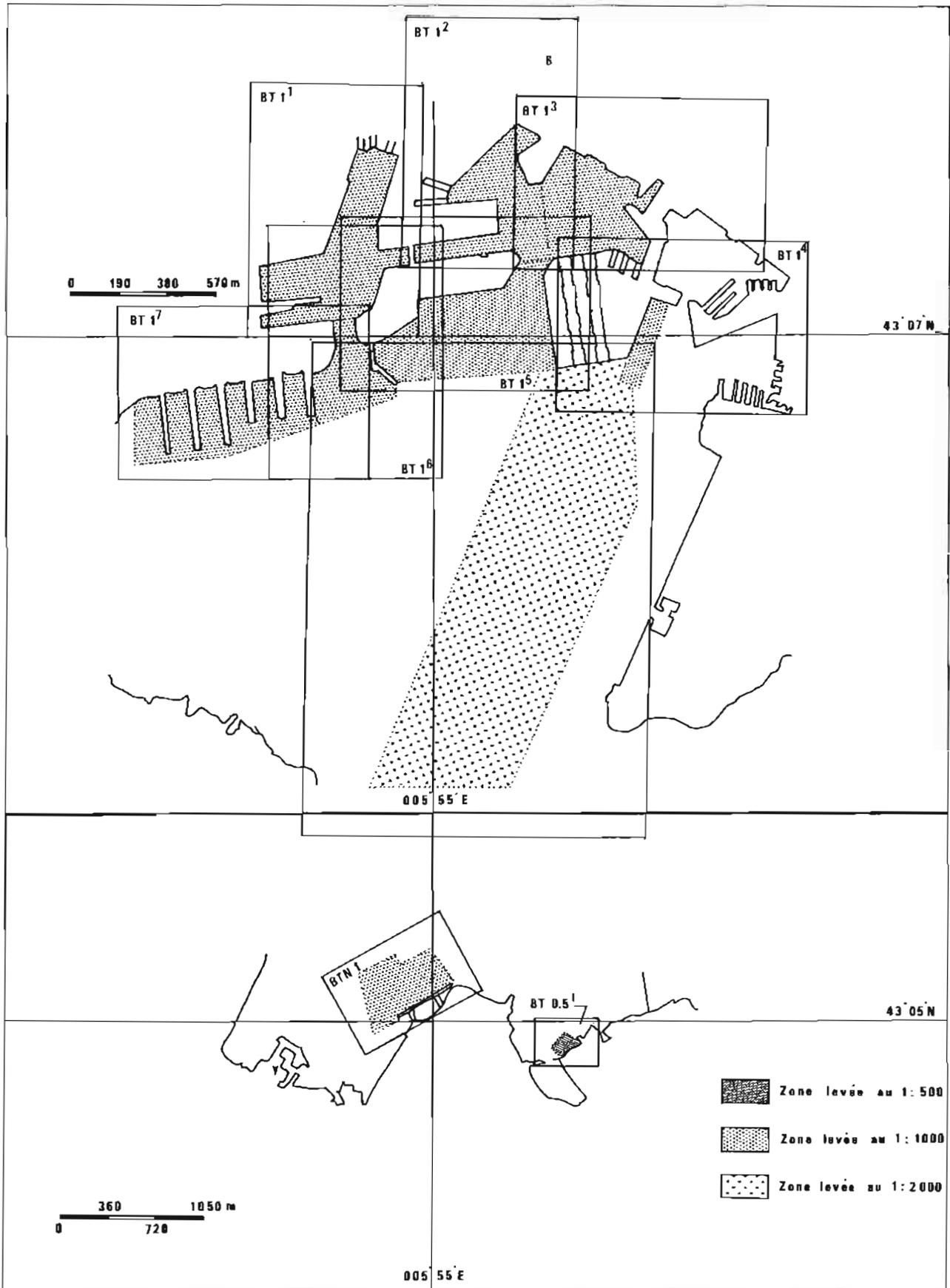
Chaque investigation par plongeur donnait lieu à un prélèvement de nature de fond dont les caractéristiques ont été reportées sur les minutes de topographie.

Par ailleurs on a procédé à la mise à jour des amers et du balisage (42 fiches), de la toponymie (102 toponymes proposés) et des informations nautiques (plans de port, infrastructure côtière).

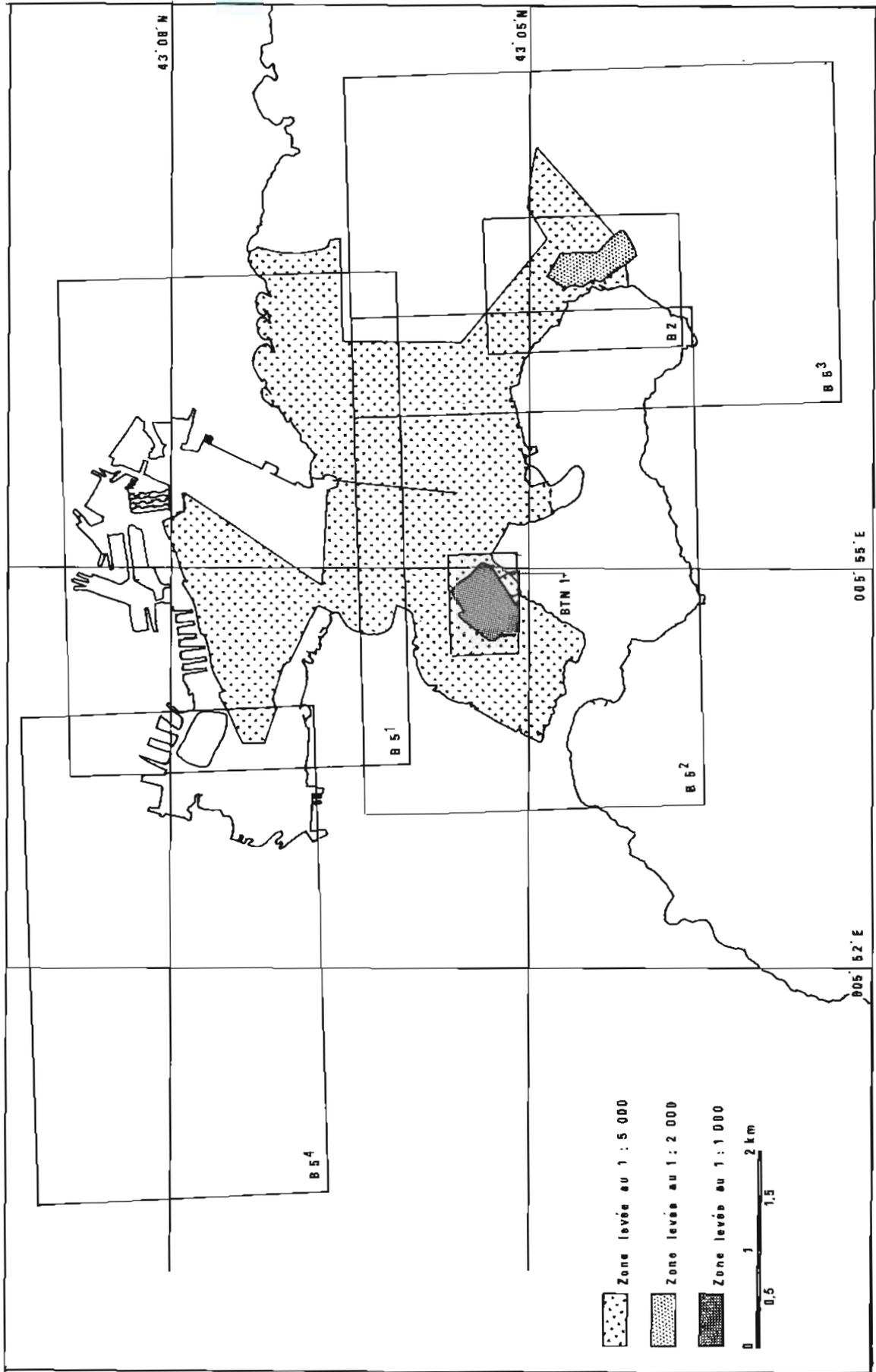
Des minutes de synthèse ont été établies au profit des autorités locales. Elles contiennent : un choix de sondes et d'isobathes ainsi que le report des éléments de topographie, des amers, du balisage, des épaves et des obstructions.

10.7. Documents rédigés

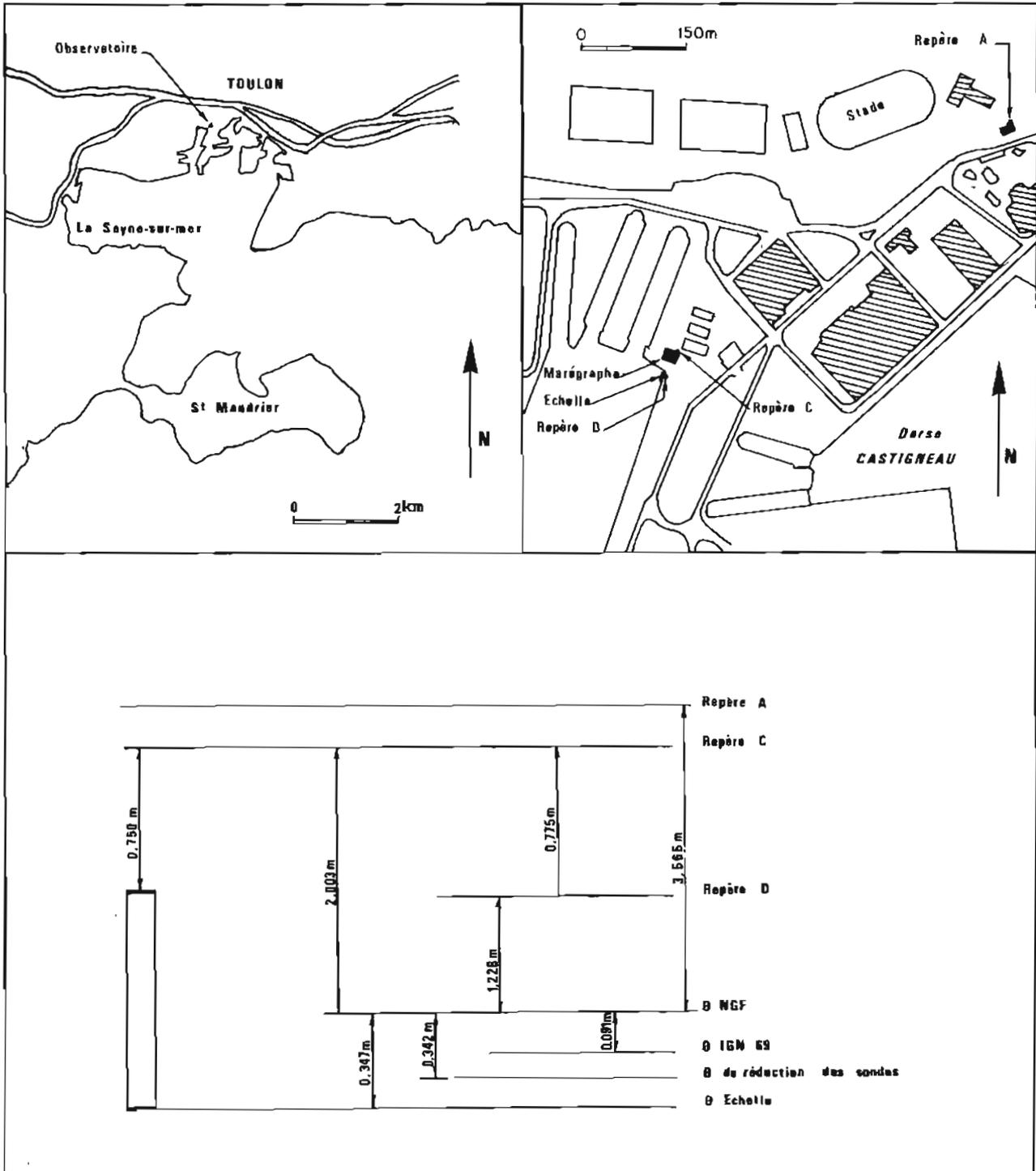
14 minutes d'écriture (bathymétrie) :
en 1987 BT1¹ à BT1⁷, BT2², BTO5¹
en 1988 B5¹ à B5³, B2, BTN1



Pl. 17. Levé du port de Toulon : zones sondées et schéma des coupures



Pl. 17 bis. Levé du port de Toulon : zones sondées et schéma des coupures



5 minutes d'écriture (bathymétrie de complément):

BQ1⁴ (87)

BQ1, BQ2, BQ5¹, BQ5² (88)

15 minutes d'écriture (recherche):

(87) R1¹ à R1⁶, RS1⁷, RS2², RO5¹

(88) R5¹ à R5⁴, R1, R2

3 minutes de topographie: 88 - TN5¹ à TN5³

1 minute de dragage: 87 D2²

5 minutes de synthèse SY1¹ à SY1⁵

2 cartes renseignées: 5093 (1 version 87 - 1 version 88)

69 fiches géodésiques

8 fiches d'amers

31 fiches d'épaves

148 fiches d'obstruction

37 fiches de balisage flottant

1 fiche d'observatoire de marée.

ANNEXE AU CHAPITRE 10
Récapitulatif des points géodésiques utilisés par la MOM

Nom de la station	Coordonnées Lambert III			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Toulon, Cap Sicié, Pointe des Jonquières	887 204,1	89 713,0	2,0	O	5	
Toulon, Cap Sicié, batterie de Peyras	887 013,2	90 942,1	206,3	T	5	
Toulon, anse de Fabregas; pointe du Bau Rouge	887 872,5	91 234,0	2,5	O	5	
Toulon, anse des Sablettes, port St Elme	890 007,8	92 350,7	5,8	O	5	
Cap Cépet, pointe du Rascas	893 759,5	91 705,3	44,1	T	5	
St-Elme, batterie de St-Elme	890 226,3	92 244,0	23,2	T	5	
St-Elme, pointe de Maregau	891 154,9	91 517,8	36,3	T	5	
Baie du Lazaret Stations «Sitcat»						
- 1	889 813,5	93 006,2	1,0	O	5	
- 2	889 825,1	93 002,6	1,0	O	5	
- 3	889 821,0	93 006,8	1,0	O	5	
- 4	889 831,3	93 000,1	1,0	O	5	
Presqu'île de St-Mandrier, pointe du Cannier	894 312,9	92 460,8	2,0	O	5	
Port St-Louis du Mourillon	893 005,8	95 974,0	4,0	O	5	
Petite rade, station piscine 88	892 418,2	96 653,3	1,0	O	5	
Cap Brun, club nautique						
- 1	895 532,7	95 908,3	22,0	O	5	
- 2	895 505,3	95 900,6	22,0	T	5	
Port militaire, station Pyro Bis	889 321,8	96 878,6	1,0	O	5	
Pointe de l'Eguillette, station Dock Eguillette	890 672,1	95 358,5	2,0	O	5	
Port militaire, station 1 Canal Milhaud	889 697,6	95 755,6	1,0	O	5	
Port militaire, station hélicoptère	889 759,8	96 638,6	1,0	O	5	
La Seyne-sur-Mer, port de commerce, station Bregailon	889 243,2	96 167,6	1,0	O	5	
Baie du Lazaret, station Tamaris	890 406,1	94 402,0	2,0	O	5	
Baie du Lazaret, station port des Sablettes	890,302,7	93 088,0	1,0	O	5	
Presqu'île de St-Mandrier, CIN Bât F	893 723,5	92 526,8	74,0	O + T	5	
Presqu'île de St-Mandrier pointe du puits	894 254,4	92 781,4	4,0	O	5	
Presqu'île de St-Mandrier Port du Cannier	894 268,7	92 647,0	2,0	O	5	
St-Mandrier, pointe de la Vieille	891 857,0	93 602,6	5,0	O	5	18035-265
Cépet Nord	893 484,2	93 054,5	141,3	T + O	3	18035-085
Balaguier	890 941,5	94 587,1	15,0	T	5	18035-084
St-Mandrier, anse du Creux St-Georges, halage	891 893,4	93 203,1	0,6	O	5	18035-403
Feu rouge, darse vieille	892 263,1	97 236,8	1,0	O	6	18035-380
	892 259,5	97 238,3	1,0	O	6	
Quai d'honneur N	892 161,6	97 276,3	1,0	O	5	18035-379
Quai d'honneur S	892 074,2	97 000,2	1,0	O	6	18035-378
Tour Royale	892 118,2	95 567,2	20	T + O	5	18035-310
Fort Balaguier	890 893,1	94 467,8	1,0	O	6	18035-376
Feu vert, grande jetée	892 096,7	94 068,5	7,1	O	5	18035-217
Vigie D.P.	891 592,6	97 362,6	21,5	T + O	5	18035-283
Vauban Nord	891 847,4	97 418,6	1,0	O	6	18035-374
	891 821,7	97 413,5	1,0	O	6	
St-Mandrier, feu vert	892 118,6	93 112,0	1,5	O	5	18035-360

Nom de la station	Coordonnées Lambert III			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
St-Mandrier, pointe de Canon, parking	892 271,0	93 198,3	0,5	O	5	18035-361
Missiessy, Suffren	891 026,0	97 398,2	1,0	O	6	18035-377
Epi Pigoulière	892 144,8	97 482,9	1,0	O	6	18035-372
	892 114,4	97 527,3	1,0	O	6	
Darse horloge	892 101,3	97 595,4	1,0	O	6	18035-373
	892 185,5	97 728,1	1,0	O	6	
	892 085,6	97 671,3	1,0	O	6	
Quai Artillerie	891 784,0	97 866,5	1,0	O	6	18035-402
Gismer, Avisme	891 690,7	97 692,5	1,0	O	6	18035-401
Presqu'île Artillerie	891 578,2	97 793,2	1,0	O	6	18035-400
Quai Ligurienne	891 575,7	97 929,8	1,0	O	6	18035-399
Darse Castigneau W	891 324,4	97 666,4	1,0	O	6	18035-398
	891 313,5	97 641,1	1,0	O	6	
Feu rouge, passe Missiessy	890 859,8	97 025,4	1,0	O	6	18035-355
Quai pétroliers E	890 841,7	97 111,6	1,0	O	6	18035-397
	890 781,0	97 101,8	1,0	O	6	
Epi du transit	890 790,5	97 184,6	1,0	O	6	18035-384
Darse sous-marin	890 528,1	97 262,2	1,0	O	6	18035-383
	890 565,2	97 148,6	1,0	O	6	
Base sous-marine	890 799,2	97 363,0	1,0	O	6	18035-382
	890 836,2	97 370,4	1,0	O	6	
Missiessy W	890 906,9	97 697,3	1,0	O	5	18035-353
Darse Missiessy N	891 019,1	97 787,9	1,0	O	6	18035-390
Passe Missiessy	890 927,9	97 115,5	1,0	O	6	18035-389
Feu vert Missiessy	890 946,8	97 022,9	1,0	O	6	18035-381
Epi Noël Nord	891 018,0	96 999,7	1,0	O	6	18035-363
Epi Noël Sud	891 120,6	96 858,6	1,0	O	6	18035-362
Port militaire, GPD	890 991,9	97 155,6	1,0	O	6	18035-364
Quai Noël	891 333,4	97 230,4	1,0	O	6	18035-365
Vigie DP, pied	891 594,7	97 410,5	1,0	O	6	18035-366
Pont Canal Suffren	891 208,5	97 424,0	1,0	O	6	18035-368
Canal Suffren N.E.	891 523,8	97 476,0	1,0	O	6	18035-367
Quai Laubeuf	891 500,7	97 616,3	1,0	O	5	18035-369
Milhaud 5 N	890 281,5	96 807,9	1,0	O	6	18035-370
	890 242,6	96 800,5	1,0	O	6	
Milhaud 4 S	890 437,3	96 574,6	1,0	O	6	18035-357
	890 417,1	96 571,7	1,0	O	6	
Milhaud 3 S	890 526,9	96 672,6	1,0	O	6	18035-395
	890 527,4	96 668,8	1,0	O	6	
Milhaud 3 N	890 526,4	96 857,4	1,0	O	6	18035-388
	890 489,8	96 844,9	1,0	O	6	
Milhaud 2 S	890 670,8	96 696,9	1,0	O	6	18035-387
	890 647,3	96 693,1	1,0	O	6	
Milhaud 2 N	890 611,3	96 872,9	1,0	O	6	18035-386
	890 647,9	96 880,3	1,0	O	6	
Milhaud 1 S	890 791,1	96 720,8	1,0	O	6	18035-385
	890 770,2	96 717,3	1,0	O	6	
Milhaud 1 N	890 762,5	96 895,3	1,0	O	6	18035-358
	890 743,5	96 882,4	1,0	O	6	
	890 733,0	96 893,7	1,0	O	6	
Pointe de la vieille, plage	891 820,1	93 438,5	1,1	O	5	18035-359
Feu rouge, port de commerce	892 352,2	97 049,7	1,0	O	6	18035-371
Darse vieille	892 320,1	97 216,2	1,0	O	6	18035-356
Pyrotechnie	888 780,0	96 956,1	1,0	O	6	18035-354
Milhaud 6 S	890 196,2	96 522,4	1,0	O	6	18035-391
	890 183,4	96 520,3	1,0	O	6	
Milhaud 5 S	890 316,5	96 549,4	1,0	O	6	18035-393
	890 295,5	96 546,4	1,0	O	6	
Darse Missiessy NE	891 096,8	97 740,6	1,0	O	6	18035-375
Vauban Sud	891 941,0	96 969,2	1,0	O	6	18035-394
Vauban SW	891 783,3	96 940,9	1,0	O	6	18035-396
	891 814,1	96 945,6	1,0	O	6	
Milhaud 6 N	890 161,1	96 785,1	1,0	O	6	18035-392

11. LEVÉS DIVERS

11.1. Levés de détail aux abords des îles d'Hyères

11.1.1. Généralités

Les travaux aux abords des îles d'Hyères (voir planche 19) ont eu lieu à deux périodes bien distinctes. Tout d'abord en octobre et novembre 1985 le BSR *Gazelle* disposant d'une embarcation de sonde équipée d'une base de sondeur hors-bord DESO 10 a effectué quatre levés de détail à l'échelle 1:10 000 ainsi que les sondages à l'échelle 1:1 000 du port de l'Avis et du mouillage du Liserot (voir planche 19 bis). Puis du 23 au 25 septembre les vedettes du BH1 *La Recherche* ont procédé à la cotation de hauts-fonds ainsi qu'à la détection d'épaves dans la rade de Bormes-les-Mimosas. Les levés de plage de Cavalaire et de Bouillabaisse sont traités au paragraphe 11.5.

11.1.2. Travaux exécutés

Le système de radiolocalisation Trident a été utilisé pour les travaux en rade de Bormes ainsi que pour ceux situés au Nord de l'île du Levant. Les levés à l'échelle 1:1 000 (Port de l'Avis et mouillage du Liserot) ont nécessité l'emploi de relèvements optiques.

Une enquête de toponymie de l'île du Levant a conduit à proposer 54 toponymes nouveaux.

Les épaves situées en rade de Bormes-les-Mimosas ont été investiguées au moyen du sondeur latéral Edgerton ainsi que du magnétomètre Variant. Les investigations ont donné les résultats suivants :

N° fiche	Caractéristique de l'épave	Position NTF Lambert III		Brassage (m)
		X	Y	
18036036	Barge	929 758	99 888	31,3
18036037	Paquebot mixte <i>Spahis</i>	930 908	97 716	17,2
18036100	Avion de chasse US type Grumman F6-F5 Hellcat	930 593	97 463	50
18036035	Épave supprimée			

Par ailleurs le haut-fond « La Sèche de Gouron » a été coté après identification par les plongeurs de bord à la position (NTF Lambert III) X = 929 008 Y = 99 643 pour une cote de 10,9 m.

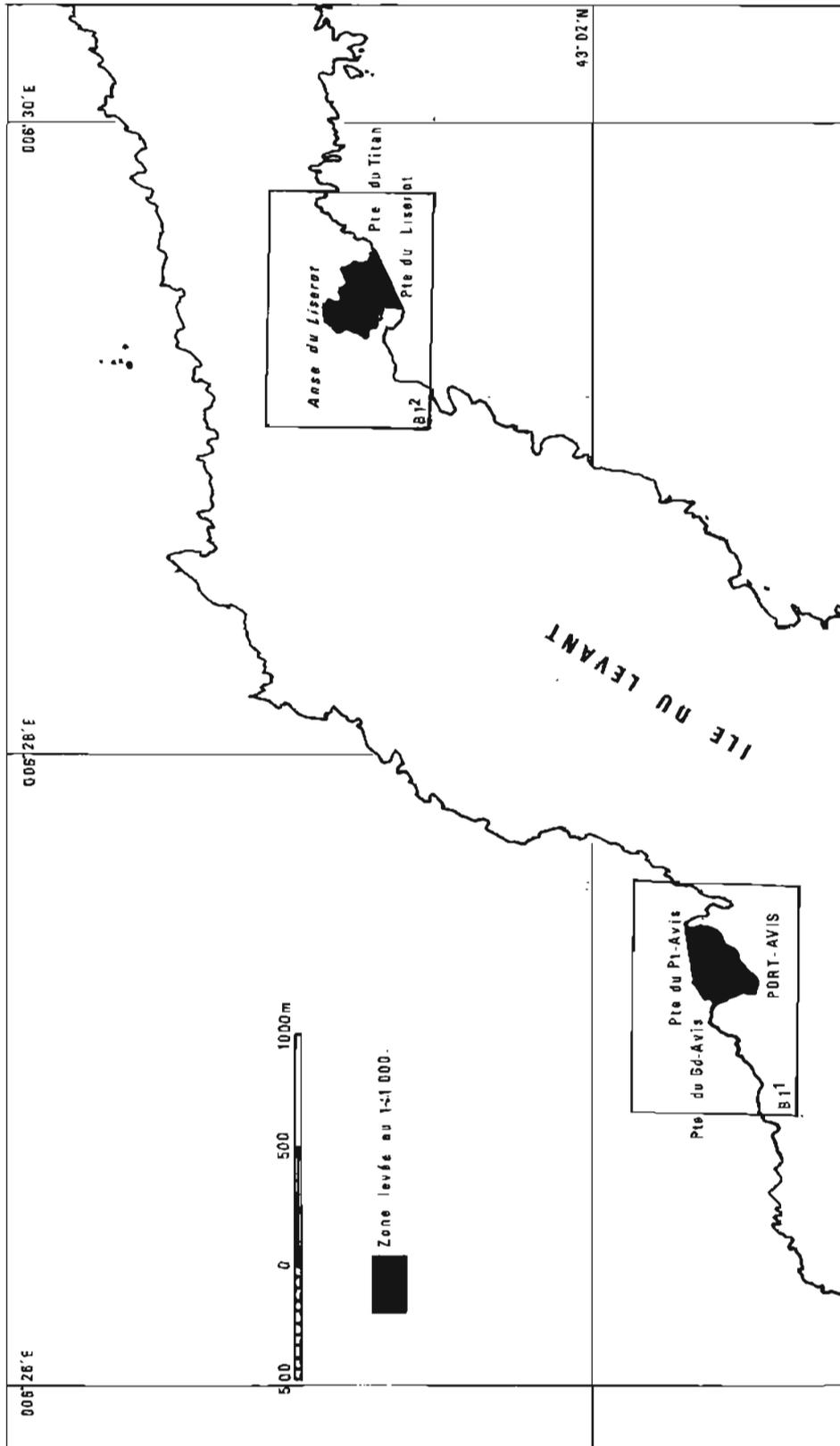
Toutes les sondes ont été réduites de la marée observée à Cavalaire. Le zéro de réduction des sondes est situé à 4,699 m au-dessous du repère IGN fondamental NGF MA E3 F3 48 (repère A de la planche 20).

11.1.3. Documents rédigés

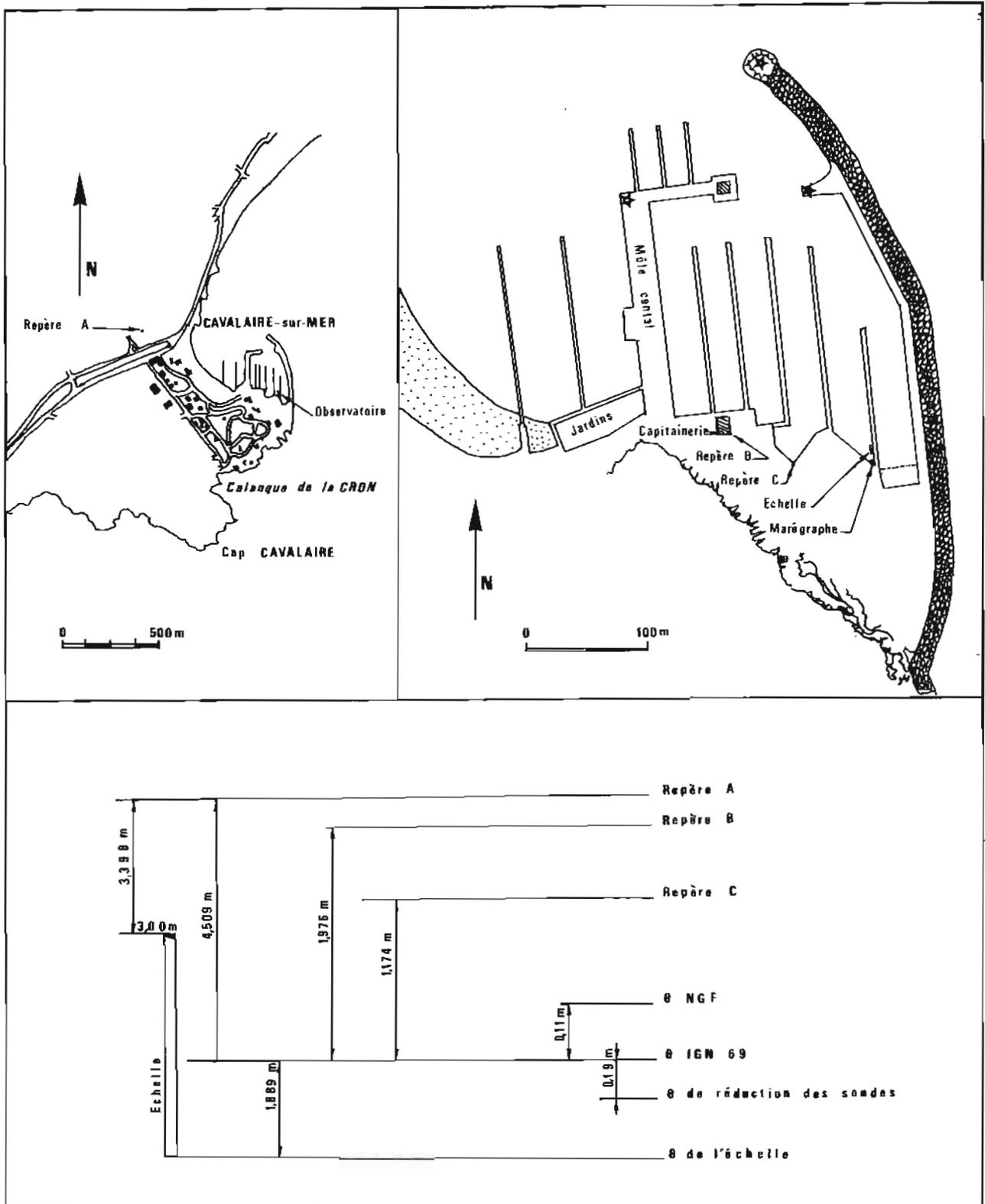
- 6 minutes d'écriture (bathymétrie) B10¹ à B10⁴
B1¹ et B1²
- 1 minute d'écriture (recherche) R10²
- 2 cartes renseignées 6615, 6616
- 1 fiche d'observatoire de marée (Cavalaire)
- 16 fiches géodésiques
- 4 fiches d'épave.

ANNEXE AU CHAPITRE 11.1 Récapitulatif des points géodésiques utilisés par le MOM

Nom de la station	Coordonnées Lambert III			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Transformateur	935 451,27	89 056,19	1,5	O	6	18036-321
Guide avis	935 354,06	89 173,00	2,0	O	6	18036-320
Pointe Avis	935 674,44	89 334,17	5,0	O	6	18036-319
Guide Liserot	938 218,50	90 811,02	5,0	O	5	18036-317
Route Liserot	938 169,67	91 081,56	7,0	O	5	18036-318
Titan sem	939 597,30	91 767,70	70,0	T	3	18036-328
Benat sem	927 272	96 015	192,0	T	7	18036-326
Lavandou immeuble	927 551,30	100 282,10	39,5	T	6	18036-327
Cavalaire, Trident, l'Amirada	941 245,95	104 836,60	78,0	T	6	18036-322
W. Bouillabaisse	942 939,64	107 514,68	1,0	O	6	18036-323
St. Feu R. Cavalaire	941 531,13	105 765,78	5,0	O	6	18036-324
St. Centr. P. Cavalaire	941 438,66	106 521,85	1,0	O	6	18036-325
Bormes, feu rouge	927 845,45	99 702,41	3,6	T + O	5	
Bénat, sémaphore	927 272,5	96 015,1	192,0	T	5	



Pl. 19 bis. Levé de détail des îles d'Hyères : zones sondées et schéma des coupures



Pl. 20. Observatoire de marée de Cavalairé

11.2. Contrôle de la zone d'accès au chenal de Fos-sur-Mer

11.2.1. Généralités

Les levés effectués au cours du mois d'octobre 1987 avaient pour but essentiel l'exploration au sondeur latéral ainsi qu'au sondeur vertical de la zone d'accès au Golfe de Fos (voir planche 21). La recherche des épaves autour de la zone de levé compléta les travaux.

Les conditions météorologiques furent dans l'ensemble assez mauvaises (dépression dans le Golfe de Gênes générant des vents d'Est à Sud-Est), rendant délicat le suivi de profil par le BSR *Gazelle* surtout lors du remorquage du sondeur latéral.

On eut par ailleurs la surprise de constater la présence de filets de pêche dans cette zone d'accès réglementé. Les interventions de PREMAR III auprès de l'Administration des Affaires Maritimes réussirent à mettre à la raison les quelques pêcheurs locaux récalcitrants.

Le BSR *Gazelle* a effectué le levé ainsi que les recherches d'obstructions du 14 au 24 puis les 27 et 28 octobre 1987. Le BH1 *La Recherche* a complété les recherches d'épaves les 3 et 4 novembre 1987.

11.2.2. Localisation

La localisation a été assurée au minimum par trois lieux Trident ayant fait l'objet d'un étalonnage par relevements optiques. Le bon fonctionnement du système de radiolocalisation Trident dans la zone fut quelquefois perturbé par des masquages ou des réflexions dus à la présence de porte-conteneurs au mouillage.

11.2.3. Bathymétrie

L'ensemble du levé a été rédigé à l'échelle 1:10 000. Les profils ont été espacés de 50 mètres comme le préconisaient les Instructions Techniques. Un profil sur deux a été exécuté en utilisant le sondeur latéral réglé en portée maximum à 125 mètres.

Autour du point (position CM 6684) $\varphi = 43^{\circ} 19,5' N$; $G = 004^{\circ} 58' E$, on peut constater une remontée d'environ 7 mètres des fonds par rapport aux levés de 1977. Cette remontée s'explique par la présence d'un dépôt de dragage dont on n'a pas tenté de préciser l'étendue.

Les épaves figurant sur la carte marine 6684 ont été systématiquement recherchées au sondeur latéral et au sondeur vertical. De plus lorsque les fonds le permettaient (c'est-à-dire par profondeur inférieure à 20 m du fait du manque de visibilité dû aux alluvions du Rhône) elles ont été investiguées par plongeurs.

Les recherches d'épaves ont donné les résultats suivants :

Épaves retrouvées

Numéro de fiche	Position NTF Lambert III	Brassage	Fonds environnants
18034 046	X = 808 630 Y = 119 131	6 m	9,5 m
18034 047	X = 810 870,1 Y = 118 950,4	31,1 m	39 m

Épaves inexistantes: celles correspondant aux fiches 18034 082, 18034 065, 18034 072, 18034 043.

Le fond malsain à 0,3 M au Nord de la digue St-Louis a été investigué. Rien de remarquable n'a été trouvé ni au sondeur latéral, ni lors d'investigations par plongeurs. La zone a été draguée selon les informations locales fournies par les Services du Port Autonome de Marseille (PAM).

La marée a été observée à Fos-sur-Mer, Port-de-Bouc, Toulon, Sète, Port Abri, Martigues (étang de Berre) et Marseille, ainsi qu'au moyen d'un marégraphe Suber SLS 13 immergé à la position CM 6684

$$\varphi = 43^{\circ} 21' 21'' N ; G = 004^{\circ} 57' 29'' E.$$

Le marégraphe Suber a été calé en hauteur le 16 octobre 1987 à 08 h 36 moment correspondant à des observations cohérentes de hauteur d'eau à Fos-sur-Mer, Port-de-Bouc et Marseille.

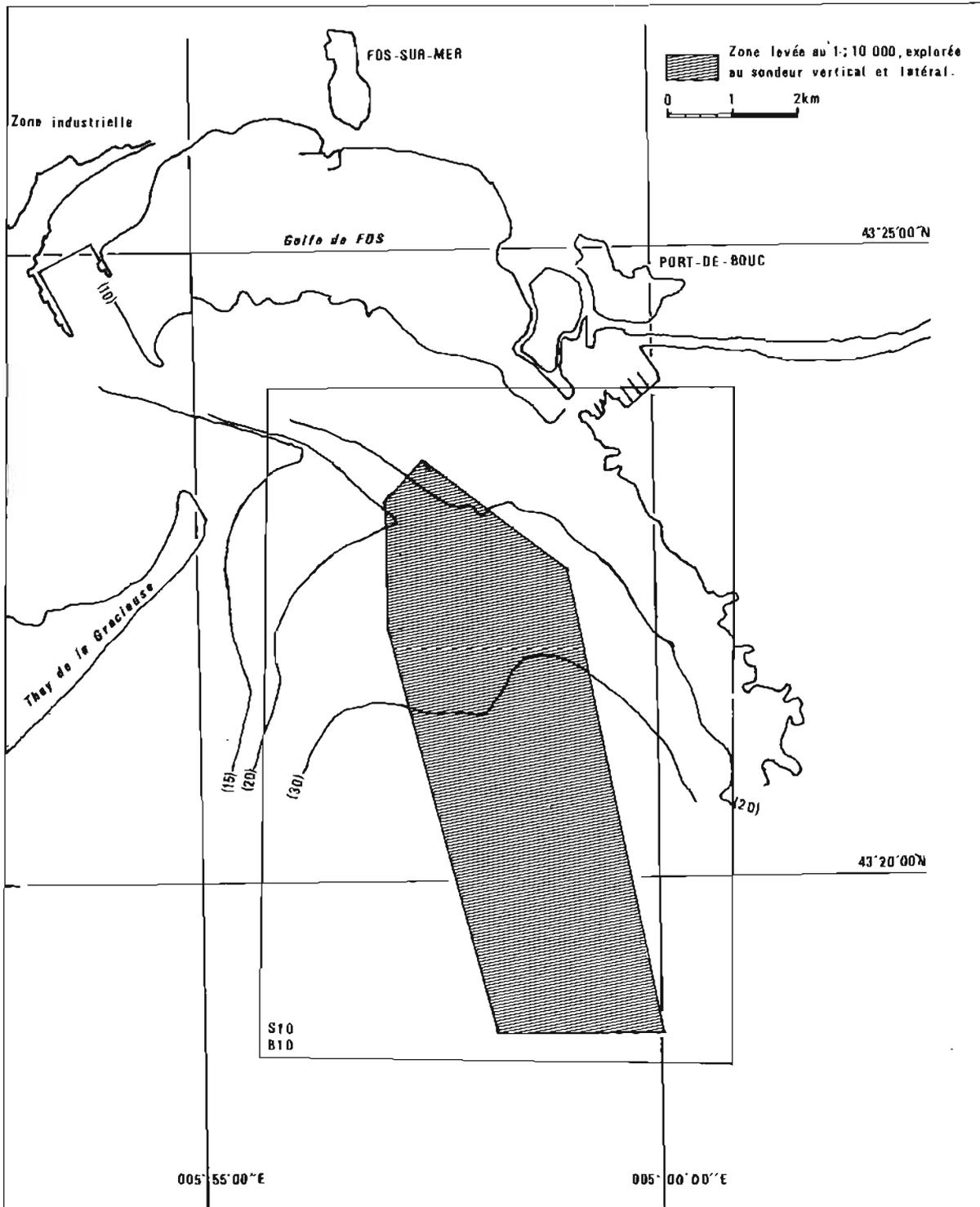
Pendant la durée de sondage (faible pression barométrique, vent d'Est, Sud-Est) les hauteurs d'eau indiquées par le marégraphe immergé ne s'écartant pas de plus de 5 cm de celles fournies par l'observatoire de Port-de-Bouc, il a été décidé de réduire les sondes de la marée observée à Port-de-Bouc. Le zéro de réduction des sondes a été adopté à 2,120 m au-dessous du repère NGF MB b³ C3 6a (voir planche 22).

L'étude développée au chapitre 12 montre que le niveau d'eau à Port-de-Bouc est dépendant des échanges entre le Golfe de Fos et l'étang de Berre. Cette même étude fait apparaître la nécessité de définir une zone de marée en Méditerranée dont Marseille serait le port de référence. Les concordances de hauteurs établies entre les observatoires du Golfe de Fos et celui de Sète ne sont pas satisfaisantes.

11.2.4. Travaux divers

Des mesures de courant d'une durée d'une semaine à l'immersion 7 m ont été réalisées à proximité de la bouée n° 20 du chenal (position NTF Lambert III X = 807 850, Y = 125 157). Les fiches de balisage flottant ont été systématiquement établies et un volumineux dossier de mise à jour des informations nautiques a été constitué.

Les éléments correspondant à la revue d'amers et de balisage fixe sont traités au paragraphe 15.

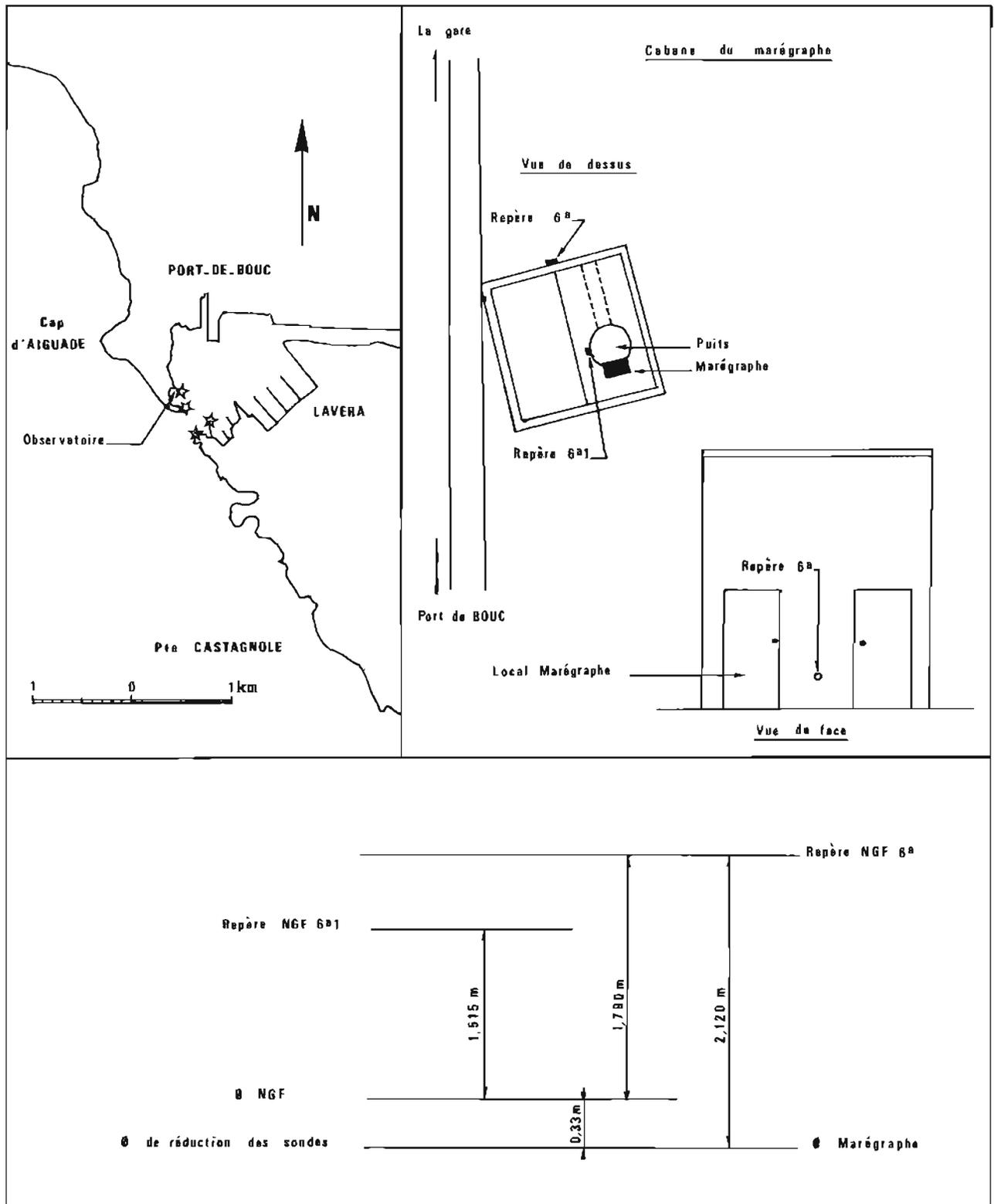


Pl. 21. Levé du chenal d'accès à Fos-sur-Mer : zones sondées et schéma des coupures

11.2.5. Documents rédigés

1 minute d'écriture (bathymétrie) B10¹
 1 minute d'écriture (sondeur latéral) S10¹
 1 carte renseignée : 6684

7 fiches d'épaves
 71 fiches de balisage flottant
 5 fiches géodésiques
 4 fiches d'observatoire de marée
 1 dossier de courant.



Pl. 22. Observatoire de marée de Port-de-Bouc

ANNEXE AU CHAPITRE 11.2
Récapitulatif des points géodésiques utilisés par le MOM

Nom de la station	Coordonnées Lambert III			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Vigie Fos-sur-Mer	806 760,0	127 661,4	48,0	T + O	5	18034-045
Phare de St-Gervais	810 789,47	128 729,35	50,1	T	5	
Vigie Port-de-Bouc	814 253,38	125 401,20	32,0	T + O	5	
Sémaphore Couronne	820 180,5	118 449,1	57,6	T	5	
Tour, église Fos-sur-Mer	811 152,90	129 878,45	38,2	O	2	

11.3. Contrôle du chenal d'accès au port de Sète

Le but du levé consistait à vérifier 7 sondes du sondage bathymétrique de 1984 (IPA Laporte *Annales Hydrographiques* 1986), correspondant à des échos douteux sur les enregistrements analogiques (voir planche 23).

Localisé par trois lieux Trident le BSR *Gazelle* réalisa ce levé du 14 au 16 octobre 1986. Seul un haut-fond réel, contrôlé par plongeurs a été déterminé à la position NTF Lambert III X = 709 475 Y = 121 725 (7,5 m). La marée a été observée à Sète pendant la durée du sondage. Le zéro de réduction

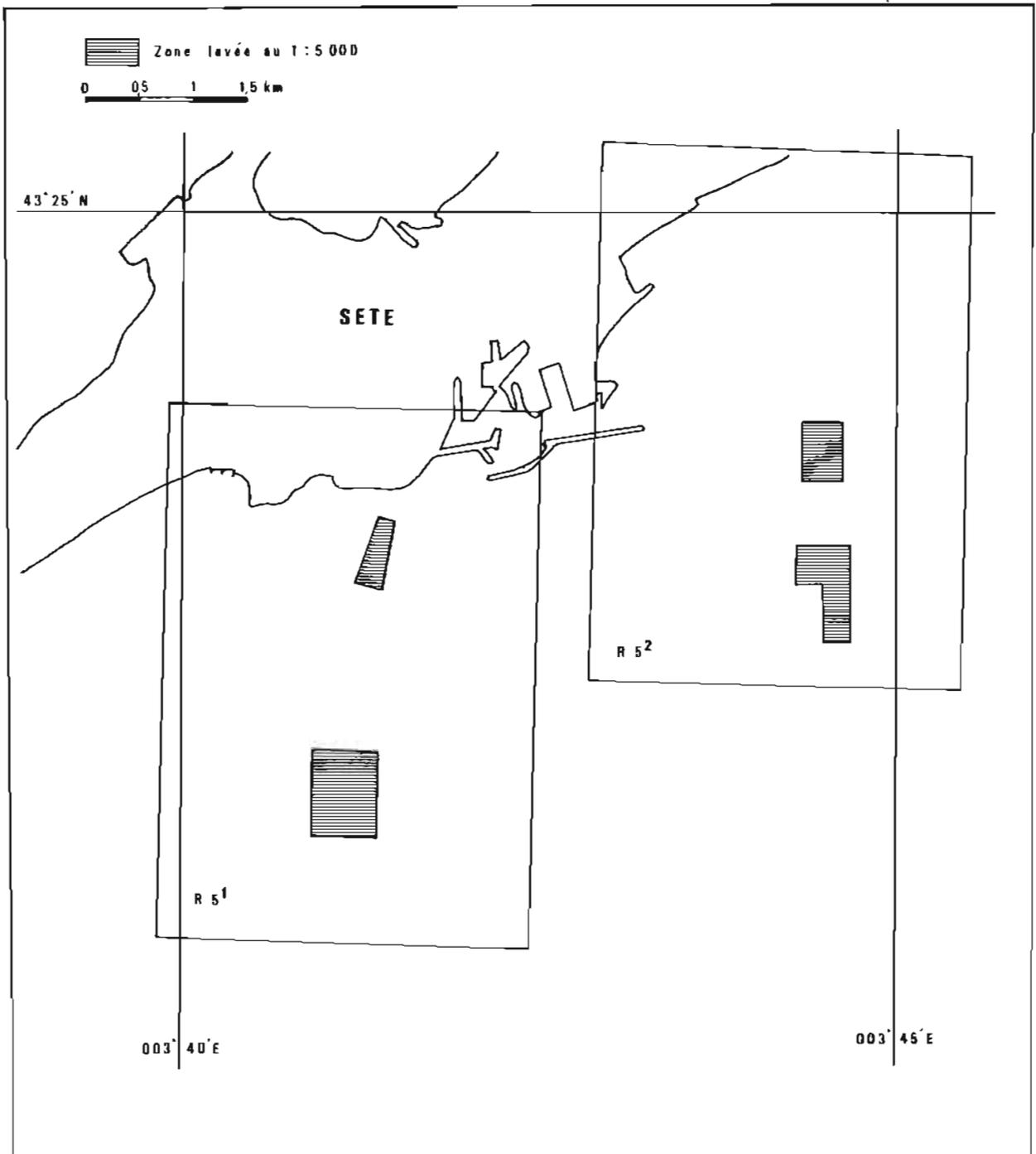
des sondes adopté est situé à 2,27 m au-dessous du repère fondamental NGF N° 14 scellé dans le sous-bassement du transformateur situé à l'angle des quais d'Alger et du Commandant Sanary (repère A de la planche 24). Une remontée des fonds dans la zone investiguée (par rapport aux levés de 1984), variant de 0,2 m à 0,7 m et confirmée par des sondages de la même époque du Service Maritime et de Navigation du Languedoc-Roussillon peut être expliquée par un déplacement des bancs de sable lors des tempêtes ainsi que par les dépôts dans cette zone des produits de dragage du port de Sète.

Documents rédigés

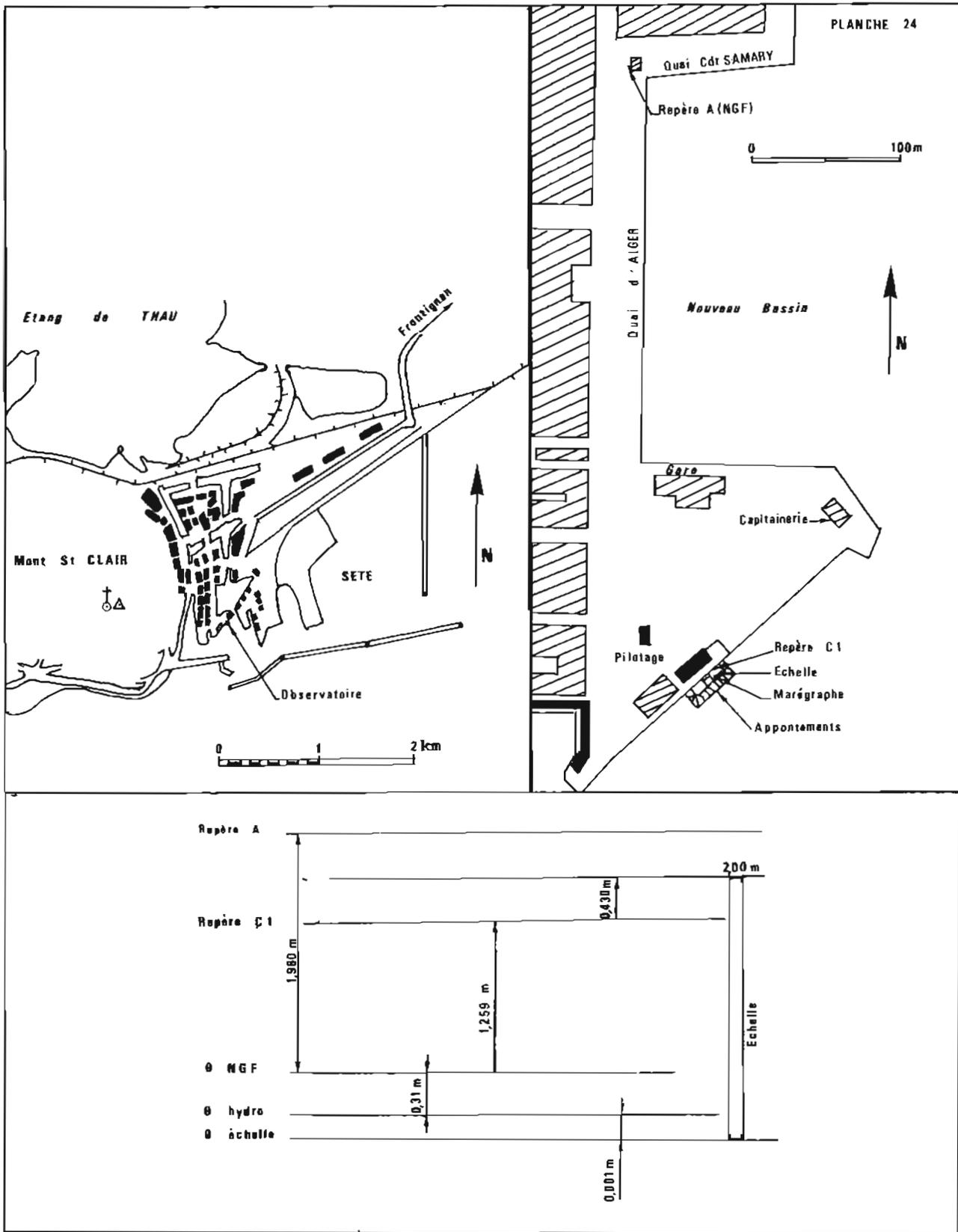
2 minutes d'écriture (recherche) R5' R5².

ANNEXE AU CHAPITRE 11.3
Récapitulatif des points géodésiques utilisés par le MOM

Nom de la station	Coordonnées Lambert III			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Agde, Mont St-Loup	694 645,4	111 607,3	126	T	1	18033-198
Sète, sémaphore	709 832,9	122 800,4	87	T	5	18033-081
	709 831,8	122 800,6	85	O	5	



Pl. 23. Levé des abords de Sète: zones sondées et schéma des coupures



Pl. 24. Observatoire de marée de Sète

11.4. Contrôle bathymétrique des abords des quais « Marine Nationale »

Plusieurs incidents s'étant produits lors des manœuvres d'accostage de bâtiments de la Marine Nationale à des quais qui lui sont réservés en priorité, il a été décidé de procéder à une exploration bathymétrique des abords de ces quais.

Les travaux ont été réalisés à l'échelle 1: 500 dans le courant du mois de septembre 1987 à Porquerolles, Giens (Tour Fondue), Le Lavandou, Saint-Tropez, Saint-Raphaël (voir planche 25). Les quais d'Ajaccio, de Bonifacio, de Port Avis (Île du Levant) ainsi que ceux de Toulon sont traités dans d'autres chapitres de ce rapport. On a pratiqué dans la majorité des cas, la méthode de la cordelle en utilisant l'embarcation Ceralu grée d'une base de sondeur hors-bord DESO 10.

Des mesures géodésiques ont permis de restituer les éléments de topographie. Des cotes au plomb de sonde ont été déterminées à l'aplomb des quais.

Par ailleurs une investigation par plongeurs a été effectuée le long de chaque quai sur une largeur de 5 mètres.

Les sondes ont été réduites de la marée déduite des observations fournies par les observatoires suivants :

— pour Porquerolles, Giens (Tour Fondue), Le Lavandou, Saint-Raphaël : l'observatoire de Toulon, où le zéro de réduction des sondes est situé à 3,907 mètres sous le repère fondamental IGN Mae 3-9 bis (voir planche 18);

— pour Saint-Tropez : l'observatoire situé dans le port de cette ville. Le zéro de réduction des sondes est situé à 2,975 m au-dessous du repère fondamental IGN Mae 3-21 (voir planche 14).

Les résultats de ces travaux font apparaître la nécessité de procéder périodiquement à des contrôles des quais et de leurs abords. Les levés hydrographiques exécutés au profit des organismes de gestion des ports civils ne sont que très rarement complétés de recherches de hauts-fonds ou de contrôles par plongeurs.

Deux minutes d'écriture de sonde à l'échelle 1: 500 ont été rédigées : BTO.5¹ – BTO.5².

11.5. Levés de plage

Des levés sommaires à l'échelle 1:1 000 de contrôle d'accès à certaines plages ont été réalisés à : Sainte-Maxime (La Nartelle), Cavalaire-sur-Mer (plages de Cavalaire et de la Bouillabaisse), au Nord Ouest de la Corse (Crovani, Lozari, Saint-Florent) (voir planche 25), au moyen d'une coralline localisée par trois relevements optiques et équipée d'une base hors-bord DESO 10. Toute remontée de fond a fait l'objet d'une recherche par plongeur. On a ainsi pu mettre en évidence :

Plage de la Nartelle : une bouche d'émissaire à la position (NTF Lambert III) X = 951 104 ; Y = 122 686 ; Z = 2,5 m

Plage de Saint-Florent : 2 plateaux rocheux (position NTF Lambert IV)

X = 570 861 Y = 267 120 Z = 1,3 m

X = 571 048 Y = 267 182 Z = 2,3 m

Plage de Crovani : 2 roches (position NTF Lambert IV)

X = 521 300 Y = 239 225 Z = 5,1 m

X = 521 308 Y = 239 253 Z = 5,7 m

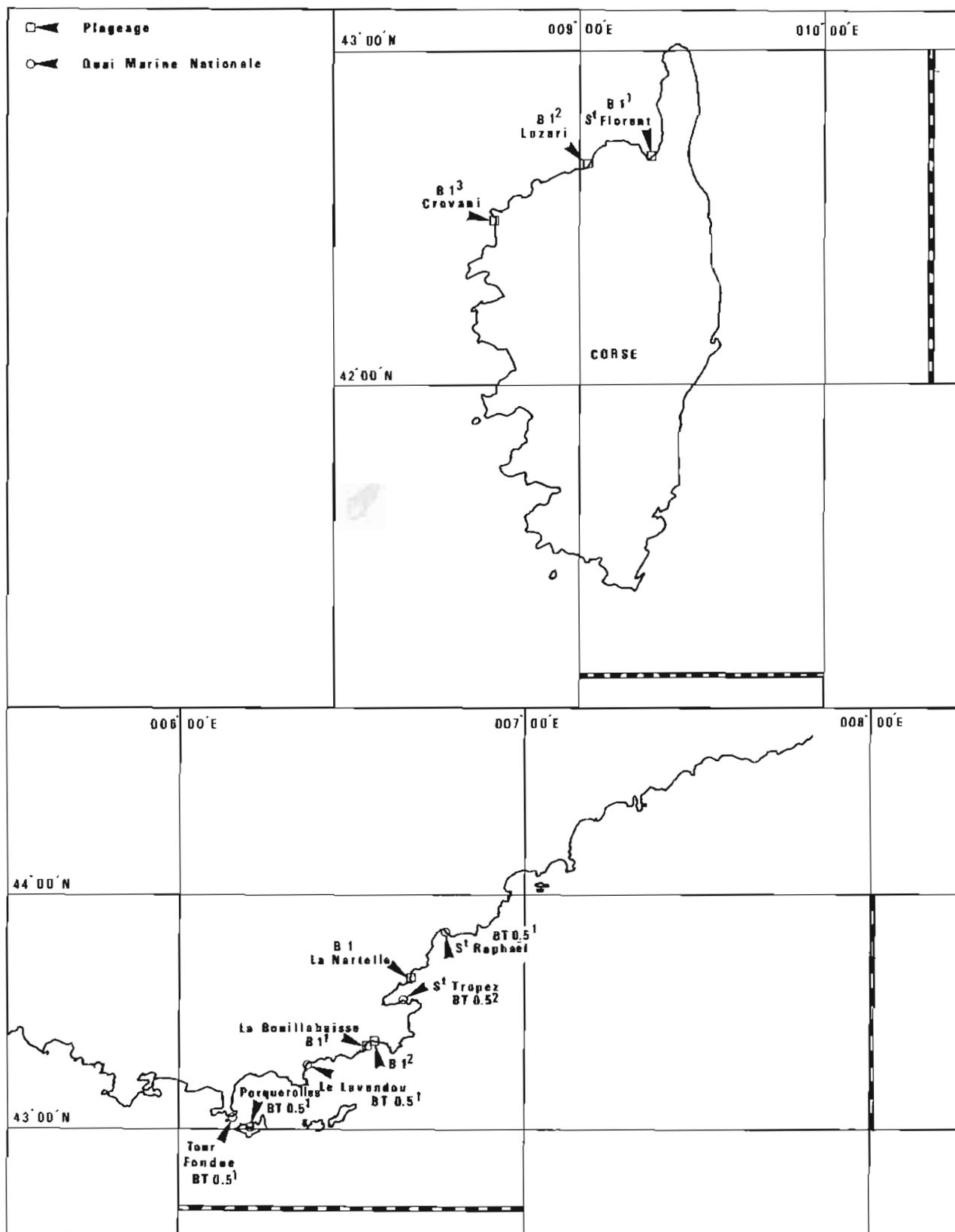
Documents rédigés :

6 minutes de bathymétrie

6 dossiers (amers, photographies...)

ANNEXE AU CHAPITRE 11.5 Récapitulatif des points géodésiques utilisés par le MOM

Nom de la station	Coordonnées Lambert III			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Plageage La Nartelle						
Ste-Maxime La Nartelle						
– Guilbourg	951 252,3	122 179,7	1	O	6	
– Guide central	950 954,5	122 567,71	2,5	O	6	
– Plage Pt central 1	950 927,7	122 563,1	1	O	6	
– Plage Pt central 2	950 911,9	122 560,3	1	O	6	
Plageage Corse (Lambert IV)						
St-Florent, plage Pt central	571 015,7	267 061,0	4	O	6	18029-143
île Rousse, Lozari, borne protection de la nature	547 071	259 985	3,5	O	6	18029-145
île Rousse, Lozari, pont	546 908	259 960	3,5	O	6	18029-144
Crovani, plage, point central	521 422	239 214	8,4	O	6	
Crovani, plage, station Père Noël	521 449	238 544	32,6	O	6	



Pl. 25. Levé des plages de Corse et des quais Marine Nationale en Provence

11.6. Levés de complément entre le Cap Cabuel et le Cap d'Antibes

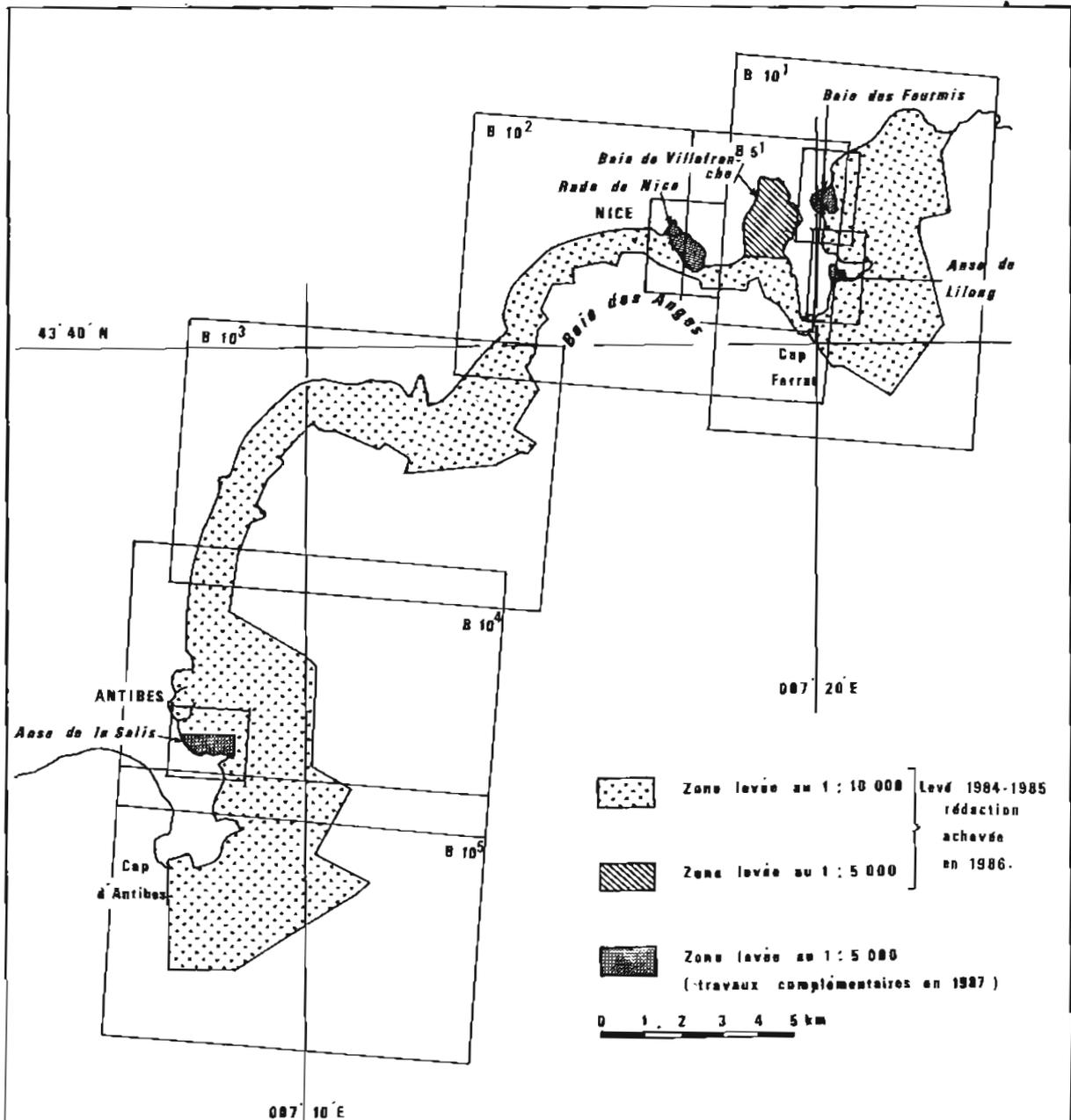
La rédaction des levés à l'échelle 1:10 000 du Cap Cabuel au Cap d'Antibes (voir planche 26 et chapitre 10 du rapport de mission de l'IPA Laporte publié aux *Annales Hydrographiques* de 1986) n'a pu être achevée qu'à la fin de l'année 1986.

Des compléments de sondage ont dû être réalisés afin de préciser les accès au port de Nice, au port de la Salis (Antibes) ainsi que les abords du Cap Fer-

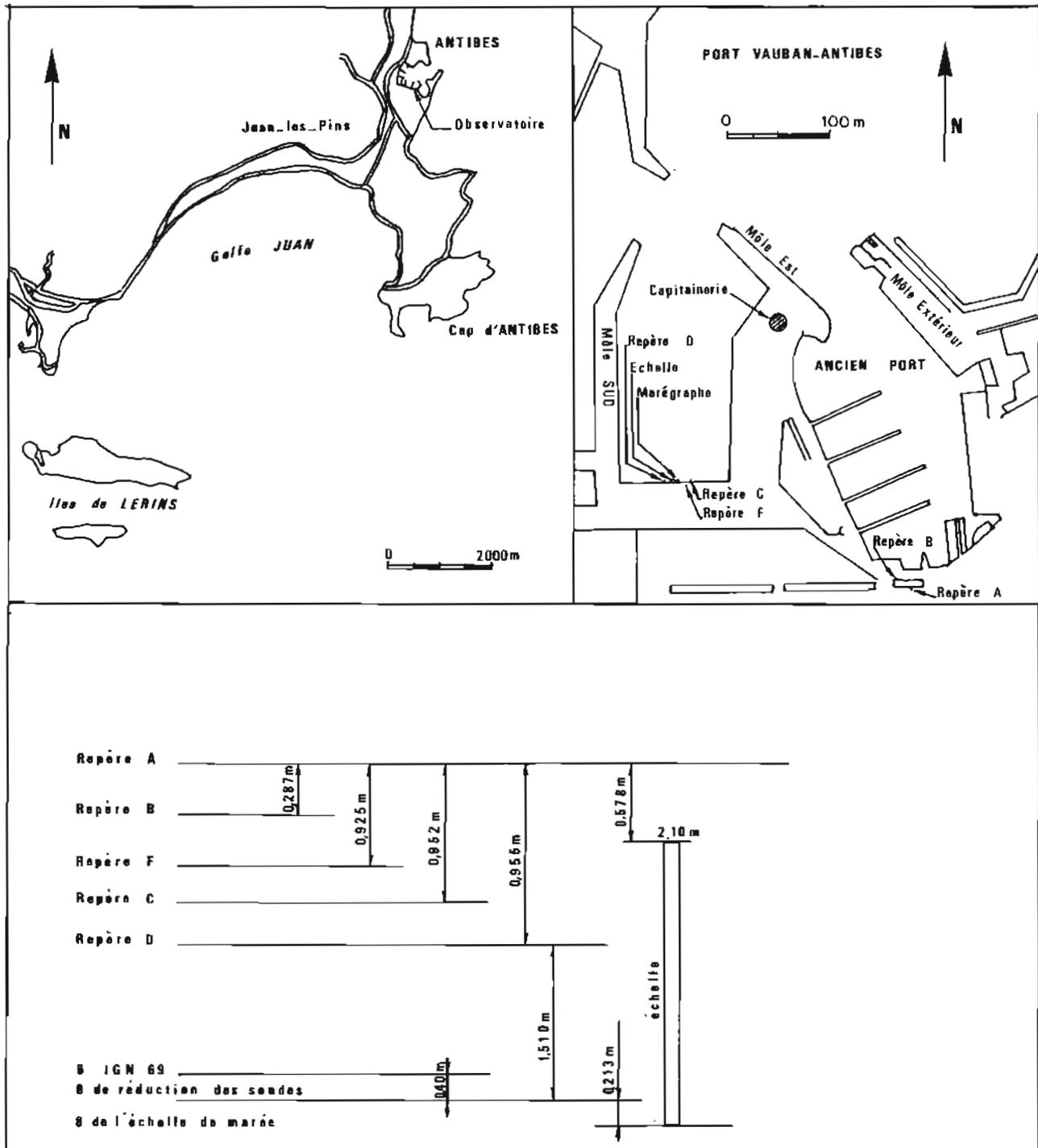
rat. Ces travaux ont été effectués à l'échelle 1: 5 000 en utilisant une coralline équipée d'une base hors-bord DESO 10 et localisée par trois lieux (cercles Trident et relèvements optiques). L'accès au port de Nice a été contrôlé au moyen du sondeur latéral Edgerton.

La roche cotée en 1984 à 4,5 m à la position (NTF Lambert III) X = 987 438 ; Y = 152 658 correspondait à un faux écho. Une recherche par plongeur a permis de lui attribuer la cote 6,0 m.

Toutes les sondes ont été réduites de la marée observée à Nice (un observatoire de marée de



Pl. 26. Levé du Cap d'Antibes au Cap Cabuel: zones sondées et schéma des coupures

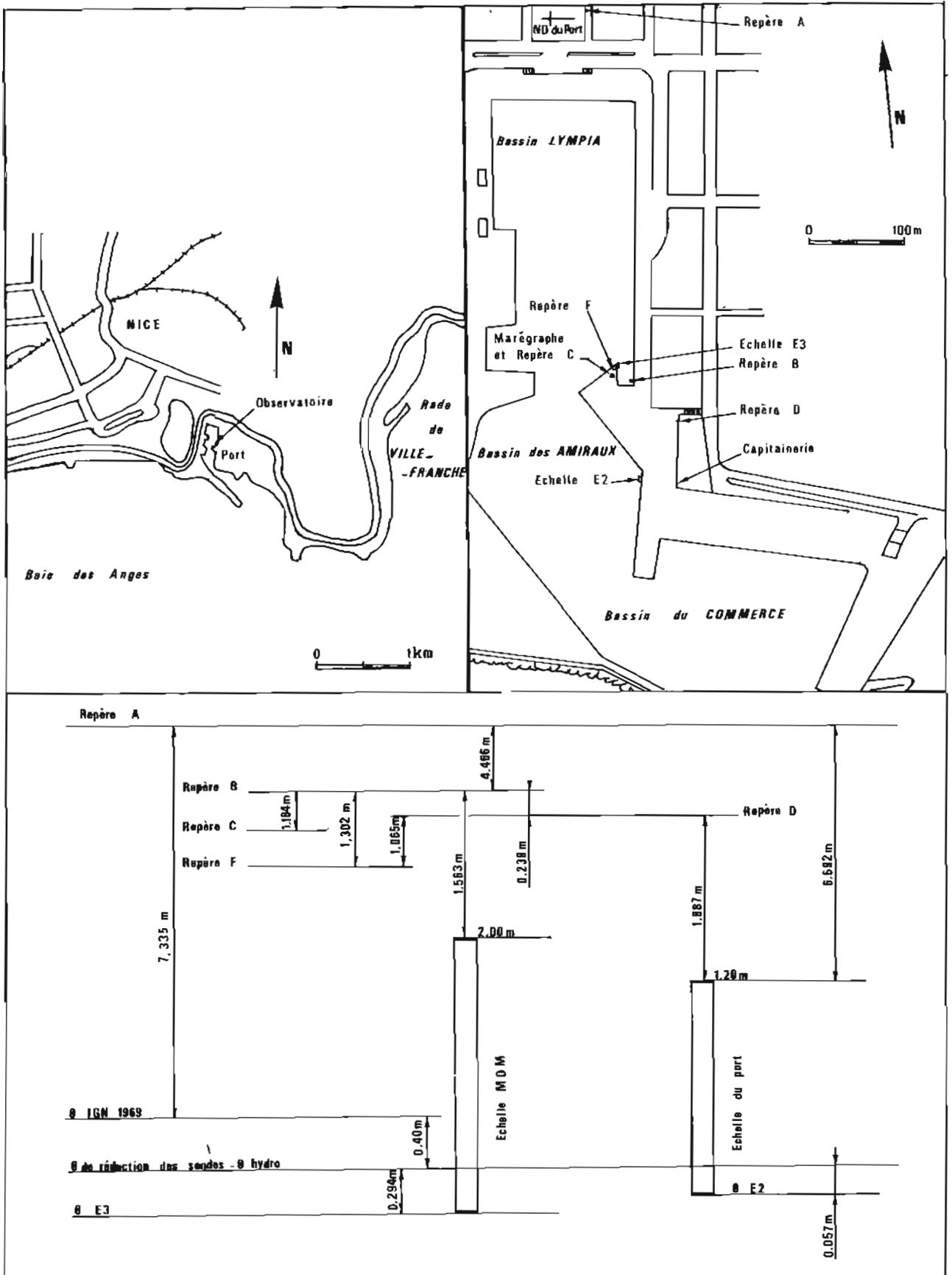


Pl. 27. Observatoire de marée d'Antibes

contrôle avait été mis en place à Antibes (voir planche 27). Le zéro de réduction adopté est situé à 7,735 m au-dessous du repère IGN Maé 3K30b de l'église Notre-Dame du Port (Nice) (repère A de la planche 28). Des minutes de topographie à l'échelle 1: 5 000 ont été établies pour l'ensemble de la zone hydrographiée. Elles proviennent d'une exploitation au stéréoflex SOM des couvertures aériennes de l'IGN:70 3643 3743/125, F 81 145 3374 C, IFN 83 06 170P, F 85 145 9261 C.

Documents rédigés :

- 1 minute d'écriture (bathymétrie) B5
- 1 minute d'écriture (recherche) R5
- 1 minute de topographie T5
- 3 cartes renseignées : 5122, 5176, 4708
- 15 fiches géodésiques
- 23 fiches d'amers
- 22 fiches de balisage flottant.



Pl. 28. Observatoire de marée de Nice

ANNEXE AU CHAPITRE 11.6
Récapitulatif des points géodésiques utilisés par le MOM

Nom de la station	Coordonnées Lambert			Type O : Optique T : Trident	Ordre	N° Marsden
	X	Y	Z (m)			
Cap Ferrat, phare	1 002 147,68	164 991,72	72,0	O	5	18037-075
Cap Ferrat, sémaphore	1 002 130,47	165 806,83	151,0	T	4	18037-138
Villefranche-sur-Mer, parking des restanques	1 000 774,7	168 431,0	75,0	T	6	18037-143
Villefranche-sur-Mer, restanques	1 000 773,7	168 431,4	75,0	O	6	
Cap d'Ail, station le bois joli	1 007 492,9	170 418,8	77,0	T	6	18037-136
La Garoupe	987 279,78	151 793,84	91,0	T		
Nice, station réservoir						
St-Pierre de Féric	995 327,1	168 400,0	206,0	T	5	18037-141
Èze-sur-Mer, Cap Roux, hôtel	1 003 855,4	170 033,8	38,0	T	6	18037-133
Beaulieu-sur-Mer, station Gordon Bénét	1 002 715,3	169 293,4	53,0	T	6	18037-130
Beaulieu-sur-Mer, station 3	1 001 502,0	166 687,9	1,0	O		
Cap Ferrat, station Fossettes	1 003 259,9	165 988,4	2,0	O	6	18037-139
Beaulieu-sur-Mer, station du port	1 002 686,8	168 493,9	12,0	O	6	18037-132
Èze-sur-Mer, station Silva Maris	1 003 865,4	169 739,6	3,0	O	6	18037-134
Villeneuve Loubet, Texas Instrument	985 843,8	160 830,9	117,0	T	5	18037-140
Beaulieu-sur-Mer, station baie des fourmis	1 002 357,7	168 141,9		O	6	18037-131
Èze-sur-Mer, station Isolella	1 005 001,4	170 281,3	2,5	O	6	18037-135
Cap d'Ail, station pointe des douaniers	1 008 207,0	170 218,0	7,5	O	5	18037-137
Cap Cabuel, station Cap Estel	1 005 663,1	169 963,9	7,0	O	5	18037-142
Antibes, station guide	986 917,7	153 798,6	2,8	O	5	
	986 915,9	153 802,1	2,8	T	5	
Antibes, station guide ex	986 914,5	153 792,5	2,8	O	5	
Antibes, station 9 bis	987 804,8	152 336,1	8,5	O	5	
Antibes, station 10	987 792,3	152 305,9	8,9	O	5	
Antibes, station 1	986 629,9	152 880,9	1,7	O	5	
Antibes, station 3	986 834,9	152 567,4	2,3	O	5	
Nice, port, station feu rouge excentrée	998 946,7	166 508,2	4,9	O	5	
Nice, feu vert	999 018,0	166 606,5	5,0	T	5	
Nice, station 2	999 376,1	166 469,8	8,1	O	5	
Nice, station 3	999 388,4	166 184,9	6,1	O	5	
Nice, station 1	999 021,0	166 608,3	3,5	O	5	
Beaulieu, station 2	1 002 494,8	168 111,2	2,1	O	5	
Beaulieu, station 3	1 002 278,5	167 823,9	2,1	O	5	
Beaulieu, station 4	1 002 523,3	167 414,5	1,6	O	5	
Cap Ferrat, pointe du Colombier, station	1 003 230,6	166 030,6	1,6	O	5	
Cap Ferrat, station 1	1 002 726,1	165 979,9	5,4	O	5	
Cap Ferrat, station 3	1 002 948,8	166 069,7	0,5	O	5	
Cap Ferrat, station 4	1 002 793,3	165 560,5	6,9	O + T	5	

12. ANALYSE DES HAUTEURS D'EAU DANS LE GOLFE DE FOS

Comme cela a été signalé au paragraphe 11.2.3. lors du levé de la zone d'accès au chenal de Fos-sur-Mer, la prise en compte des hauteurs d'eau de l'observatoire de marée de Port de Bouc pour la réduction des sondages n'est pas apparue relever d'un choix très judicieux. En effet les concordances en hauteur établies avec les observatoires de Fos-sur-Mer et de Sète (port de référence) montraient des incohérences de plusieurs décimètres.

Il a été décidé d'étudier pendant la période s'étendant du 20 août 1987 au 29 février 1988 les différences de hauteurs d'eau entre les observatoires de Sète, Fos-sur-Mer, Port Abri, Martigues (étang de Berre), Marseille, Port de Bouc, Toulon. Les paramètres météorologiques pour la même période fournis par le sémaphore du Cap Couronne ont été introduits en fichier. Les zéros de réduction des sondes de Fos-sur-Mer, Port Abri, Martigues, Marseille ont été choisis au même niveau par rapport au zéro NGF que celui de Port de Bouc. (0,33 m au-dessous du zéro NGF). Rappelons que ceux de Sète et de Toulon se situent respectivement à 0,31 m et 0,34 m au-dessous du zéro NGF.

Les figures 29-1 et 29-2 montrent la situation des différents observatoires. Leur description détaillée apparaît sur les planches 32 à 35. Sur la figure 29-3 apparaissent les situations de vents rencontrées pendant la période d'observation (prédominance du mistral et des vents d'Est-Sud-Est).

Les différents calculs de concordance en hauteur montrent :

- une identité des niveaux d'eau entre Port Abri et Fos-sur-Mer (figure 30-1)
- une élévation du niveau de Port de Bouc par rapport à celui de Fos-sur-Mer et de Marseille d'au-

tant plus importante que le niveau de Fos-sur-Mer est faible (basses mers, mistral, forte pression barométrique) (figures 30-2 et 30-3)

- une bonne concordance en hauteur entre Fos-sur-Mer et Marseille (figure 30-4)

- une corrélation entre les écarts observés entre Port de Bouc et Fos et ceux établis entre Martigues (étang de Berre) et Fos (figure 31-3).

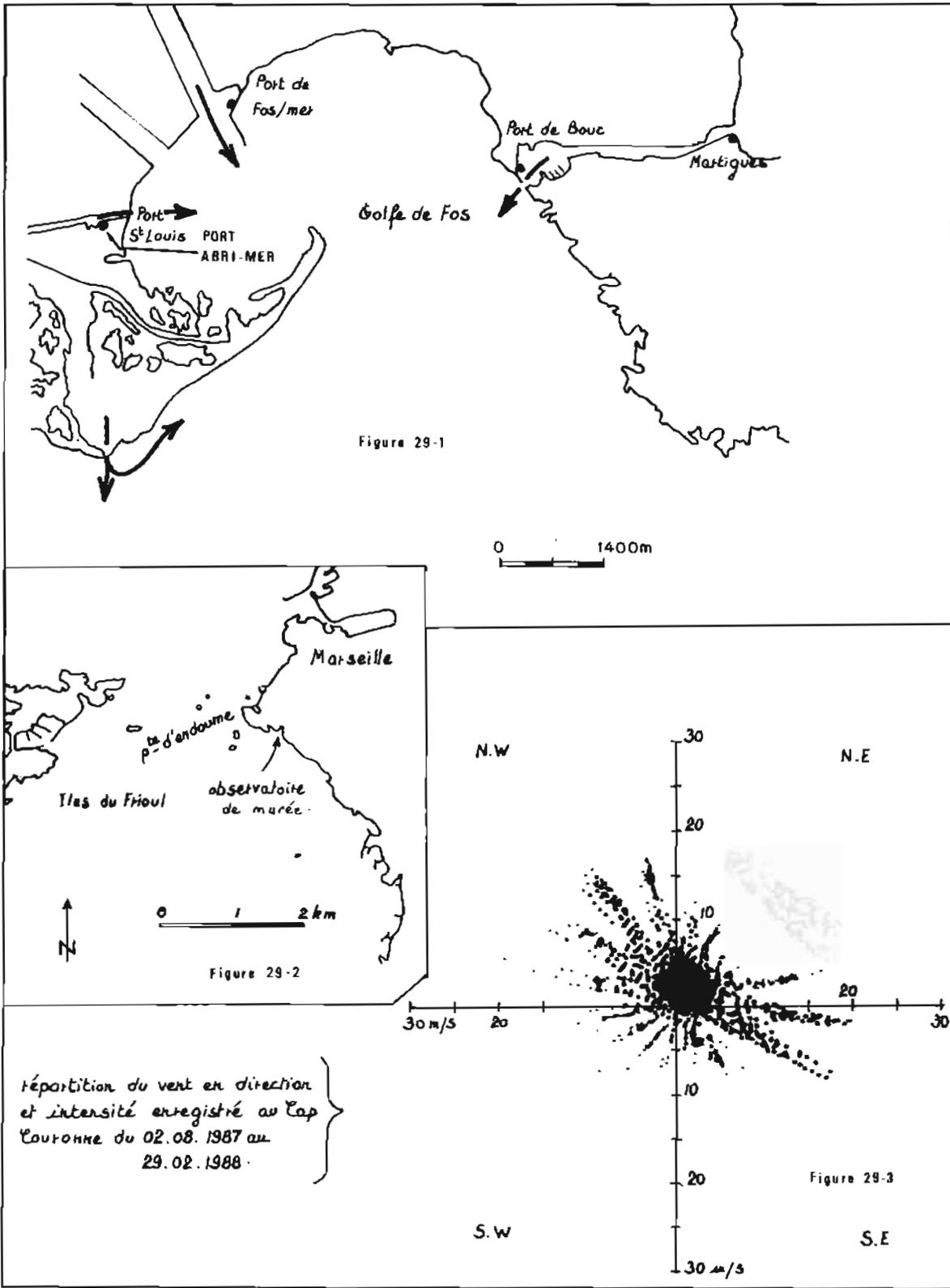
Le niveau d'eau à Port de Bouc semble donc être affecté par les échanges entre le Golfe de Fos-sur-Mer et l'étang de Berre.

L'analyse des différences de hauteurs d'eau entre Marseille et Fos-sur-Mer (figures 31-1 et 31-2) fait apparaître par temps de mistral une tendance à un abaissement du niveau du Golfe de Fos supérieur à celui enregistré à Marseille et par vent d'Est à Sud-Est une élévation du niveau du golfe supérieur à celui de Marseille. Le niveau d'eau à Fos-sur-Mer est le plus souvent au-dessous de celui enregistré à Sète. Une analyse de cet écart en fonction des situations météorologiques ne donne aucune explication probante.

On peut se demander si les hauteurs d'eau observées dans le port de Sète ne sont pas perturbées par des échanges avec l'étang de Thau.

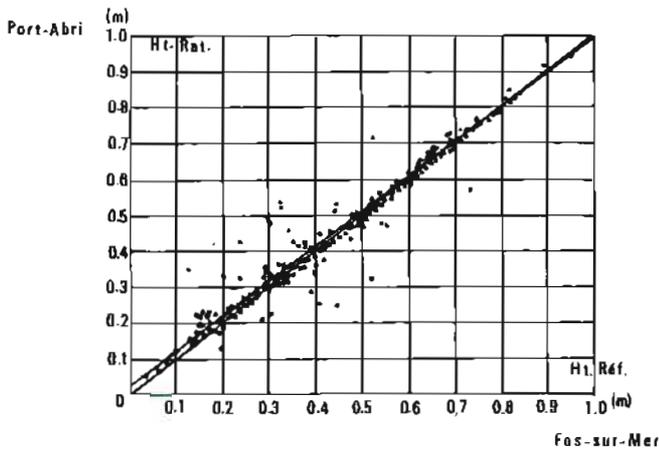
CONCLUSIONS

L'utilisation de l'observatoire de Port de Bouc affecté par les échanges entre le Golfe de Fos et l'étang de Berre n'est pas à conseiller pour la réduction des sondages. Marseille semble devoir être choisi comme port de référence (de préférence à Sète) entre le Petit Rhône et La Ciotat.



Pl. 29. Situation des observatoires de marée dans le Golfe de Fos-sur-Mer

Entre les ports de FOS-SUR-MER(digue)et PORT-ABRI-MER

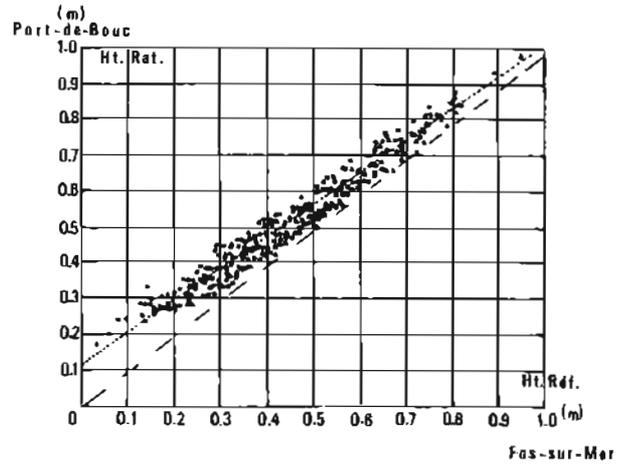


Droite de régression : (599 points)

Pente : .97
Ordonnée à l'origine : .029
Ecart type : .023

Figure 30-1

Entre les ports de FOS-SUR-MER(digue) et PORT-DE-BOUC.

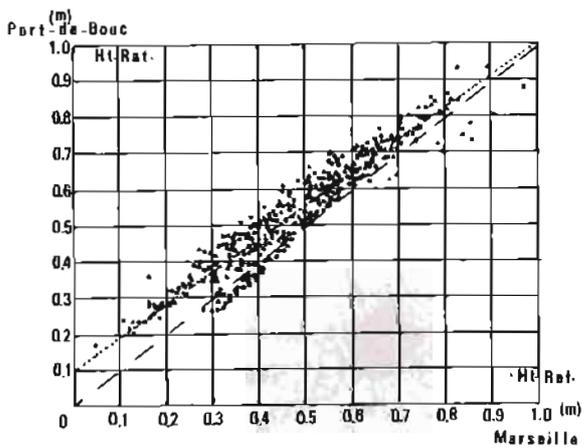


Droite de régression : (635 points)

Pente : .89
Ordonnée à l'origine : .118
Ecart type : .021

Figure 30-2

Entre les ports de MARSEILLE et PORT-DE-BOUC.

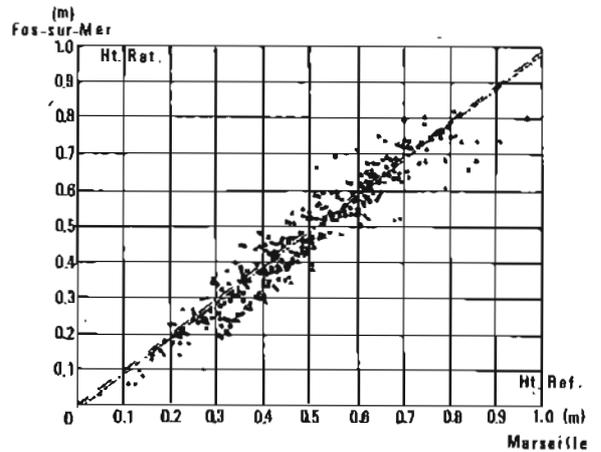


Droite de régression : (701 points)

Pente : .9
Ordonnée à l'origine : .102
Ecart type : .034

Figure 30-3

Entre les Ports de MARSEILLE et FOS-SUR-MER(digue).

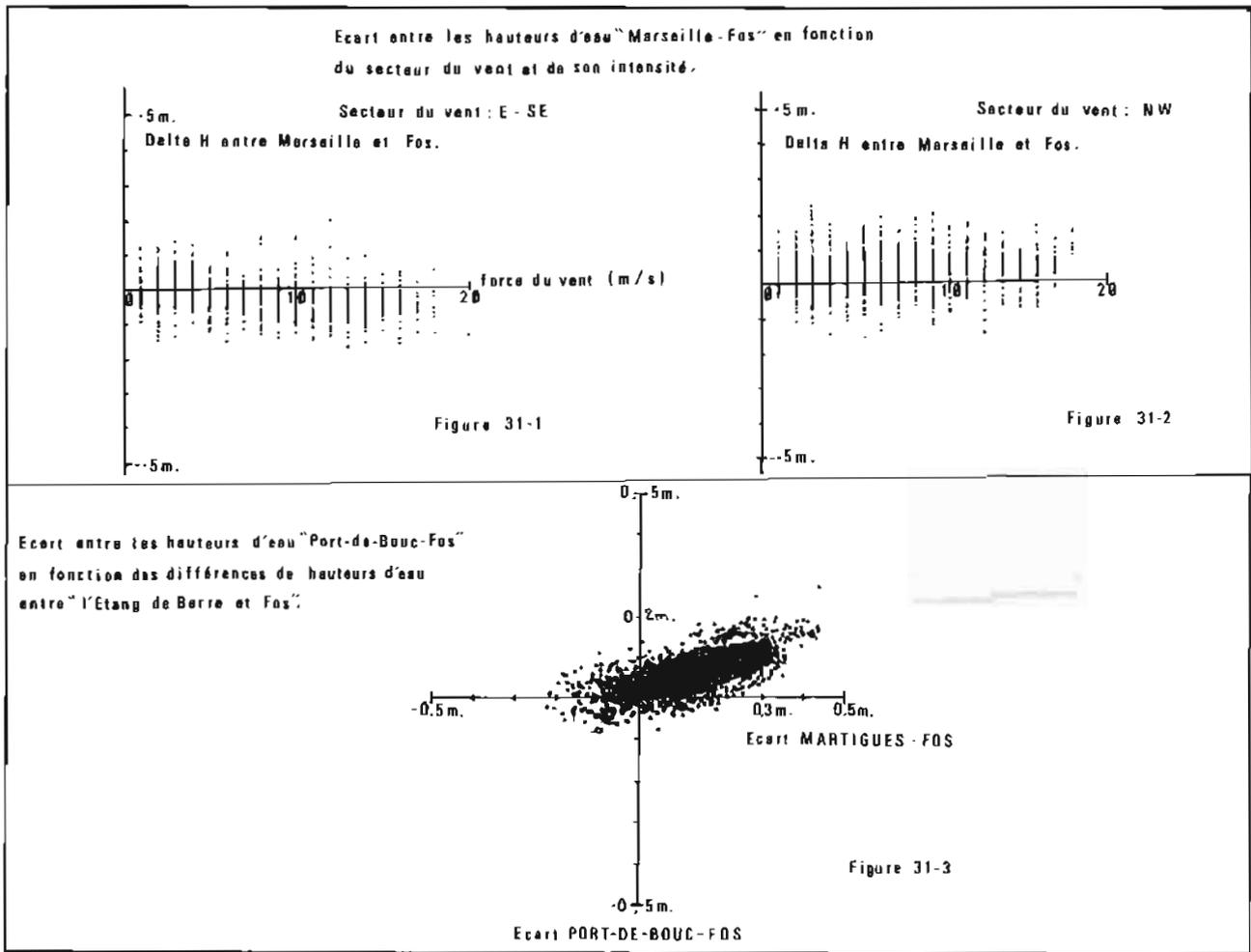


Droite de régression : (640 points)

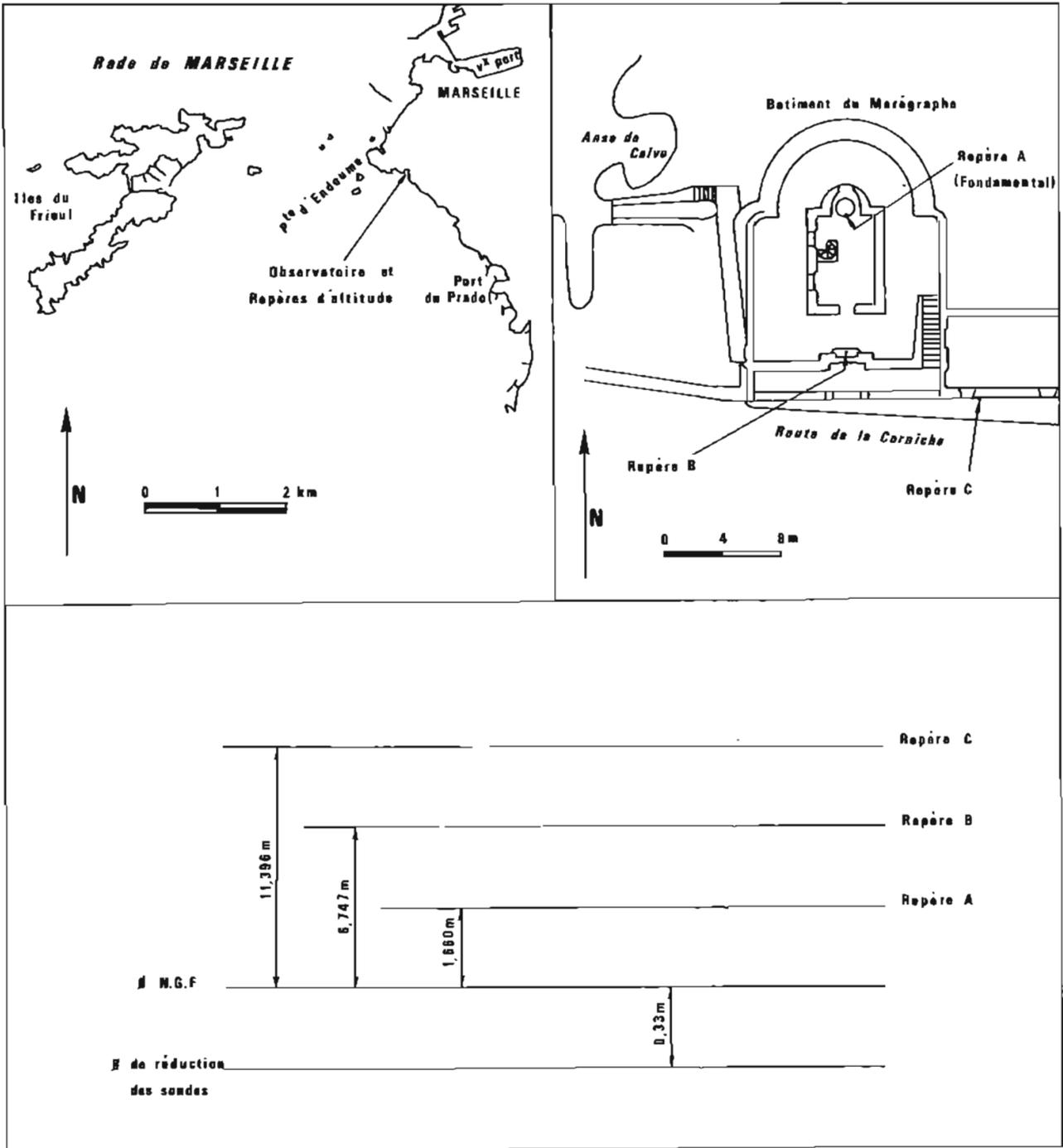
Pente : 1
Ordonnée à l'origine : .016
Ecart type : .032

Figure 30-4

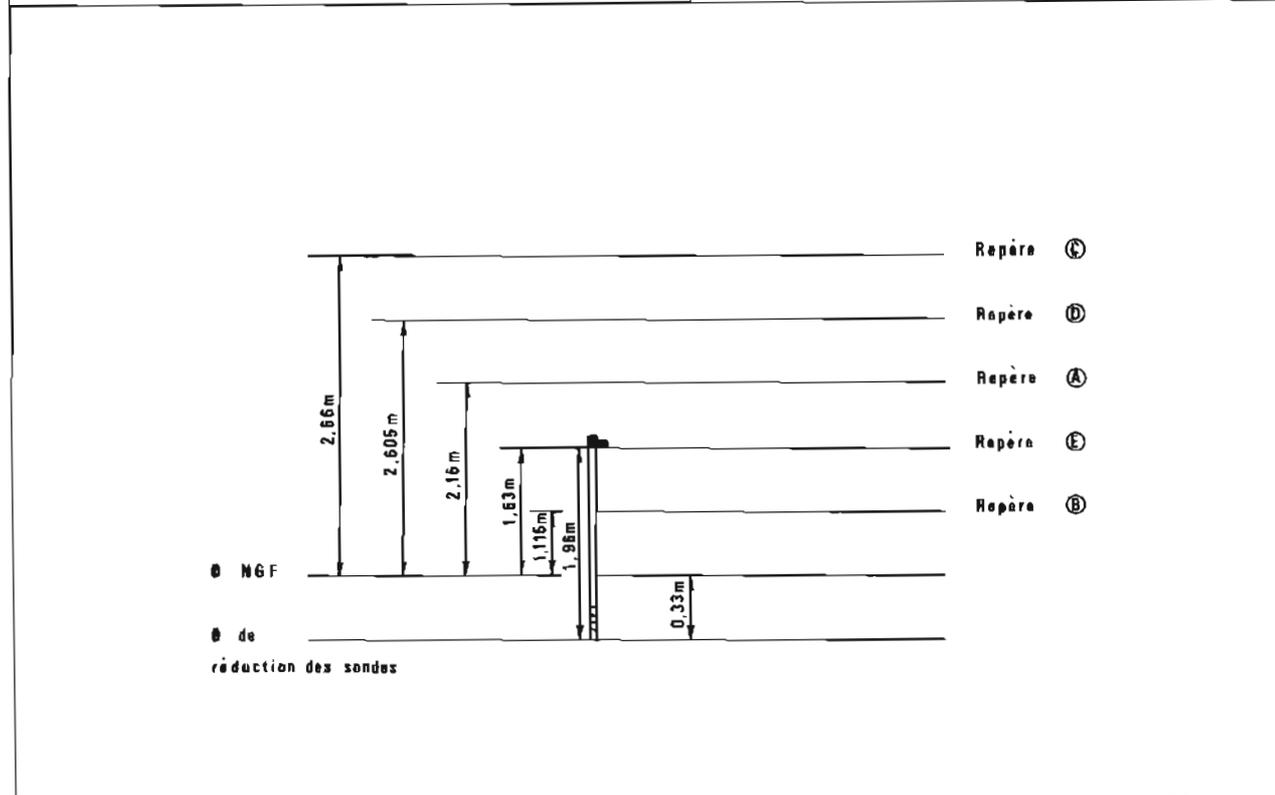
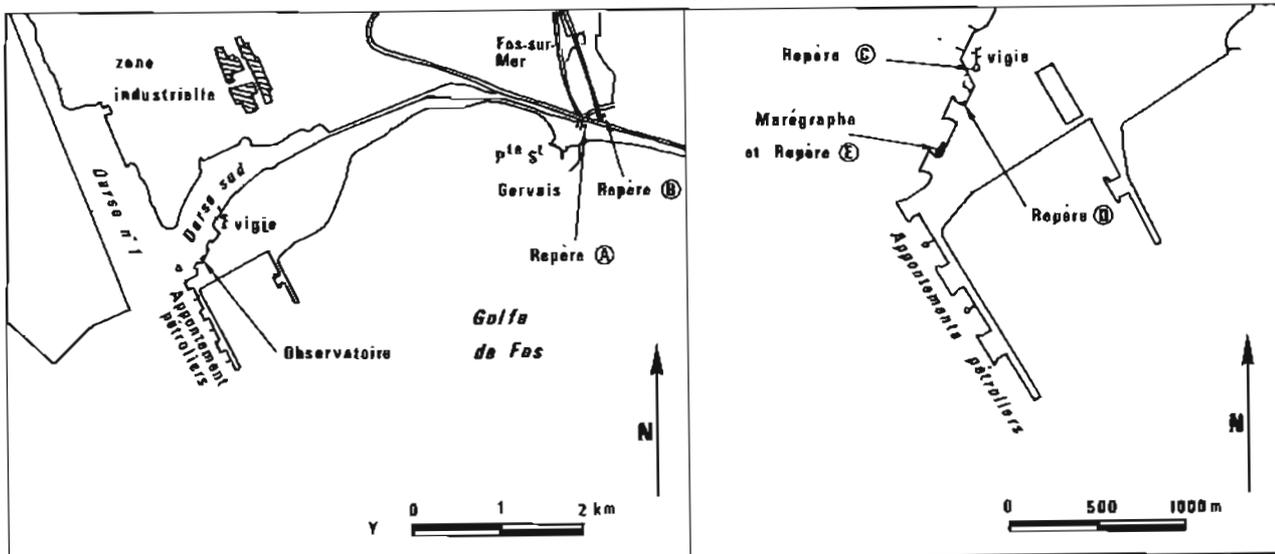
Pl. 30. Concordance en hauteur - Période du 2 août 1987 au 29 février 1988



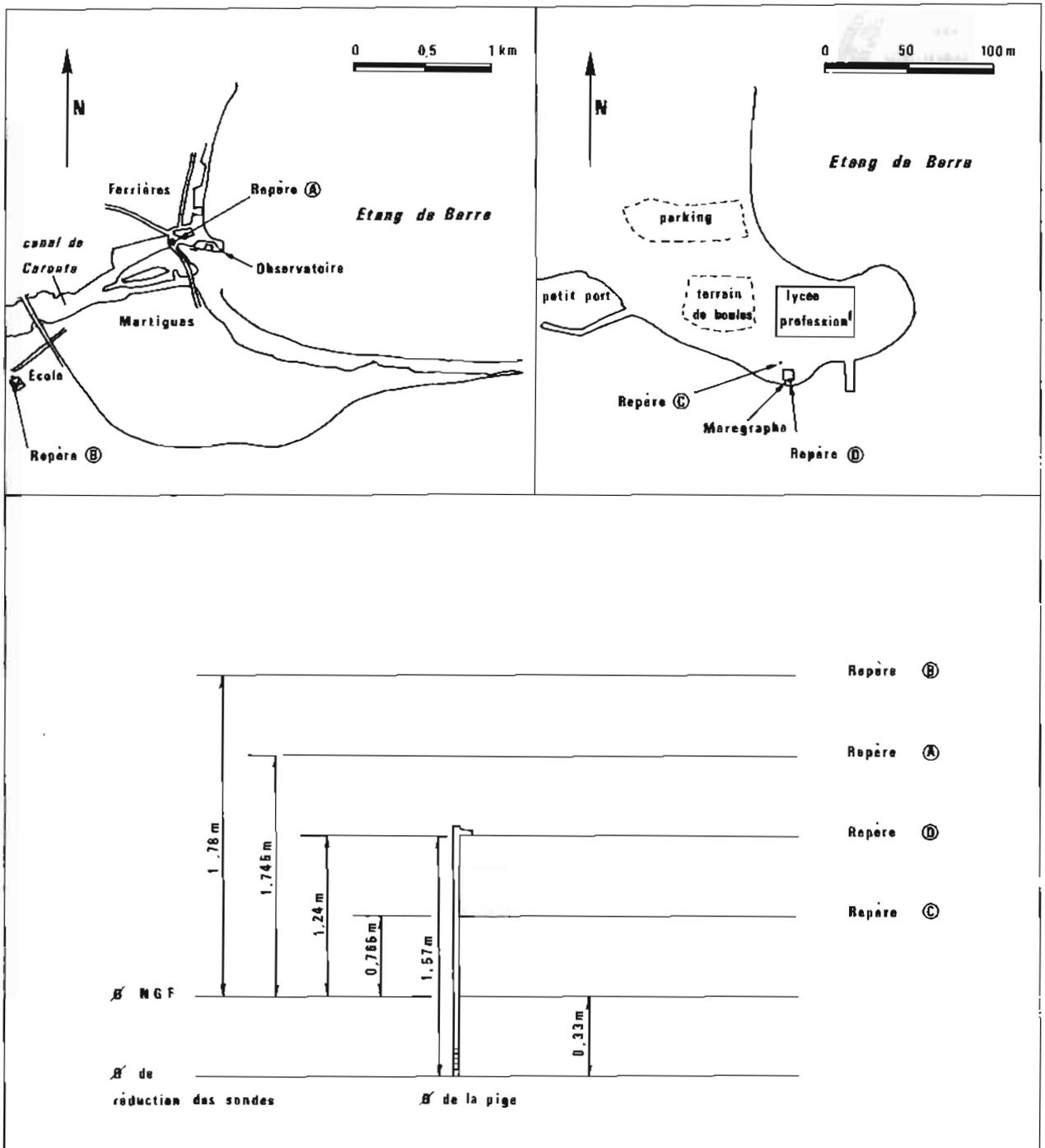
Pl. 31. Écart entre les hauteurs d'eau observées à Marseille, Fos-sur-Mer et Port-de-Bouc



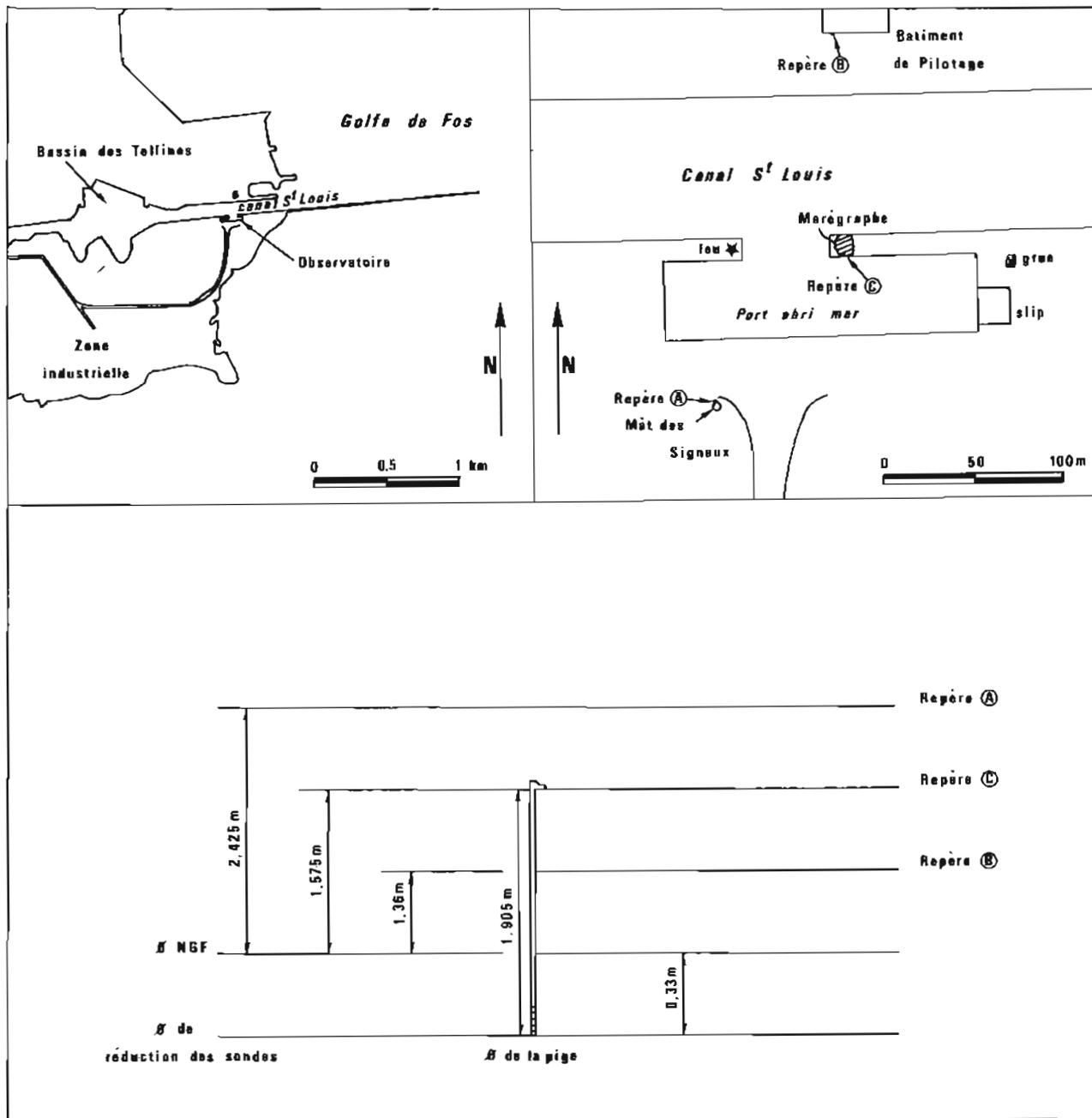
Pl. 32. Observations de marée de Marseille



Pl. 33. Observatoire de marée de Fos-sur-Mer



Pl. 34. Observatoire de marée de Martigues



Pl. 35. Observatoire de marée de port-Abri-Mer (Port-Saint-Louis-du-Rhône)

13. ÉVALUATION DES RÉSEAUX SYLÉDIS DE MARSEILLE ET DE TOULON

13.1. Généralités (voir planche n° 36)

Comme le soulignait l'IPA Laporte dans son rapport de mission (*Annales Hydrographiques* 1986) des doutes subsistaient de la part des utilisateurs quant à la qualité des réseaux Sylédis de Toulon et de Marseille en 1985. Des mesures en base courte à terre complétées par des franchissements de lignes de bases et de lignes d'ombres réalisées par le BSR *Gazelle* (les 2 et 3 novembre 1985 dans la région de Toulon, les 16 et 17 novembre 1985 dans la région de Marseille) ont mis en évidence des corrections de retard des balises de valeur proche de 10 mètres pour certaines. Les corrections ont été reprises électroniquement sur chacun des sites. Si le réseau de Marseille lors de ces expérimentations s'est avéré de bonne qualité, il fallut se rendre à l'évidence qu'aux abords de Toulon les phénomènes de masquage dus au relief rendaient délicat le positionnement (principalement en mode hyperbolique) dans un grand nombre de baies.

Il a alors été décidé d'installer de nouvelles balises au Cap Sicié, au Fort de Six-Fours, au sémaphore du Bec de l'Aigle ainsi qu'au Cap Cavalaire.

Les autres suggestions faites par la MOM à l'époque :

- de trouver un meilleur site que St Antoine sur le Mont Faron;
- de préférer le Cap Lardier au Cap Cavalaire;
- d'installer une balise dans l'arrière pays à l'Ouest de Toulon

n'ont pas été retenues parcequ'elles impliquaient des difficultés de gardiennage.

Une campagne d'évaluation du nouveau réseau de Toulon, programmée dans le but de prononcer la recette définitive du matériel a été réalisée par la MOM en avril 1988. Les principes de fonctionnement du système Sylédis, les méthodes d'évaluation déjà largement développées par l'IPA Guyon (voir *Annales Hydrographiques* de 1984) ne seront pas reprises dans ce rapport.

Les objectifs de l'évaluation étaient les suivants :

- détermination à terre et en mer des retards des balises;
- analyse de la précision des distances Sylédis fournies par les différents récepteurs;
- étude de la qualité de la localisation en mode hyperbolique;
- contrôle de la portée du système.

L'évaluation à la mer a été réalisée en utilisant le Remorqueur d'Intervention (RI) *Mérou* à bord duquel avaient été installés deux récepteurs SR3 dont l'un était équipé d'une balise d'émission permettant

le fonctionnement en mode circulaire. Les deux récepteurs SR3 ainsi qu'un interrogateur Trident étaient connectés par l'intermédiaire d'un réseau « hydroboucle » au système informatique « HYTRAI » du SHOM (cadence d'acquisition des mesures de l'ordre de 2").

Un essai complémentaire à Toulon (petite rade, grande passe, rade des Vignettes) a eu lieu au mois de juin afin de préciser les limites d'utilisation de la localisation Sylédis aux abords ainsi qu'à l'intérieur du port militaire.

13.2. Évaluation des retards des balises

Les retards des balises ont été déterminés uniquement en mode circulaire :

— d'une part par des mesures de distances en dix points terrestres géodésiques connus, les mieux dégagés possible du relief et de la végétation;

— d'autre part par franchissements de 35 lignes d'ombre et de lignes de base.

Les résultats obtenus par l'une ou l'autre des méthodes sont cohérents à mieux qu'un mètre près. On a ainsi pu adopter les valeurs de correction de retard suivantes (en mètres) : Bénat : -0,7; Bec de l'Aigle : -2,3; Cavalaire : -3,2; Cépet : -0,4; Porquerolles : -0,8; Sicié : 0; St-Antoine : 0; Six-Fours : +1,5; Titan : -3,5.

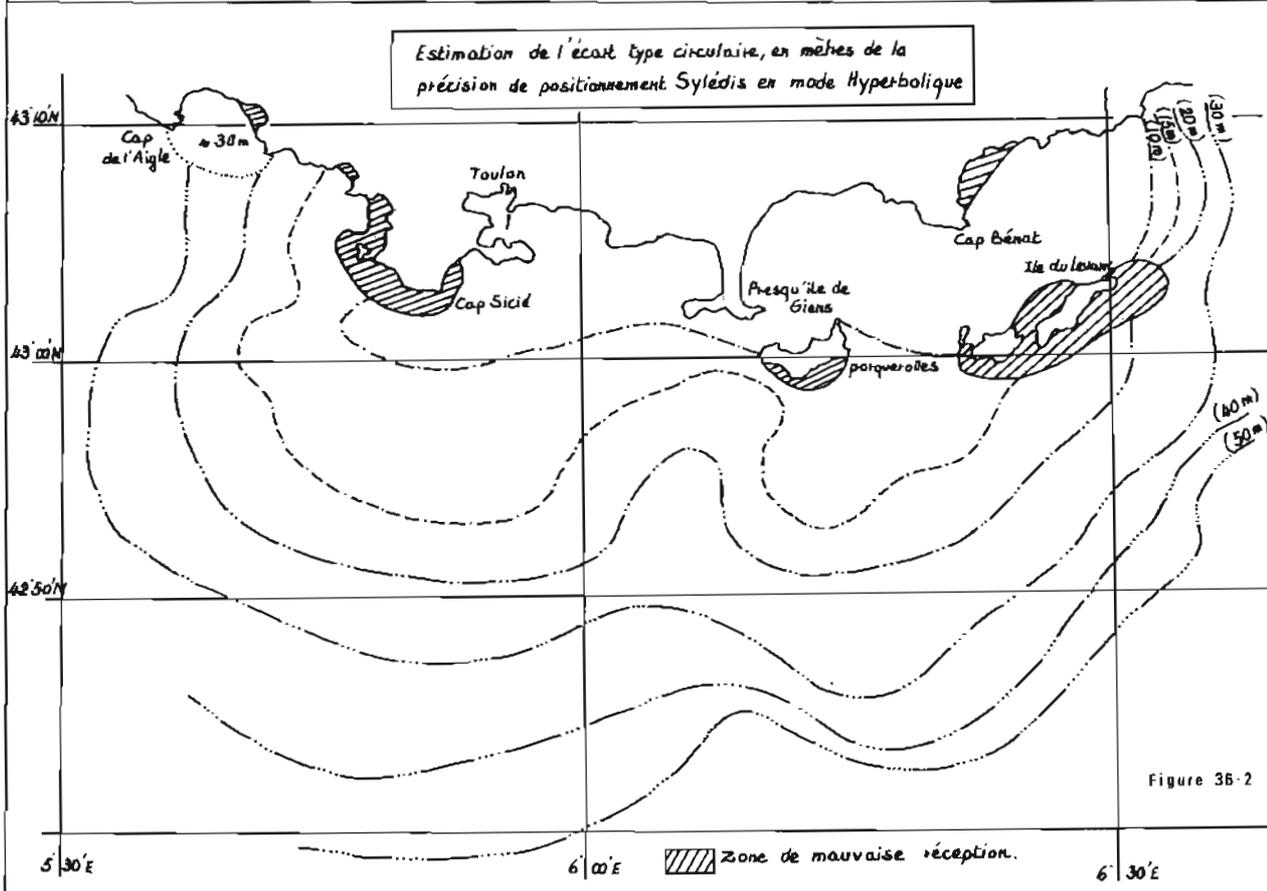
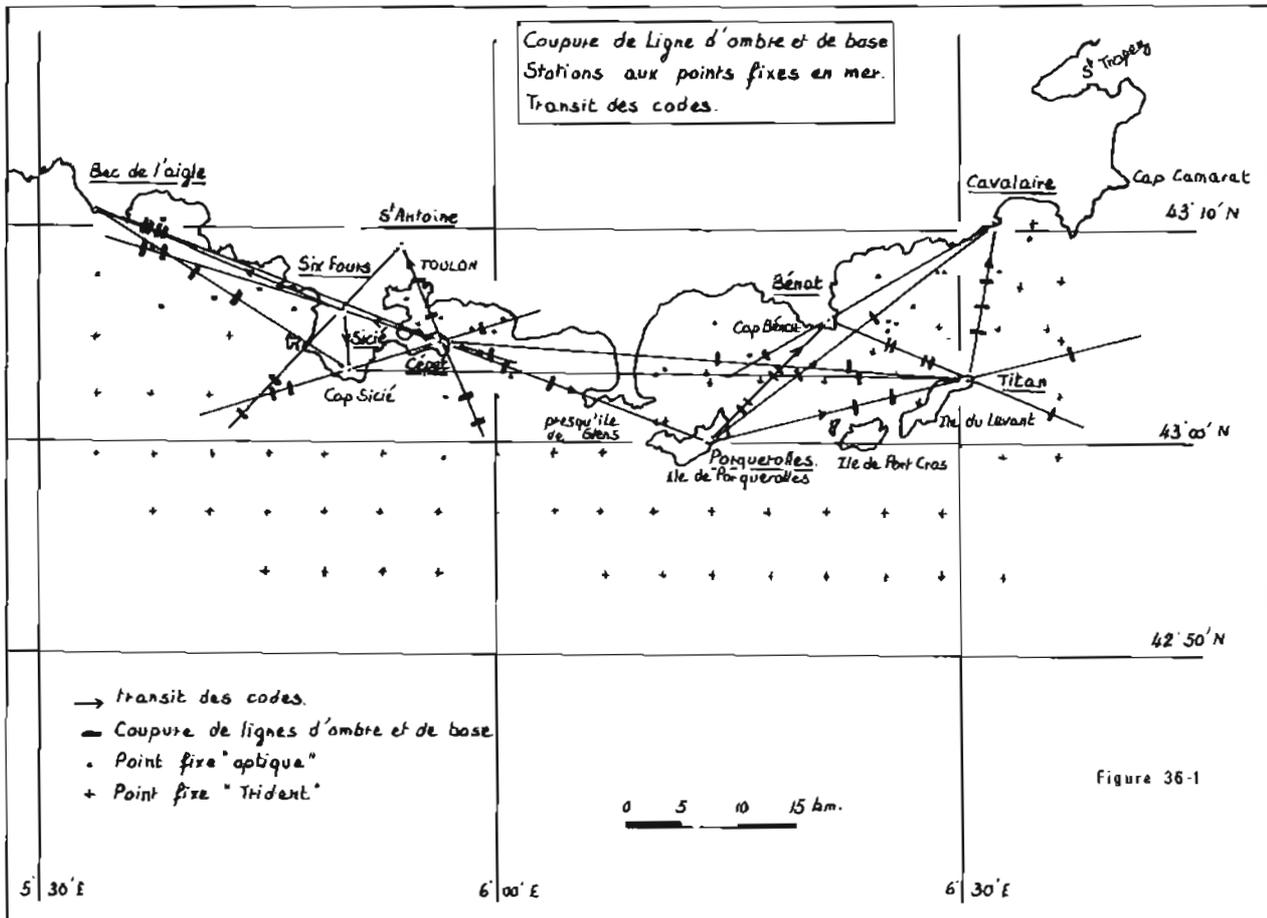
L'écart quadratique moyen des résidus d'observation est de l'ordre de 1,5 m. Par ailleurs il est apparu des fluctuations sur la correction de retard à évaluer de la balise de « Saint-Antoine » en fonction de l'heure de la journée (pic de 5 mètres vers 14 heures). Il faut vraisemblablement protéger ce site d'implantation de l'influence de l'ensoleillement.

13.3. Contrôle des conditions de réception dans les zones d'utilisation

On a procédé à des observations au point fixe en mer en comparant la localisation Sylédis à celle obtenue par des relèvements optiques et (ou) des lieux Trident étalonnés. Pour faciliter l'exploitation des résultats les 97 points d'observation ont été regroupés en 18 zones pour les modes circulaires et pseudo-circulaires. Il faut noter que pour chacun de ces 97 points, 10 mesures ont été effectuées.

13.3.1. Réception des balises Sylédis

En mode circulaire le nombre de balises reçues est en général au moins égal à 3 et il permet dans la majorité des cas d'obtenir pour la partie côtière une précision meilleure que 10 mètres.



Pl. 36. Évaluation du réseau Syldis de Toulon

Les zones où le positionnement reste délicat en mode circulaire sont celles situées à l'Ouest et particulièrement les baies de Sanary et de La Ciotat (la partie Est de cette baie n'étant pas couverte par le réseau Sylédís). Ceci est expliqué par le nombre insuffisant de balises reçues et par la faible valeur de l'angle formé par les lieux de positionnement.

Les essais au large ont montré une bonne réception des signaux pour chaque émetteur à une distance au moins 1,5 fois supérieure à la portée optique. Jusqu'à la portée optique (limite de réception du Trident) la précision du positionnement Sylédís circulaire était de l'ordre de 10 m.

13.3.2. Évaluation de la précision des points en mode hyperbolique

Bien qu'il n'ait pas été possible de disposer d'un récepteur du type MR3 lors de l'expérimentation, on a tenté d'estimer la précision à attendre du réseau Sylédís de Toulon en mode hyperbolique à partir des résultats fournis par le récepteur SR3 fonctionnant en mode circulaire et ce pour l'ensemble de la zone d'utilisation par les chasseurs de mines. En tenant compte des balises reçues, de leur précision ainsi que de la configuration géométrique des lieux Sylédís disponibles, l'écart type circulaire de la position a été calculé. Il est reporté sur la planche n° 36-2. On peut remarquer que la localisation Sylédís en mode hyperbolique :

— ne peut être assurée convenablement en raison de masquage des balises :

- au Sud des Îles d'Hyères (Porquerolles, Port-Cros, Île du Levant) ainsi qu'entre l'Île de Port-Cros et Port Avis (Île du Levant),

- dans la partie Est de la rade de Bormes, au Sud du Cap Sicié, aux abords de la grande passe (Toulon), dans la partie Nord-Est des baies de Bandol, Sanary, Le Bruscat et La Ciotat;

— est de bonne qualité (précision de l'ordre de 10 mètres) :

- au Nord des Îles du Levant (de la rade d'Hyères jusqu'au Cap de Cavalaire exceptée de la partie NE de la rade de Bormes-les-Mimosas);

- au Nord d'une ligne joignant le Cap Sicié à la presqu'île de Giens (abords de Toulon exceptés);

— est de mauvaise qualité :

- en Baie de La Ciotat (où la précision ne peut être espérée à mieux que 30 mètres);

- en Baie de Cavalaire (où la précision compte tenu de la géométrie des lieux disponibles varie très rapidement de 15 m au Sud à plus de 30 mètres au Nord-Est de la baie);

- aux extrémités de la zone : à l'Ouest du Bec de l'Aigle ainsi qu'à l'Est de l'Île du Levant;

— on peut espérer une précision en mode hyperbolique de l'ordre de 20 mètres dans une zone délimitée au Nord par le parallèle du Cap Sicié, à l'Ouest par le méridien passant par la Pointe Grenier S' Cyr-sur-Mer, à l'Est par le méridien passant par Port Avis (Île du Levant) et au Sud par le parallèle 42° 50' Nord.

13.4. Conclusions

Les conditions de fonctionnement du réseau Sylédís de Toulon paraissent tout à fait acceptables. Les observations au point fixe ont toutefois mis en évidence des fluctuations des valeurs de distance de l'ordre de 5 mètres. La cohérence des mesures effectuées aussi bien à terre (points géodésiques) qu'en mer (passages de lignes d'ombre et de lignes de base) pour la détermination des retards des balises montre la fidélité du système. Les essais de portée ont donné des résultats assez remarquables (réception assurée à une distance au moins égale à 1,5 fois la portée optique).

Certes il n'est pas aisé compte-tenu du relief de la région de déterminer des sites permettant la couverture de toutes les baies.

La localisation fournie par le réseau actuel dans les deux baies situées en limite de zone (Cavalaire et La Ciotat) est de mauvaise qualité. Une installation au Cap Lardier réglerait le problème de Cavalaire. Pour la Baie de La Ciotat le choix d'un site dans l'arrière pays pourrait être une solution qui améliorerait également la localisation offerte à Bandol, Sanary et Six-Fours.

Par ailleurs on peut douter de la qualité du site et de l'installation de la balise de St-Antoine et envisager des essais de réception d'une balise Sylédís située sur un point haut et plus dégagé du Mont Faron assurant la couverture de la rade et d'une vaste zone au large.

On pourrait sans doute améliorer l'utilisation du réseau d'une part en installant une antenne omnidirectionnelle à Sicié (rade de Toulon) et d'autre part en modifiant l'orientation de l'antenne de la balise de Bénat (Baie de Bormes-les-Mimosas).

Si la localisation dans la partie Ouest du chenal d'accès à Toulon est de mauvaise qualité, ceci est vraisemblablement dû à des difficultés de réception de la balise de Cepet.

Si le couple « Porquerolles-St-Antoine, St-Antoine-Six-Fours » ne donne pas satisfaction il faudra se résoudre pour cette zone prioritaire à installer une balise vers Carqueiranne.

14. LOCALISATION D'AMERS PAR DES MESURES DE RELÈVEMENTS ET D'ANGLES AU CERCLE

Deux expérimentations ayant pour objectifs la localisation d'amers et la restitution de la topographie côtière à partir de mesures angulaires et de photographies horizontales effectuées d'un bâtiment localisé ont été réalisées.

La première entre Bandol et le Cap Sicié a permis de positionner 8 amers avec une précision meilleure que 10 m en effectuant 33 mesures d'angle au cercle et 58 mesures de relèvement.

La seconde, outre la localisation de 17 amers par 136 relèvements et 75 angles au cercle, le bâtiment étant positionné par quatre lieux Trident et évoluant à 8 nœuds à environ 3 000 m de la côte a consisté à produire un ensemble de 101 photographies horizontales destinées à être exploitées au moyen d'un stéréorestituteur analytique.

A chaque mesure angulaire correspond une équation linéaire (ou linéarisée). Le système linéaire ainsi constitué est de la forme $Y = A X$

Y vecteur de mesure, X vecteur des inconnues (coordonnées des amers),

A matrice de mesure.

Une résolution par la méthode des moindres carrés permet de déterminer le vecteur X ainsi que la matrice de covariance \sqrt{XX} .

Si la précision de la localisation du bâtiment est de quelques mètres (3 m) on peut avec un choix judicieux de mesures positionner des amers à 10 mètres près y compris dans les conditions indiquées ci-avant de la deuxième expérimentation dans le Golfe d'Ajaccio.

15. REVUES D'AMERS

Si les amers appartenant aux zones de levé hydrographique ont fait l'objet de vérification et de rédaction (fiches communiquées dans chaque dossier), on s'est efforcé d'achever la revue d'amers de l'ensemble du littoral méditerranéen français initialisée par Monsieur Habert (Golfe du Lion) et poursuivie par Monsieur Laporte (du Cap Camarat à la frontière italienne).

Les amers des côtes de Corse ont été identifiés et décrits au fur et à mesure des sondages et ce depuis 1978. Pendant les trois années qui font l'objet du présent rapport, on ne s'est intéressé qu'à ceux du Sud de la Corse : du Golfe d'Ajaccio au Golfe de Porto-Vecchio.

En « Provence - Côte d'Azur » trois zones ont été investiguées. Il s'agit de celles délimitées de la manière suivante :

- du Cap Camarat à la presqu'île de Giens (y compris les îles d'Hyères);
- de la presqu'île de Giens au Cap Croisette (région de Toulon et de Marseille);
- du Cap Croisette au Petit Rhône.

Pour ces trois zones, le bilan est le suivant :

Nombre de points examinés	: 626
Amers nouveaux	: 210
Amers confirmés	: 297
Amers supprimés	: 124
Nombre de fiches établies	: 507

Sur ces 507 fiches établies, la localisation de 107 amers sera à déterminer par utilisation du stéréorestituteur analytique « Traster » du bureau de photogrammétrie de l'EPSHOM.

16. CONCOURS DIVERS

Avec l'accord du Département, la MOM a assuré les actions suivantes demandées par des organismes extérieurs :

- choix et géodésie des sites d'installation Sy-lédis au Sud du Cap Sicié, à Villefranche-sur-Mer ainsi qu'aux abords du Cap de St-Tropez;
- mesures de courant en rade de Toulon;
- identification d'épaves et d'obstruction, mesures de courant, levés bathymétriques de contrôle (échelle 1:1 000) dans le port de Toulon.

17. SIGNIFICATION DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS RENCONTRÉS DANS LE TEXTE

AF	Service des Approvisionnements de la Flotte
AMF	Atelier Militaire de la Flotte
AVURNAV	Avis urgent aux navigateurs
BAN	Base Aéronavale
BH1	Bâtiment Hydrographique de 1 ^{ère} Classe
BMOM	Base de la Mission Océanographique de la Méditerranée
BSR	Bâtiment de Soutien de Région
CECMED	Commandement en Chef pour la Méditerranée
CEMM	Chef d'État-Major de la Marine
CERDAN	Centre de Recherche en Discretion acoustique des navires
CM	Carte Marine

CTG	Matelots du contingent des Spécialités : — COPEL Chauffeur Poids Lourds — EQUIP Équipage — SITEC Assistant Scientifique et Technique — MANEU Manœuvrier	IE	Indisponibilité d'Entretien
		IETA	Ingénieur des Études et Techniques d'Armement
		I2ETA	Ingénieur de 2 ^e Classe des Études et Techniques d'Armement
		IGN	Institut Géographique National
DCAN	Direction des Constructions et Armes Navales	IN	Ouvrage d'Instructions Nautiques
		IPA	Ingénieur Principal de l'Armement
DDE	Direction Départementale de l'Équipement	IPER	Indisponibilité Périodique pour Entretien et Réparation
DEASM	Détecteur anti-sous-marins	IPLI	Inventaire Permanent du Littoral
DP TOULON	Direction du Port de Toulon	LV(S)	Lieutenant de Vaisseau (Spécialisé)
ECAN	Établissement des Constructions et Armes Navales	MOM	Mission Océanographique de la Méditerranée
ENSIETA	École Nationale Supérieure des Ingénieurs des Études et Techniques d'Armement.	MGP	Moyens Généraux et Parcs
		MP	Maître Principal
EPSHOM	Établissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine	NGC	Nivellement Général de la Corse
		NGF	Nivellement Général de la France
		NTF	Nouvelle Triangulation de la France (Système géodésique)
FLOMED	Flotille de la Méditerranée	P	Photogrammétrie (minute de photogrammétrie)
GERDSM	Groupe d'Études et de Recherches de Détection sous-marine	PEI	Période d'Entretien Intermédiaire
GISMER	Groupe d'Intervention sous la mer	RI	Remorqueur d'Intervention
3 ^e G.P.D.	3 ^e Groupement des Plongeurs Démineurs	SHOM	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
HCC	Service de l'Habillement - Casernement - Couchage	TCTP	Technicien Chef de Travaux Principal
HP 85	Calculateur Hewlett-Packard modèle 85	TVL	Service Transmission Veille Littoral
HP 9816	Calculateur Hewlett-Packard modèle 9816	VHF	Very High Frequency
HF	Haute fréquence	VH8	Vedette Hydrographique de longueur environ 8 m

MISSION HYDROGRAPHIQUE DE L'ATLANTIQUE (12 octobre 1987 – 7 septembre 1988)

par

M. G. BESSERO
Ingénieur Principal de l'Armement

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I : Généralités

- I.1. Organisation
- I.2. Travaux effectués
- I.3. Personnel
- I.4. Moyens
- I.5. Méthodes

CHAPITRE II : Levé côtier de la baie de Seine

- II.1. Présentation
- II.2. Localisation
- II.3. Marée
- II.4. Bathymétrie
- II.5. Topographie
- II.6. Revue des amers et du balisage
- II.7. Courantométrie

CHAPITRE III : Levé de l'entrée du passage de la Déroute

- III.1. Présentation
- III.2. Localisation
- III.3. Marée
- III.4. Bathymétrie
- III.5. Topographie
- III.6. Revue des amers et du balisage
- III.7. Natures de fond
- III.8. Courantométrie

CHAPITRE IV : Contrôles de minutes de restitution photographique entre Roscoff et Le Conquet

- IV.1. Présentation
- IV.2. Conditions d'exécution des contrôles
- IV.3. Localisation
- IV.4. Marée
- IV.5. Bathymétrie
- IV.6. Topographie
- IV.7. Information nautique
- IV.8. Commentaires

CHAPITRE V : Levé des abords de Fécamp

- V.1. Présentation
- V.2. Localisation
- V.3. Marée
- V.4. Bathymétrie
- V.5. Topographie
- V.6. Information nautique
- V.7. Courantométrie

CHAPITRE VI : Levé des abords du Tréport

- VI.1. Présentation
- VI.2. Localisation
- VI.3. Marée
- VI.4. Bathymétrie
- VI.5. Information nautique
- VI.6. Courantométrie

CHAPITRE VII : Évaluation du système national de radio-navigation et reconnaissances bathymétriques en Atlantique

- VII.1. Présentation
- VII.2. Conditions d'exécution de la campagne
- VII.3. Localisation
- VII.4. Évaluation du SNR
- VII.5. Bathymétrie
- VII.6. Gravimétrie
- VII.7. Hydrologie

CHAPITRE VIII : Levé portuaire à Cherbourg

- VIII.1. Présentation
- VIII.2. Conditions d'exécution du levé
- VIII.3. Géodésie
- VIII.4. Localisation
- VIII.5. Marée
- VIII.6. Bathymétrie
- VIII.7. Topographie
- VIII.8. Information nautique
- VIII.9. Courantométrie

CHAPITRE IX : Évaluation des nouveaux équipements de bathymétrie

- IX.1. Évaluation du sonar DUBM21C
- IX.2. Évaluation du sondeur Lennermor

CHAPITRE X : Travaux divers

- X.1. Levé dans l'anse de Paimpol
- X.2. Travaux géodésiques
- X.3. Évaluation du système GPS en mode différentiel

RÉFÉRENCES

ANNEXES

- Annexe 1* : Les bâtiments hydrographiques de deuxième classe type *Lapérouse* (par l'IPA Chimot)
- Annexe 2* : Le format ACQ88
- Annexe 3* : Détection automatisée des sondes anormales dans un levé régulier

INTRODUCTION

La période pendant laquelle j'ai exercé les fonctions de directeur de la Mission Hydrographique de l'Atlantique (12 octobre 1987 – 7 septembre 1988) a été principalement marquée par le début du renouvellement de la flotte hydrographique, avec la mise en service des deux premiers bâtiments de la classe *Lapérouse*, et par les premiers essais des équipements associés : sonar d'exploration hydrographique et sondeur multifaisceaux. L'activité tradition-

nelle de la mission s'est poursuivie en Manche et en Atlantique Nord, dans des conditions analogues à celles des années précédentes. Il n'a toutefois pas été possible pendant cette courte période de maintenir un équilibre convenable entre les travaux à la mer et les travaux de rédaction : la poursuite et l'achèvement de ces derniers ont dû être laissés à la charge de mon successeur, l'Ingénieur Principal de l'Armement Gaillard.

CHAPITRE I GÉNÉRALITÉS

I.1. ORGANISATION

L'organisation interne de la Mission Hydrographique de l'Atlantique (MHA) n'a pas évolué sensiblement depuis 1983. Elle comprend :

— à bord de chaque bâtiment : une équipe constituée d'officiers marins hydrographes et dirigée en principe par un ingénieur. Pendant cette période, la MHA a disposé simultanément de deux ou trois bâtiments :

- BH1 *L'Espérance*,
- BH2 *Astrolabe* jusqu'au 30 mai 1988,
- BH2 *Lapérouse* du 20 avril au 31 août 1988,
- BH2 *Borda* à partir du 16 juin 1988;

— à la base de la mission (BMHA), installée dans l'enceinte du Centre Marine La Villeneuve à Brest :

- un service « hydrographie » qui assure la préparation des levés, le soutien des équipes embarquées et l'exploitation des travaux,
- un service « matériel » chargé de la gestion et de la maintenance des équipements,
- un service général qui exécute les diverses tâches d'intendance et de soutien logistique.

I.2. TRAVAUX EFFECTUÉS

L'activité de la mission pendant la période considérée a été caractérisée par des zones d'intervention relativement dispersées (fig. 1) et par un rythme soutenu du fait de l'absence d'IPER (indisponibilité pour entretien et réparation), de la programmation d'une campagne océanique pendant la période hivernale normalement consacrée à la rédaction, et de la mise en service des nouveaux BH2. Les travaux effectués se répartissent comme suit :

a) hydrographie générale :

- poursuite vers l'ouest du levé côtier de la baie de Seine, entrepris en 1985,
- poursuite et achèvement du levé de l'entrée du passage de la Déroute, entre le Cotentin et les Îles Anglo-Normandes. Ce levé avait été entrepris en avril 1987 par mon prédécesseur, l'Ingénieur Principal de l'Armement Roudaut,
- contrôle de minutes de restitution photogrammétrique entre Roscoff et Le Conquet,
- levé des abords de Fécamp,
- début du levé des abords du Tréport;

b) hydrographie militaire :

- troisième campagne d'étalonnage du système national de radionavigation Loran C (SNR) en Atlantique Nord. Des reconnaissances bathymétriques ont été réalisées à cette occasion,
- levé portuaire à Cherbourg,
- divers petits travaux (positionnement d'antennes ou de repères) ont été réalisés au profit d'organismes de la deuxième région maritime.

c) développement-formation :

- début de l'évaluation du sonar d'exploration hydrographique du BH2 *Lapérouse*,
- essais de recette du sondeur multifaisceaux du BH2 *Borda*,
- un levé limité a été effectué dans l'anse de Paimpol (Côtes-du-Nord) pour fournir les éléments de référence d'une étude de restitution photo-bathymétrique réalisée par l'Établissement Principal du SHOM (EPSHOM),
- évaluation préliminaire du système GPS en mode différentiel.

Seuls la campagne d'étalonnage du SNR et de reconnaissances bathymétriques et le levé de l'anse de Paimpol furent complètement rédigés avant mon départ.

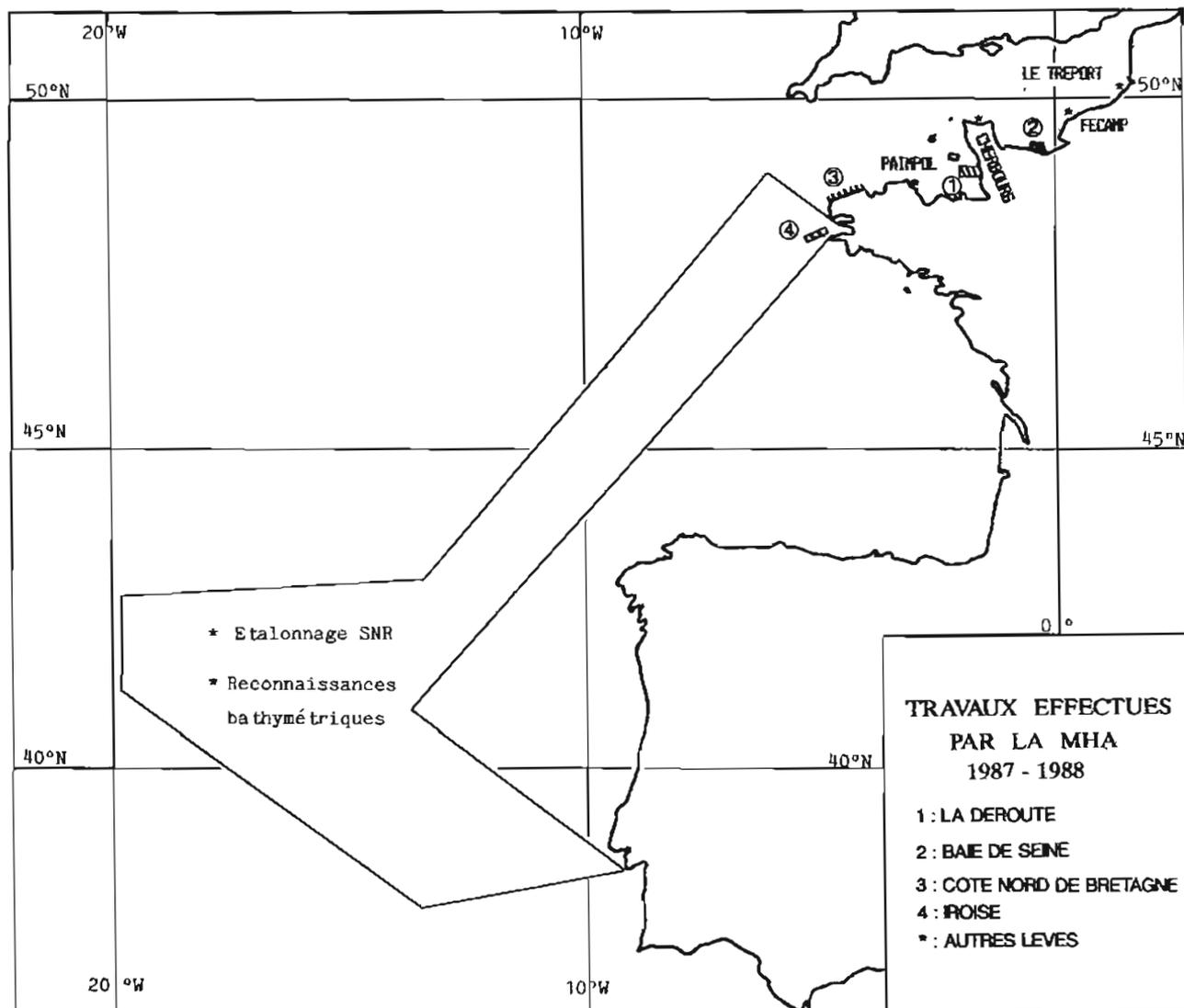


FIG. 1. – Travaux effectués par la MHA (1987-1988)

I.3. PERSONNEL

La MHA a bénéficié pendant cette période d'un effectif d'ingénieurs et d'officiers mariners hydrographes (OHM) globalement suffisant. Les mouvements relativement nombreux, et parfois inopinés, ont cependant perturbé la bonne marche de la mission.

Outre le directeur, six ingénieurs de l'armement (IA) ou des études et techniques d'armement (IETA) participèrent à l'encadrement de la mission pendant la période considérée :

— I1ETA Guillam : jusqu'au 30 octobre 1987. Cet ingénieur continua jusqu'à cette date de suivre les travaux du BH1 *L'Espérance*.

— I2ETA Fabrice : jusqu'au 22 avril 1988. Cet ingénieur électronique, responsable du service maté-

riel, ne fut remplacé que le 4 juillet, par un technicien civil, M. Quelen.

— I2ETA Le Corre : jusqu'au 31 août 1988. Cet ingénieur sortant d'école fut affecté à l'équipe du BH1 *L'Espérance*.

— IPA Chimot : du 2 novembre 1987 au 31 août 1988. Cet ingénieur fut désigné pour suivre à partir du 1^{er} janvier 1988 l'installation et les essais des équipements hydro-océanographiques des BH2 *Lapérouse* et *Borda*. Il fut ensuite chargé du BH2 *Lapérouse* au sein de la MHA puis comme directeur de la nouvelle Mission Hydrographique de Recherche (MHR) créée le 1^{er} septembre 1988.

— I2ETA Le Squere : affecté à la Mission Océanographique de la Méditerranée, cet ingénieur fut mis pour emploi à la MHA du 5 janvier au 30 juin 1988. Il fut chargé pendant cette période des travaux du BH2 *Astrolabe*.

— IETA Deniel: affecté à la MHA à partir du 9 mars 1988, cet ingénieur fut chargé des travaux du BH2 *Borda* et en particulier des essais du sondeur multifaisceaux.

Les bâtiments de la mission furent commandés par les officiers de marine suivants :

— BH1 *L'Espérance*: LV Berriet jusqu'au 1^{er} juillet 1988 puis LV Robert,

— BH2 *Astrolabe*: LV Bellec; le LV Conraux assura le commandement provisoire du bâtiment du 2 mai au 6 juin 1988.

— BH2 *Lapérouse*: CC Borde,

— BH2 *Borda*: CC du Réau de la Gaignonnière.

Les plans d'armement MHA (personnel normalement embarqué) et BMHA (personnel normalement à terre) furent réédités le 11 mai 1988 dans le cadre de la réorganisation des missions métropolitaines. La mission bénéficia de l'inscription au plan d'armement MHA du poste d'IETA électronicien et d'un poste supplémentaire d'OMH programmeur. Les autres modifications se traduisirent plutôt par une baisse du niveau de qualification des personnels :

— plan d'armement MHA :

- remplacement d'un IPA par un IETA,
- remplacement d'un PMS Hydro par un MTS Hydro (compensé très partiellement par la transformation d'un poste de PMS Hydro en PMS Hydro certifié Hydrosup);

— plan d'armement BMHA :

- remplacement d'un MJ Hydro par un MP Hydro,
- remplacement d'un PM Radio par un SM DEASM: le changement de spécialité était souhaité, mais à grade égal,
- remplacement d'un MT Secre par un QME Secre.

L'effectif réel en OMH varia entre 21 et 23 pour un effectif théorique de 14 puis de 15. Cet excédent, associé à un nombre d'ingénieurs assez confortable permit d'une part d'absorber les charges supplémentaires liées à la mise en service des nouveaux BH2 et des équipements associés et d'autre part de faire face au rythme d'activité des autres bâtiments travaillant sur des levés distincts. Un effectif moyen d'un ingénieur et de six OMH par bâtiment est en effet nécessaire pour assurer les travaux en mer (acquisition des données, traitement et validation primaires) et à terre (géodésie, topographie, entretien du système de radiolocalisation) d'un levé côtier. Le reliquat est alors à peine suffisant pour assurer parallèlement la rédaction des levés achevés et la préparation des levés suivants.

Le déficit prolongé en OMH programmeur (1 seul programmeur présent à la MHA jusqu'au début de 1988) constitua un handicap certain. Grâce à la proximité de l'EPSHOM, le hiatus entre le départ de l'IETA Fabrice et l'arrivée de M. Quelen ne causa pas de difficulté majeure.

L'absence de plongeurs à la mission et le déficit chronique en plongeurs des bâtiments compliqua l'organisation des opérations de mouillage et de récupération de marégraphes ou courantmètres et des investigations d'épaves ou d'obstructions, tributaires des conditions météorologiques et de marée. Il fallut solliciter régulièrement les autorités maritimes de Brest ou de Cherbourg pour obtenir la mise à disposition de plongeurs, prévoir les rendez-vous avec les bâtiments et mettre en place les moyens de transport correspondants.

I.4. MOYENS

I.4.1. Moyens flottants

En passant de deux à trois, le nombre de bâtiments affectés à la MHA retrouva provisoirement un niveau inégalé depuis le désarmement de *La Découverte* en 1974.

Le BH1 *L'Espérance*, affecté à la MHA depuis le 2 décembre 1971, a été constamment disponible pour l'hydrographie, si on excepte les périodes normales d'entretien intermédiaire (PEI) et une indisponibilité accidentelle de cinq jours en mai 1988, suite à une avarie du ventilateur des génératrices électriques. Son excellente tenue à la mer, appréciée durant la campagne océanique d'hiver, demeure sa principale qualité. Les points faibles sont le confort limité (locaux vie avant, installations sanitaires, locaux spécifiques) et la faible autonomie en eau (4 à 5 jours) lorsque le bouilleur ne peut être mis en fonction (levés côtiers) et que la zone de travail n'est pas à proximité immédiate d'un port en eau profonde. La prolongation du bâtiment jusqu'en 1996 décidée au début de l'année 1988 justifierait quelques améliorations lors de l'IPER 1988-89.

Le BH2 *Astrolabe* affecté à la MHA depuis sa création le 1^{er} avril 1971, termina sa carrière hydrographique le 27 mai 1988, après 24 années de bons et loyaux services. Après une dernière escale à Weymouth (Grande-Bretagne) du 1^{er} au 4 juin, les opérations de désarmement débutèrent le 6 juin 1988. *L'Astrolabe* fut remise au Major Général du port de Brest le 1^{er} juillet pour être remorquée vers Landévennec le 5 juillet. Ce bâtiment avait pu être doté d'équipements modernes et, malgré un inconfort notable et les limitations d'emploi imposées par sa petite taille, il a rendu d'excellents services à l'hydrographie.

Les deux premiers BH2 de la classe *Lapérouse* mis en service en 1988 ont été affectés à la MHA: le *Lapérouse* (photo 1) admis au service actif le 20 avril 1988 ne fut maintenu au sein de la MHA que jusqu'à la création de la MHR, le 1^{er} septembre 1988.



Photo 1. Le BH2 *Lapérouse*

Le *Borda* (photo 2) admis au service actif le 16 juin 1988 fut affecté à la MHA en remplacement de l'*Astrolabe*. La mission avait commencé à se familiariser avec ces nouveaux bâtiments en participant à leurs essais préliminaires, en liaison avec l'EPSHOM, et aux traversées de longue durée. On trouvera en annexe 1 une description complète de ces bâtiments et de leurs équipements rédigée par l'IPA Chimot. Si la réalisation d'un programme de constructions neuves maintes fois reporté constitue un motif de satisfaction et si les équipements majeurs associés - sonar hydrographique et sondeur multifaisceaux pour petits fonds - marquent la volonté du SHOM de rester à la pointe de la technique, on peut regretter le mode de construction dit « optimisé » dont les conséquences sont susceptibles de nuire à l'efficacité et à la longévité de ces bâtiments. Certes, les locaux spécifiques sont spacieux et bien conçus (photo 3) et quelques défauts de jeunesse (appareil à gouverner, équipements d'hydrologie, contacteurs tournants des treuils, climatisation, ventilation du local convertisseur, soupapes des diesels-alternateurs) seront sans doute résolus à terme. La mauvaise tenue à la mer, les limitations d'emploi de l'appareil propulsif à vitesse lente, le niveau de bruit élevé dans plusieurs locaux et les problèmes de logement qui résultent de la sous-estimation initiale des effectifs

« bord » sont par contre irréversibles. Enfin, à titre anecdotique, les flaques d'eau qui stagnent sur les ponts sans bouge, à quai, sont propices à la corrosion et risquent de mécontenter plus d'un visiteur !

Aucun incident majeur n'a perturbé la disponibilité des vedettes affectées aux différents bâtiments. Malgré un entretien limité strictement à l'essentiel depuis 1985 et l'absence de moyen de transmission fixe sur l'une d'entre elles, les deux vedettes VH8 de l'*Astrolabe* ont fonctionné de manière globalement satisfaisante. Néanmoins la dégradation lente de l'état général de ces vedettes nécessitera des travaux relativement importants avant leur affectation ultérieure à un autre bâtiment. L'état général des deux vedettes VH9 de l'*Espérance* qui continuent de bénéficier des IPER du bâtiment est meilleur. Divers problèmes touchant essentiellement l'alimentation électrique des équipements hydrographiques subsistent : ils devraient être résolus pendant l'IPER 1988-1989.

L'affectation au BH2 *Borda* de deux des vedettes VH8 du BH1 *La Recherche* souleva de grosses difficultés. Comme pour les vedettes de l'*Astrolabe*, leur entretien avait été aligné sur celui de leur bâtiment support donc réduit au minimum. Leur transfert de Toulon à Lorient ayant été réalisé de manière précipitée immédiatement après une longue période de sondages en Corse, elles arrivèrent à Lorient en très



Figure 1. Shipboard view of the study area.



Figure 2. Shipboard view of the study area.

mauvais état. De longues tractations furent nécessaires pour obtenir le financement permettant la réalisation des travaux de première urgence par la DCAN de Lorient avant l'admission au service actif du *Borda* puis une intervention approfondie de la DCAN de Brest pendant la PEI d'août 1988.

Une embarcation Trimatic équipée d'un sondeur Deso 10 et d'une base hors-bord fut utilisée à plusieurs reprises pour des sondages en zone abritée, en particulier dans le port de Cherbourg. Elle s'est révélée mal adaptée à cet usage en raison d'un franc-bord trop faible : avec deux personnes à bord et un sondeur, cette embarcation ne supporte pas un clapot dépassant 10 cm et le croisement d'une autre embarcation peut être délicat !

1.4.2. Locaux à terre

Installée dans l'enceinte du Centre Marine La Vileneuve depuis le 15 novembre 1983, la MHA y dispose de locaux spacieux et bien adaptés. La partie de ces locaux réservée à la Mission Océanographique de l'Atlantique (MOA) suffisait aux besoins épisodiques de cette mission habituellement complètement embarquée à bord du *D'Entrecasteaux*. L'organisation de la nouvelle MHR prévoyant une base à terre permanente, son installation ne pouvait pas être résolue par le simple transfert des locaux de la MOA prévu initialement. Outre l'affectation de locaux supplémentaires, une redistribution et un réaménagement des locaux actuels des missions furent donc proposés par la MHA aux autorités locales. A mon départ, aucune décision n'avait encore été prise quant à la réalisation des travaux correspondants.

1.4.3. Véhicules

Le parc automobile de la mission, constitué de six véhicules utilitaires (4 camionnettes, 1 fourgon, 1 camion), ne couvre pas les besoins : le transport des personnels, en particulier sur les longs trajets, est mal assuré. La réalisation en 1989 du nouveau plan d'armement défini en mars 1988 (2 véhicules de liaison et 5 véhicules utilitaires) devrait donner satisfaction.

1.4.4. Matériel spécifique

La mission est dotée d'un matériel en général bien adapté et de bon niveau. A l'exception des équipements de géodésie primordiale et d'océanographie, la plupart des équipements en service au SHOM ont été utilisés à un moment ou à un autre. Leur fonctionnement suscite les observations suivantes :

a) localisation :

Un récepteur GPS TR5S de Sercel fut utilisé à bord de *L'Espérance* et du *Borda*. Le nouveau logi-

ciel temps réel C20 fourni par Sercel en janvier 1988 permet la connexion à une horloge externe de haute précision en vue d'améliorer les performances en mode 2D et donc d'étendre les créneaux d'utilisation du système. Ce nouveau logiciel offre également une option « background » qui permet de faire des prévisions de passage sans interrompre ni l'acquisition des données ni le calcul du point qui restent disponibles sur les sorties numériques correspondantes. Cette option est particulièrement intéressante avec la constellation incomplète actuelle. Les performances observées en mode standard 2D+T (cf. § VII.3.2) confirment les résultats obtenus précédemment : la précision à 95 % est de l'ordre de 50 m, après élimination des points aberrants. Une horloge externe de haute précision fut mise en œuvre à bord de *L'Espérance* pendant la campagne en Atlantique : son utilisation n'a pas amélioré le fonctionnement en mode 2D : si certaines transitions furent satisfaisantes (discontinuité inférieure à 20 m au passage de 2D+T à 2D), on observa souvent, en mode 2D, une route aberrante (cap et/ou vitesse) par rapport aux éléments de l'estime. Les écarts par rapport à un système de référence (champ de balises acoustiques) peuvent alors dépasser 400 m quelques minutes après le changement de mode. L'examen des données GPS archivées fait apparaître les anomalies suivantes concernant l'estimation des paramètres d'horloge par le logiciel temps réel :

— dérive : la dérive estimée semble erronée : elle est 10 à 100 fois plus élevée que la dérive réelle de l'horloge utilisée;

— calage : le passage en mode 2D s'accompagne d'une discontinuité de la variable calage d'horloge de plusieurs centaines de nanosecondes qui est anormale.

Le traitement en temps différé des données devrait permettre d'absorber ces discontinuités. La mise au point du programme correspondant n'ayant pu être achevée, le gain réel de ce traitement n'a pas pu être apprécié.

Les premiers essais du système GPS en mode différentiel furent encourageants : la précision observée est de l'ordre de quelques mètres (cf. § X.3).

Le système de balises acoustiques Océano Instruments fut mise en œuvre pendant la campagne de *L'Espérance* en Atlantique. Un seul champ de cinq balises fut mis en place. Après quelques défauts aléatoires d'acquisition des mesures qui gênèrent le suivi de profil, le coffret de mesure des distances RM201 tomba définitivement en avarie et il fallut renoncer à l'emploi des balises pour la suite de la campagne. La récupération des balises (largage et suivi de la remontée) put néanmoins être assurée à l'aide du coffret indépendant TT201 relié à un hydrophone portatif en pendant le long du bord. Toutes les opérations de largage réalisées à des distances comprises entre 3 000 et 3 500 m se déroulèrent parfaitement, démontrant ainsi l'utilité de cet ensemble indépendant de l'équipement fixe.

La localisation des levés côtiers fut habituellement assurée à l'aide d'une chaîne Trident IIIA. La mission ne disposa jusqu'en avril 1988 que de 5 interrogateurs pour 6 porteurs possibles. Ce sous-équipement fut très gênant pendant les périodes d'activité simultanée de deux bâtiments. La dotation fut portée à 7 interrogateurs en avril mais la situation redevint critique en septembre puisqu'il fallait équiper simultanément les deux bâtiments de la MHA, leurs vedettes et le *Lapérouse*, jusqu'à la mise en service des équipements Trident IV, prévue à la fin de l'année. La qualité de la localisation Trident ne fut pas toujours conforme aux spécifications du système : des fluctuations anormales et aléatoires des résidus calculés avec trois ou quatre balises (valeurs dépassant 10 m) et des décrochages intempestifs furent souvent observés pendant les différents levés effectués. Un contrôle de la chaîne fut entrepris en août 1988. L'examen des interrogateurs mit en évidence des écarts sensibles par rapport aux caractéristiques nominales des atténuateurs variables. Des distorsions parfois importantes furent également décelées sur les émetteurs et récepteurs des balises. Ces dérives peuvent expliquer les anomalies observées; elles nécessiteront une révision complète du matériel.

En prévision du levé portuaire de Cherbourg, un essai de localisation d'une embarcation en gisement-distance avec un théodolite T2000 couplé à un distancemètre Di 20 fut entrepris. Outre les difficultés de suivi du mobile, le décalage entre le déclenchement de la mesure et l'affichage du résultat ne permet pas d'assurer une précision compatible avec un levé à très grande échelle.

b) sondeurs verticaux :

Les premiers essais du BH2 *Lapérouse* montrèrent que le détecteur du sonar (fréquence : 100 kHz) était brouillé par les émissions à 33 kHz du sondeur Deso 20 du PC scientifique. On remplaça dans un premier temps le transducteur 33/210 kHz par un transducteur 66/210 kHz. La persistance des interférences nécessita la mise en place d'un dispositif d'atténuation. Un premier montage réalisé par la DCAN de Lorient s'étant révélé précaire et peu satisfaisant (nombreux défauts de numérisation de la sonde), un autre dispositif fut étudié et mis en place par la DCAN de Brest; son évaluation était en cours au moment de mon départ. Le canal 210 kHz brouille également le classificateur du sonar (fréquence : 420 kHz) mais uniquement lorsque celui-ci est orienté dans un gisement supérieur à 90°. Compte tenu de la fréquence du sondeur multifaisceaux (100 kHz), le *Borda* fut également équipé d'un sondeur Deso 20 66/210 kHz. Aucune interférence entre les deux sondeurs ne fut observée.

Des essais du sondeur Deso 20 du BH1 *L'Espérance* en version « grand fond » (cartes de puissance 33 et 210 kHz remplacées par une carte dite « grand fond » qui commande l'amplificateur déporté situé dans le local du gyrocompas) furent entrepris pendant la campagne en Atlantique : ils furent infruc-

tueux. Un examen de l'installation par la DCAN de Brest pendant la PEI qui suivit la campagne permit de détecter une anomalie de montage de la carte grand fond due à une erreur dans la notice d'installation. Après réparation de la carte en cause, les essais effectués en simulation ou par petits fonds furent satisfaisants mais les performances réelles de l'appareil ne purent pas être déterminées.

L'ensemble Raytheon de *L'Espérance* fut utilisé de façon intensive pendant toute la campagne en Atlantique. Le lot de rechanges embarqués (1 enregistreur, 1 corrélateur, 1 émetteur et les coffrets de carte de rechange associés) permit de maintenir la disponibilité de l'ensemble. Les essais réalisés à diverses profondeurs (200 à 4000 m) avec le corrélateur CESP III furent décevants : la qualité de l'enregistrement était médiocre et le fonctionnement du numériseur n'était pas amélioré. Les seuls enregistrements acceptables furent obtenus par fonds inférieurs à 500 m. Le fonctionnement du numériseur PDD 200 ne fut acceptable que par fonds peu accidentés. La disposition relative de l'enregistreur et du numériseur, éloignés l'un de l'autre à bord de *L'Espérance*, se prête mal à une surveillance efficace du numériseur; l'impossibilité d'obtenir sur l'enregistrement la trace de la fenêtre de numérisation aggrava le problème. Un regroupement de l'enregistreur et du numériseur est indispensable avant d'envisager l'utilisation courante de l'acquisition numérique de la sonde.

L'ensemble Raytheon du *Borda* fut utilisé pendant la traversée de longue durée dans sa configuration complète (avec numériseur et corrélateur). Dans des conditions météorologiques favorables (mer 1), les performances suivantes furent obtenues :

— à 15 nœuds : fond perdu à 1100 m;

— à 12 nœuds : suivi du fond acceptable jusqu'à 4000 m. La trace de l'écho sur l'enregistrement est cependant peu lisible en mode corrélateur.

c) sondeur multifaisceaux *Lennermor* :

Les essais de ce sondeur, installé à bord du BH2 *Borda*, sont décrits au chapitre IX.

d) sondeurs latéraux :

Les sondeurs latéraux furent mis en œuvre systématiquement dans le cadre des levés côtiers. La dotation normale de la mission (trois ensembles type 259-4 avec poisson mono-fréquence 272 ou 272T; deux ensembles type 260 avec enregistreur numérique et poisson bi-fréquence 272TD dont un à bord du *Lapérouse*) se révéla à peine suffisante. De nombreuses avaries, affectant principalement les extrémités de câble, perturbèrent les travaux. La modification des câbles d'embarcation prévue par la DCAN de Brest (branchement du poisson par l'intermédiaire d'une bretelle munie d'une prise Jupiter) devrait améliorer la fiabilité de la liaison.

L'excellente qualité des enregistrements obtenus avec l'enregistreur 260 et la simplicité relative du réglage incitèrent à entreprendre des essais de mise

en œuvre en vedette, après remplacement de l'alimentation 220 V alternatif par une alimentation 24 V continu. Les essais effectués à bord d'une vedette VH9 de *L'Espérance* révélèrent une sensibilité excessive de l'enregistreur aux vibrations: le desserrage progressif de quelques vis entraîna l'avarie du mécanisme d'enroulement de l'enregistrement et les essais furent interrompus en attendant la réalisation d'un support amortissant suffisamment les vibrations. Le sondeur 260 ne fut pratiquement utilisé qu'à 100 kHz. Une évaluation des performances à 500 kHz reste à faire.

e) sonar d'exploration hydrographique marine (SEHM) DUBM 21C:

On se reportera au chapitre IX qui traite des premières évaluations de cet équipement.

f) gravimètre:

Le gravimètre KSS 30 installé à bord de *L'Espérance* ne fut mis en œuvre que pendant la campagne en Atlantique. Son fonctionnement fut satisfaisant, la dérive journalière moyenne sur l'ensemble de la campagne étant de 0,033 mGal. Un test de calibration fut effectué à Brest, avant le départ et au retour, et à l'escale intermédiaire de Setubal (Portugal); les résultats sont indiqués dans le tableau 1. En admettant une précision de $\pm 0,2$ mGal sur la détermination de la variation $(Gv' - Gv)$, on obtient pour le coefficient $k = (Gv' - Gv)/g$ une précision de $\pm 0,002 \cdot 10^{-4}$. La valeur obtenue au retour à Brest n'est donc pas cohérente avec les deux autres valeurs. L'origine de cette anomalie - détectée après l'arrêt du gravimètre - n'a pas été identifiée.

Outre deux interruptions des mesures en raison de blocages répétés du gravimètre dus à l'amplitude des mouvements de plate-forme, le gravimètre tomba en avarie suite à une entrée d'eau dans le local. Une vague déferlante ayant inondé le local d'hydrologie dont la porte étanche était en mauvais état, l'eau s'écoula sur la baie électronique par les passages de câble. Après un nettoyage complet de tous les coffrets et le remplacement de 6 cartes endommagées, le gravimètre put être relancé le lendemain. L'intervention a posteriori d'un technicien de la société Bodenseewerk permit de régler quelques pannes résiduelles secondaires.

g) océanographie:

L'utilisation fréquente des marégraphes et courantomètres Suber entraîna quelques déboires liés essentiellement aux appareils de la gamme SLS 20.

36 mouillages de marégraphes plongeurs furent mis en place pendant la période considérée. Trois des dossiers correspondants ne purent être exploités en raison d'un défaut d'acquisition des mesures, dont deux relatifs à des marégraphes SLS 23. Seul l'un des défauts fut élucidé: la défaillance de l'une des piles provoqua la décharge brutale des autres piles du bloc d'alimentation et interdit toute acquisition. Par ailleurs, plusieurs cages, avec ou sans marquage en surface, furent retrouvées renversées et déplacées, vraisemblablement par chalutage.

12 stations de courantométrie furent réalisées, avec le dispositif (ligne de pare-battages) conçu par la MOA en 1986. Les deux courantomètres SLS 21 mis en place à Cherbourg le 25 février 1988 ne réussirent pas à franchir la date du 29, les années bissextiles n'étant pas prévues dans le module de gestion de la date du logiciel interne! Le défaut ne fut découvert qu'après la récupération des appareils, fin mars, et les mesures durent être refaites.

1.4.5. Systèmes d'acquisition et de traitement des données

Différentes configurations furent utilisées à bord des bâtiments et de leurs vedettes.

Le BH1 *L'Espérance* et les nouveaux BH2 disposèrent d'un système Hydrac semblable, comprenant un réseau Hydroboucle connecté à un ordinateur de classe A (HP 9816 ou HP 310, à bord du *Lapérouse*). Un deuxième ordinateur du même type était généralement embarqué pour les traitements en temps différé (préparation des séances de sondage; exploitation primaire des données acquises par le bâtiment ou ses vedettes) et pour servir, le cas échéant, de ordinateur de secours du système Hydrac.

Un système spécifique et original « visualisation-acquisition-traitement » (VAT), développé par l'EPS-HOM et implanté sur un ordinateur HP 320 fut

Tableau 1. - Tests de calibration du gravimètre KSS 30

Date	Lieu	Gv' - Gv Variation observée	g (IGSN 71) mGal Pesanteur absolue	$k = (Gv' - Gv)/g$
08/01/88	Brest	958,12	980 940,9	$9,767 4 \cdot 10^{-4}$
05/02/88	Setubal	957,21	980 061,0	$9,766 8 \cdot 10^{-4}$
25/02/88	Brest	957,36	980 940,9	$9,759 6 \cdot 10^{-4}$

installé sur le *Lapérouse* pour l'aide à la conduite des levés au sonar et l'acquisition des données du sonar, en liaison avec le système Hydrac (cf. annexe 1). Ce système fonctionna de manière satisfaisante à l'exception du traceur Bryans A1 associé qui dut être retourné au constructeur (défaut dans la gestion des plumes). Le traceur de secours Tektronics de format A2 ne put pas non plus être utilisé car il perturbe l'interface HPIB du calculateur et bloque le système. L'absence d'écran de copie en passerelle ne permet pas d'utiliser le système comme aide à la navigation.

Le système Hydrac du *Borda* fut complété par un calculateur de classe C (micro-ordinateur Zénith) dédié au calcul de la marée nécessaire à l'exploitation en temps réel du sondeur Lennermor. Le système de traitement en temps différé des données brutes issues de ce sondeur (calculateur Microvax et périphériques) fut provisoirement installé dans la salle de traitement n°2, pour permettre la mise au point des logiciels correspondants pendant les essais de recette du sondeur.

Le BH2 *Astrolabe* termina sa carrière avec la configuration en service à mon arrivée. Celle-ci comprenait un réseau Hydroboucle connecté à un calculateur de classe B (HP 85) et un deuxième calculateur du même type pour les traitements en temps différé.

Les systèmes Hydrac des vedettes, version 2.0, furent essentiellement utilisés en mode localisation seule, le plus souvent en suivi de profil circulaire sans calcul du point. Après remise en état des stations sondeur, quelques séances furent réalisées avec archivage de la localisation et de la sonde. Différents essais de coffrets version 3.0 puis 3.1 furent entrepris à la demande de l'EPSHOM, d'abord en rade de Brest puis pendant le levé des abords de Fécamp. Différents défauts du logiciel associé conduisirent à reporter la mise en service de la nouvelle version.

L'événement marquant de la période considérée fut le mauvais fonctionnement du réseau Hydroboucle de *L'Espérance* pendant la campagne en Atlantique. Cette situation entraîna d'abord un retour à Brest après quelques heures de mer. Malgré l'intervention prolongée pendant près d'une semaine des techniciens de l'EPSHOM, des blocages intempestifs du réseau et des disparitions aléatoires de stations perturbèrent toute la campagne. Ils imposèrent de nombreux « arrêt-marche » du système et perturbèrent l'acquisition des données, les durées de bon fonctionnement continu dépassant rarement 24 heures.

L'élimination des faiblesses connues du système (faux contacts entre les boîtiers de stations et les bacs, défauts des alimentations 24 V et des câbles de liaison, incompatibilité entre certaines versions de PROM) n'ayant pas permis de résoudre complètement le problème, des essais complémentaires furent organisés à la base de la MHA, avec le concours

de l'EPSHOM, à l'issue de la campagne. Ils permirent d'identifier et de corriger les dernières causes d'anomalies :

- défaut de programmation de la station calculateur HDB 488 V3.0;
- défaut de réalisation des câbles de liaison double longueur;
- conflit entre les cartes contrôleur des stations points d'accès des bacs montés en série;
- défaut de fond de panier d'un bac.

Pour supprimer les contacts électriques entre les bacs et les stations, on abandonna l'emploi des boîtiers métalliques qui assuraient l'indépendance des stations et facilitaient les permutations. La solution adoptée - cartes mises en place sur rails en plastique et faces avant fixées sur le bac - constitue une transition vers l'équipement retenu pour les nouveaux BH2; elle fut généralisée par l'EPSHOM dans le cadre d'une refonte de l'ensemble des réseaux Hydroboucle en service.

Malgré les problèmes mentionnés ci-dessus, la campagne en Atlantique permit de valider la version 3.1 de la station JMR, et donc de régler enfin l'acquisition des points Transit. L'utilité de la station console développée par l'EPSHOM et de son moniteur associé fut largement démontrée : ce dispositif constitue un moyen de contrôle du réseau Hydroboucle, indépendant de la station calculateur. Son emploi accélère sensiblement le diagnostic des avaries du réseau, facilite la relance du système et la maintenance des ensembles. L'emploi intensif de la station GPS (version TR5SB 3.0) mit en évidence un fonctionnement imparfait : le protocole d'acquisition des données calculées fournies par le récepteur ne permet pas l'archivage du message complet - nécessaire au traitement en temps différé des positions calculées en mode 2D - au rythme normal d'une acquisition par seconde.

La version avec calculateur HP 85 du système Hydrac bâtiment fut abandonnée au désarmement de *Astrolabe*, au profit de la version plus performante avec calculateur de classe A. Malgré une augmentation de quatre à six, le parc de calculateurs, de ce type se révéla rapidement insuffisant pour assurer d'une part l'acquisition et le traitement primaire des données à bord des bâtiments et, d'autre part, la préparation et la rédaction des levés à la BMHA. Cette situation ralentit l'avancement de la rédaction et les développements de logiciels liés à la refonte de la chaîne Hytraï (cf. § 1.5) et à l'exploitation de la campagne de *L'Espérance* en Atlantique.

I.5. MÉTHODES

La situation des chaînes d'acquisition et de traitement de données utilisées à la MHA à mon arrivée conduisit à consacrer un potentiel non négligeable

à leur mise en ordre. Les développements relativement nombreux furent entrepris en fonction des besoins. Une attention particulière fut accordée au contrôle numérique des logiciels - ce qui n'exclut pas des erreurs résiduelles - mais il ne fut pas possible de rédiger simultanément les notices correspondantes. Cet inconvénient et partiellement compensé par l'aspect auto-explicatif des logiciels.

1.5.1. Hydrographie côtière

Mon prédécesseur avait abandonné la chaîne de logiciels Hytrai mise en service en 1985, au profit d'une nouvelle chaîne censée être plus performante et développée à la MHA. L'absence de plan d'ensemble et de concertation avec l'EPSHOM ou les autres missions ainsi que les moyens limités de la mission conduisaient à une situation qui ne me parut pas satisfaisante. Deux options pouvaient être envisagées : poursuivre la refonte entreprise ou revenir à la chaîne officielle. La chaîne de la MHA était caractérisée principalement par la suppression des fichiers type TRAVAL dont la gestion avait paru trop lourde : l'ensemble des traitements intermédiaires devaient être réalisés sur les fichiers ACQ reformatés qui présentent l'avantage d'une correspondance simple : un fichier correspond à un profil de sonde. Ce choix nécessitait néanmoins une adaptation du format des fichiers ACQ qui avait été éludée et une refonte des programmes qui n'était pas suffisamment avancée pour couvrir les besoins des autres missions. La souplesse permise par la nouvelle structure conduisit à décider, après concertation avec le Centre Informatique de l'EPSHOM, de poursuivre la refonte. La figure 2 précise le schéma général de la nouvelle chaîne dont le développement, réalisé conjointement par l'EPSHOM et la MHA, n'était pas encore achevé à mon départ. Le format retenu pour les fichiers ACQ reformatés est détaillé en annexe 2. Par ailleurs l'adaptation des programmes d'acquisition et de traitement nécessaires à leur mise en œuvre sur calculateur HP 310 fut entreprise par l'équipe du *Lapérouse* puis poursuivie par la MHR.

Les méthodes d'exploitation des moyens classiques de détection des anomalies de profondeur (magnétomètre et sondeur latéral) furent revues : l'exploitation en temps réel fut complétée par un dépouillement systématique en temps différé, associé le cas échéant à la rédaction d'un document intermédiaire (construction des échos) archivé. L'automatisation des méthodes de dépouillement des enregistrements de sondeur latéral restait à développer à mon départ.

L'automatisation des méthodes de rédaction des levés est susceptible d'avoir des retombées intéressantes sur la conduite des levés. Cet aspect n'avait pas fait, jusqu'à présent, l'objet de développements

particuliers. Une action fut entreprise pour développer une procédure de détection automatique des sondes anormales à partir des fichiers ACQ issus d'un levé régulier. Les logiciels correspondants (RECH_SOMMET : recherche des sondes anormales et constitution des fichiers correspondant à une ou plusieurs coupures; TRACSOM : sélection des sondes retenues et tracé) furent achevés en juillet 1988 et ne purent être mis en œuvre avant mon départ. Les principes de l'algorithme de détection des sondes anormales sont indiqués en annexe 3.

La mise au point de la doctrine d'emploi et des méthodes d'exploitation des nouveaux équipements (sonar DUBM 21C et sondeur Lennermor) fut à peine ébauchée : on se reportera au chapitre IX.

1.5.2. Hydrographie hauturière

Bien que les travaux effectués en 1988 (cf. chapitre VII) fussent analogues à ceux de 1987, la chaîne d'acquisition et de traitement utilisée pour les levés océaniques et pour l'évaluation du système national de radionavigation (SNR) subit quelques évolutions. Son schéma général est indiqué sur la figure 3.

Le programme d'acquisition UNIVERS développé en 1987 fut conservé. Malgré les modifications et améliorations effectuées avant et pendant la campagne en Atlantique, ce programme a paru mal adapté à un usage hydrographique. Indépendamment des défauts décelés dans le module de traitement des balises acoustiques, l'absence de moyens simples de contrôle de la localisation et l'impossibilité de combiner des systèmes différents pour calculer le point constituent un handicap certain par rapport au programme d'acquisition développé par la MOA à partir de 1986. On peut regretter, de ce point de vue, qu'il n'y ait pas eu de concertation entre les deux missions.

Le traitement en temps différé fut développé : les principaux aménagements portèrent sur les points suivants :

a) *formatage des fichiers :*

Le programme de 1987 fut réécrit. L'adoption du format ACQ88 permet de transférer simultanément dans un même fichier les sondes et les mesures de pesanteur d'un profil donné.

b) *calibration d'un champ de balises :*

— calibration relative : un nouveau programme de calibration relative a été écrit pour permettre l'exploitation d'observations partielles (nombre de mesures validées inférieur au nombre de balises du champ);
— orientation du champ : une erreur a été décelée dans le programme ORIBA qui permet de déterminer l'orientation du champ à partir de deux profils réalisés à cap inverse. Cette erreur, qui semble provenir de la version originale sur calculateur HP 9845 peut

entraîner des écarts de 5 à 10° sur l'orientation calculée. Cette valeur n'étant normalement utilisée que pour l'orientation provisoire du champ nécessaire à l'exécution du levé, les documents définitifs rédigés à partir des éléments de calibration absolue ne sont pas, en principe, affectés par cette erreur;

— calibration absolue : le programme de 1987 permet de traiter les fichiers bruts issus du pro-

gramme UNIVERS. Quelques aménagements de détail lui ont été apportés.

Un autre programme, dérivé du logiciel d'adaptation entre deux réseaux géodésiques NADAPT développé à l'EPSHOM (Bessero, 1985) a été écrit pour permettre l'exploitation des fichiers de corrections issus du programme d'étalonnage ETALOS (cf. § c) ci-après).

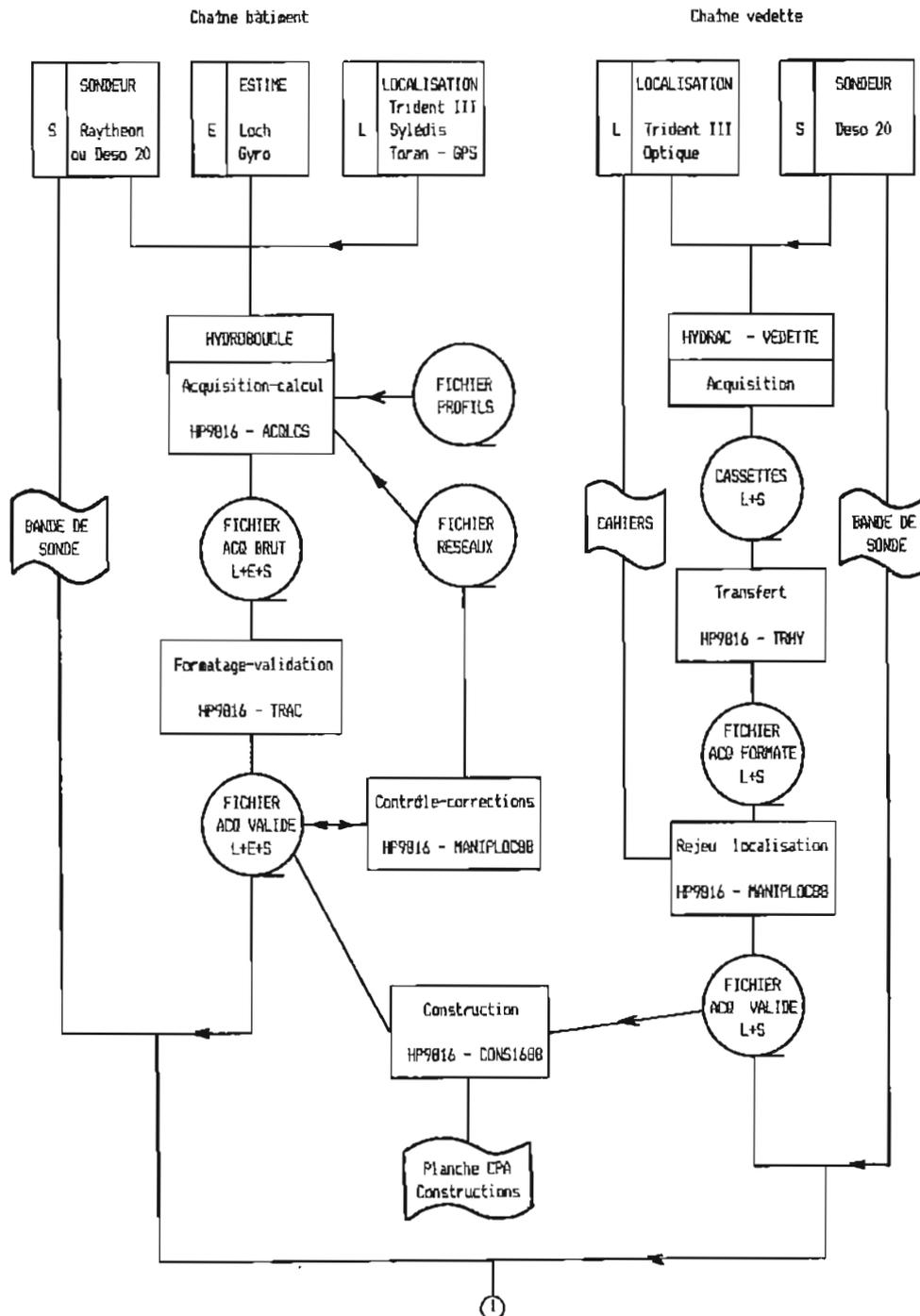


FIG. 2. - Acquisition et traitement des données : levés côtiers

c) traitement de la localisation:

Le programme REJLOS_MHA permet le rejou et le contrôle de la localisation. Le programme ETALOS permet d'étalonner un ou plusieurs réseaux par rapport à des réseaux pris comme références. Ces deux programmes sont issus des programmes correspondants mis au point à la MOA en 1987 (Bessero, 1988). Les modifications concernent:

- l'adaptation au format ACQ88;
- l'intégration des formules de changement de système de coordonnées;
- l'intégration de réseaux supplémentaires (Loran circulaire, Rana, balises acoustiques).

Un programme de traitement en temps différé des observations GPS en mode 2D a été écrit sur spécifications définies par l'EPSHOM et dérivées d'une

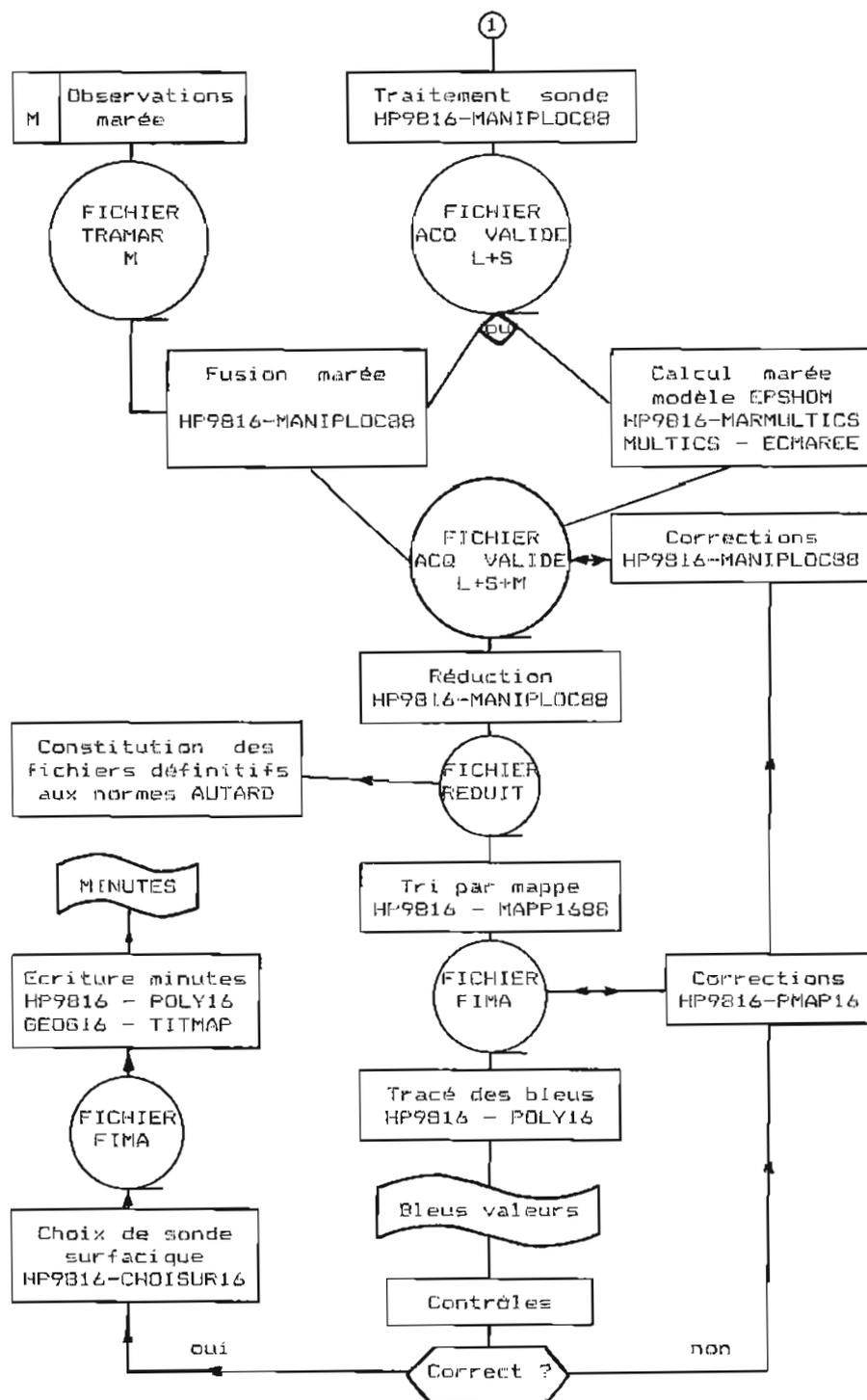


FIG. 2. (suite) – Acquisition et traitement des données : levés côtiers

procédure de correction approchée des erreurs d'estimation de la dérive d'horloge imaginée à l'IFREMER. La mise au point de ce programme n'a pu être achevée.

L'évaluation du système SNR entraîna le développement d'un ensemble de logiciels spécifiques: on se reportera au chapitre VII.

d) traitement de la gravimétrie:

Une nouvelle chaîne de traitement a été mise au point en fonction du nouveau format ACQ88. Les programmes concernés sont les suivants:

— IMP_DHSG et SAISIE_LSG: traitement des mesures à quai pour la détermination de la dérive du gravimètre;

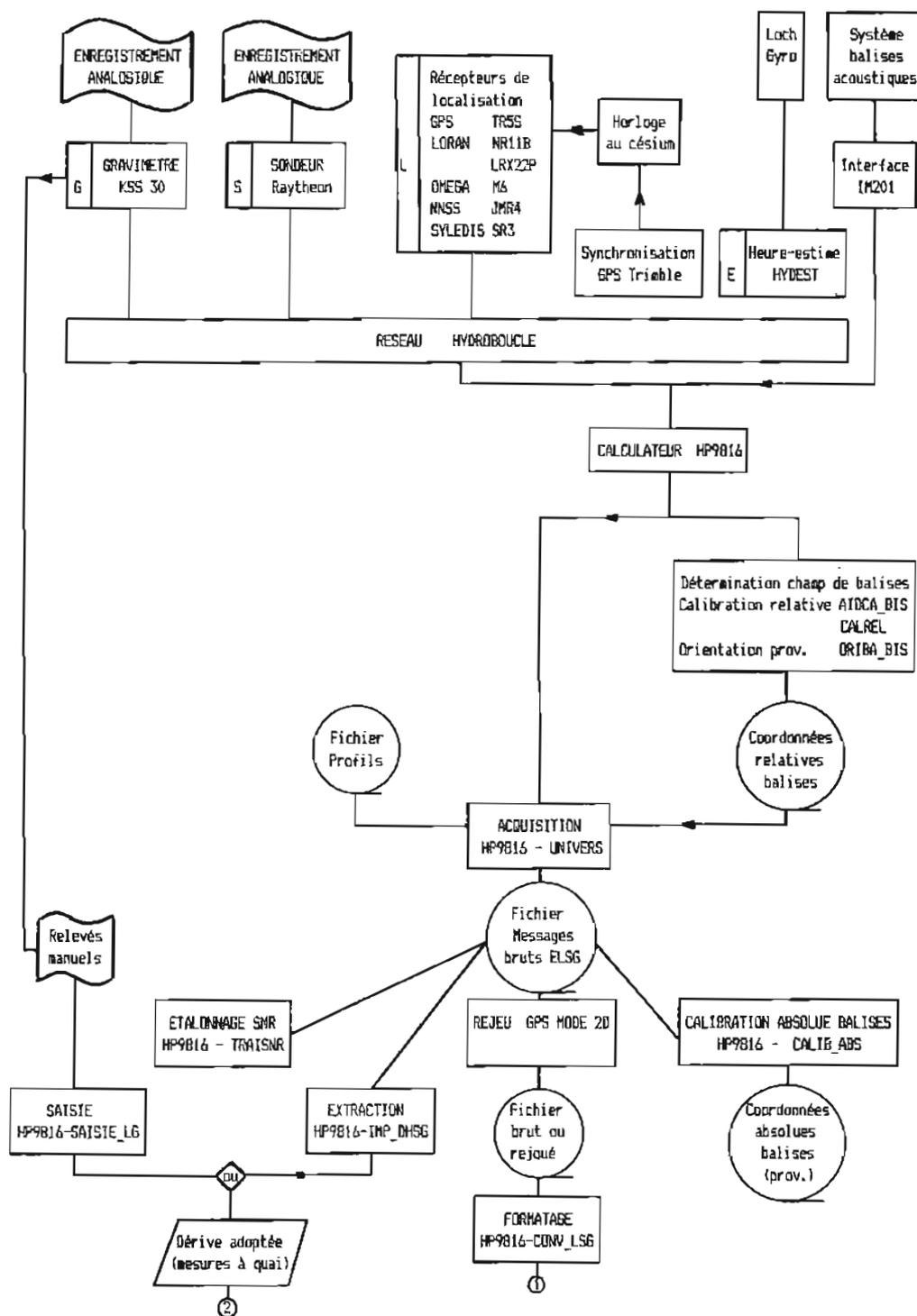


FIG. 3. - Acquisition et traitement des données : levés océaniques

- MANIPLOC88 : constitution des fichiers réduits en prenant en compte le retard dû au filtrage du gravimètre et la dérive adoptée;
- RED_GL_VL : calcul de la correction d'Eotvos (avec lissage de la localisation) calcul de la pesan-

teur absolue et de l'anomalie à l'air libre dans le système IGSN 71.

Une option « pesanteur » ou « anomalie à l'air libre » est incluse dans les programmes de tracé de la chaîne bathymétrie.

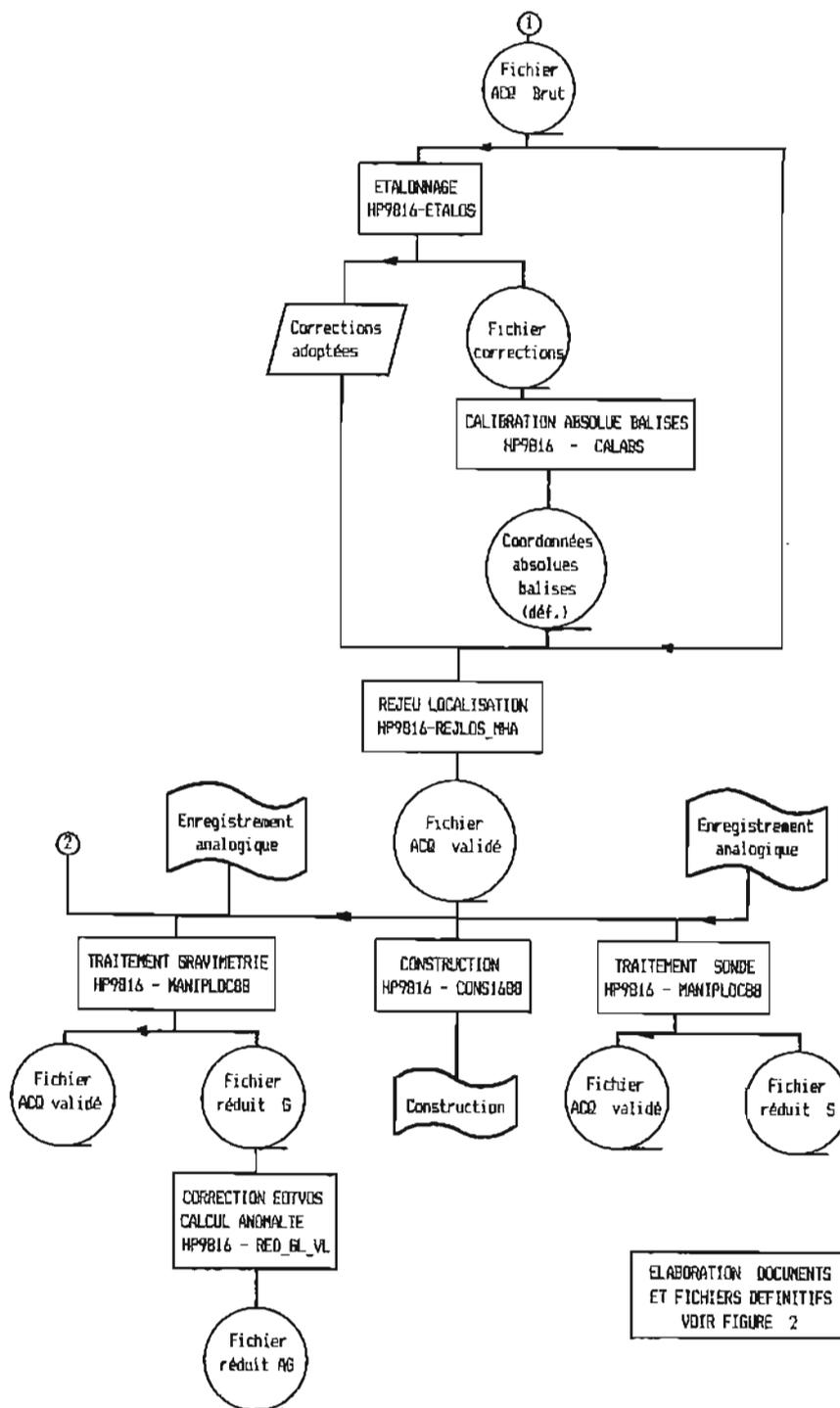


FIG. 3. (suite) – Acquisition et traitement des données : levés océaniques

CHAPITRE II

LEVÉ CÔTIER DE LA BAIE DE SEINE

II.1. PRÉSENTATION

Ce levé s'inscrit dans le programme d'hydrographie générale systématique de la baie de Seine dont la réalisation avait débuté en 1976. Il doit couvrir la bande située entre la côte et l'isobathe 20 m, d'Antifer à Gatteville, de manière à assurer la continuité avec le levé intermédiaire de la zone située entre la limite franco-britannique et l'isobathe 20 m, achevé en 1983. La figure 4 précise les limites des zones concernées.

Le levé côtier avait été entrepris en 1985 à partir d'Antifer, par l'IPA Roudaut. Parallèlement à l'achèvement de la rédaction des minutes couvrant la sous-zone Le Havre-Ouistreham (levé 87.54), le levé de la sous-zone Ouistreham-Ver-sur-Mer démarra en 1986. Ce chantier, confié au BH1 *L'Espérance*, continua après mon arrivée : trois sorties lui furent consacrées, du 13 au 28 octobre, du 20 au 26 novembre et du 1^{er} au 14 décembre 1987. Il fut suspendu à la fin de l'année 1987, conformément aux prescriptions du programme d'activités fixé à la MHA pour 1988.

L'Espérance fit escale au Havre à plusieurs reprises pour ravitailler en eau ou lorsque les conditions météorologiques ne permettaient pas de sonder. L'équipe de soutien à terre fut hébergée au sémaphore de Port-en-Bessin pendant les trois dernières sorties.

II.2. LOCALISATION

La localisation fut assurée à l'aide d'un réseau de balises Trident IIIA implantées sur des points connus ou rattachés au système NTF (tableau 2). Tous les calculs furent réalisés en projection Lambert I.

Aucun étalonnage optique ne fut réalisé sur zone : la taille des chapeaux observés avec trois lieux au moins est restée compatible avec la précision attendue du système Trident et l'échelle du levé.

II.3. MARÉE

II.3.1. Observations

La marée ne fut observée qu'en un seul point : un marégraphe Suber SLS 23 fut mis en place sur l'épave 145.90.037, au large de Courseulles, du 16 septembre au 25 octobre 1987 puis du 21 novembre au 14 décembre 1987. Des observations à la sonde lumineuse furent réalisées au voisinage des pleines mers, à partir d'un point nivelé du quai ouest de Courseulles pendant la deuxième période, pour permettre la matérialisation du niveau de réduction des sondes. La figure 5 précise les caractéristiques de l'observatoire.

II.3.2. Traitement

il était prévu de déterminer la correction de marée à appliquer aux sondes brutes à l'aide du modèle harmonique développé par l'EPSHOM (Simon, 1988), calé sur l'observatoire permanent du Havre, port de référence de la zone considérée.

La comparaison de la marée calculée par cette méthode et de la marée observée devant Courseulles mit en évidence une dispersion des écarts entre les hauteurs horaires dépassant 1 m, incompatible avec les normes de précision en vigueur. L'ana-

Tableau 2. – Stations Trident de la baie de Seine

Nom de la station	Coordonnées (NTF, Lambert I)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Port-en-Bessin, sémaphore	374 169,7	1 187 956,7	82,0	MHA 1982	Fiche 145.90.52
Ver-sur-Mer, phare	392 563,8	1 186 164,0	47,8	MHA 1982	Fiche 145.90.61
Saint-Aubin, château d'eau	400 687,0	1 182 507,4	65,9	MHA 1987	Fiche 145.90.70
Ouistreham, phare	412 015,9	1 178 757,6	39,4	MHA 1980	Fiche 145.90.14
La Hève, blockhaus	436 052,1	1 203 391,3	104,0	MHA 1980	Fiche 180.90.45

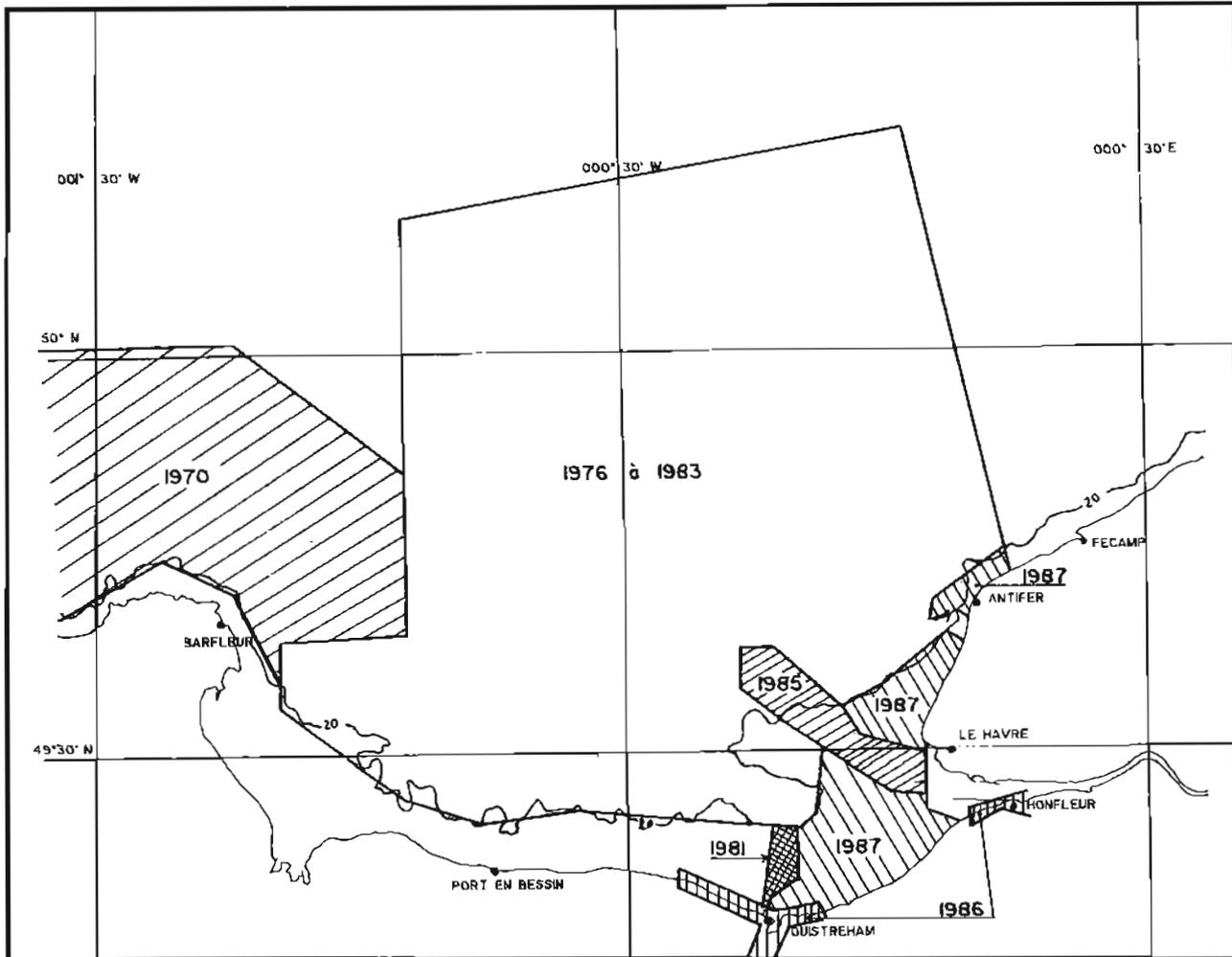


FIG. 4. - Index des levés en baie de Seine

lyse effectuée par l'EPSHOM conduisit à admettre que l'observatoire de référence était mal choisi pour deux raisons : d'une part la complexité de la marée du Havre est mal restituée par le modèle qui n'intègre qu'un nombre limité d'ondes et d'autre part, la marée observée au Havre n'est pas représentative de la marée dans la zone du levé. Mais, le marégraphe devant Courseulles n'ayant pas été maintenu en fonction pendant toute la durée des sondages de 1986 et 1987, son utilisation comme observatoire de référence ne permettait pas de traiter tous les sondages effectués. Après différents essais, une solution satisfaisante fut obtenue en utilisant le modèle harmonique calé sur la demi-somme des marées observées au Havre et à Cherbourg. Plus précisément, la formule utilisée est :

$$C(E, N, t) = M(E, N, t) + 0,5 (O1(t) - M1(t)) + 0,5 (O2(t) - M2(t))$$

avec :

$C(E, N, t)$: correction à retrancher à la sonde observée à l'instant t au point de coordonnées E, N

$M(E, N, t)$: marée calculée par le modèle au point courant, rapportée au niveau concordant avec le zéro hydrographique du Havre

$M1(t)$: marée calculée par le modèle au Havre, rapportée au zéro hydrographique du Havre

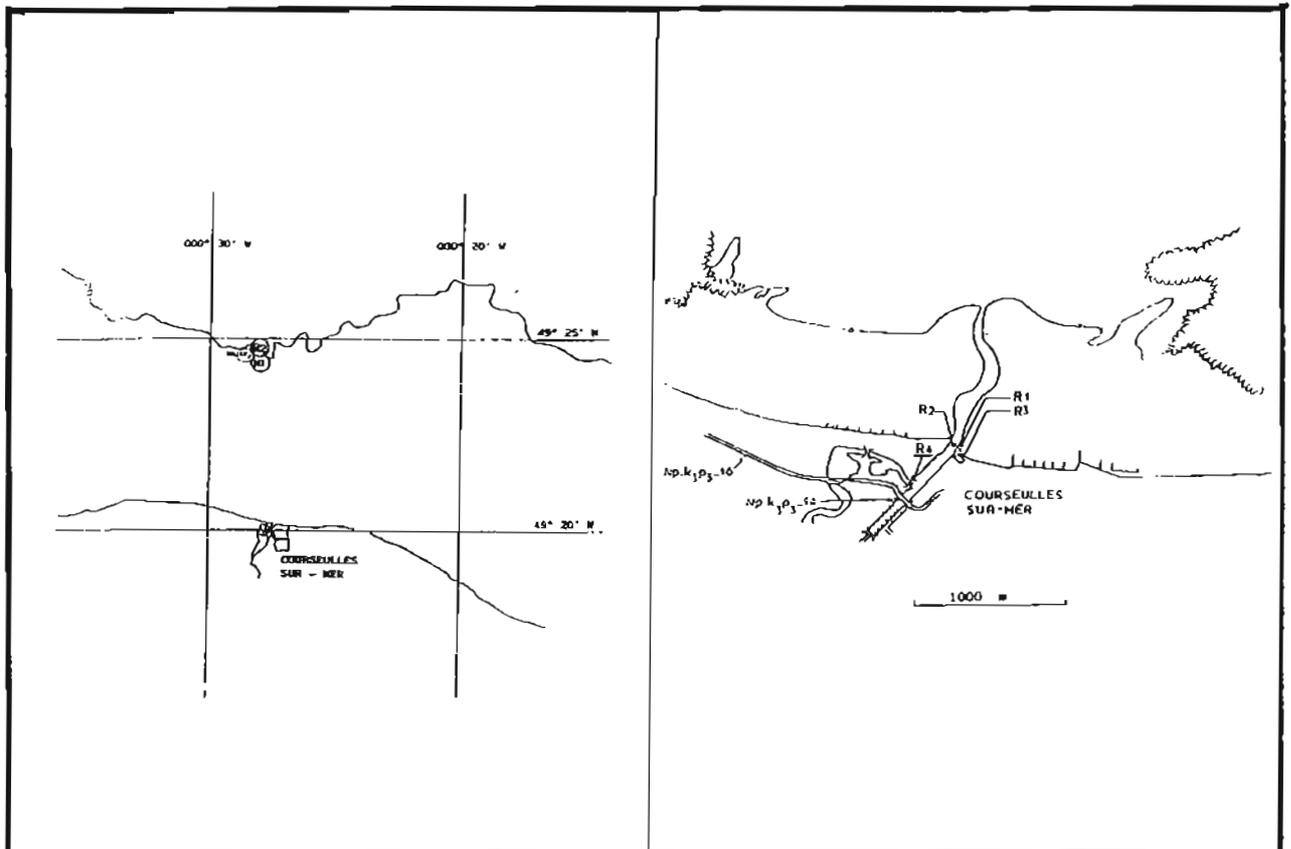
$M2(t)$: marée calculée par le modèle à Cherbourg, rapportée au zéro hydrographique de Cherbourg

$O1(t)$: marée observée au Havre, rapportée au zéro hydrographique du Havre

$O2(t)$: marée observée à Cherbourg, rapportée au zéro hydrographique de Cherbourg

Les zéros hydrographiques du Havre et de Cherbourg ne sont pas en concordance : le zéro hydrographique de Cherbourg est situé 20 cm au-dessous du niveau concordant avec le zéro hydrographique du Havre. Cet écart est pris en compte dans le calcul de $M2(t)$.

La dispersion des écarts horaires entre la marée ainsi calculée et la marée observée à Courseulles est inférieure à 70 cm. La valeur moyenne des écarts



SITUATION DES REPERES ET DES DIFFERENTS ZEROS DE REFERENCE

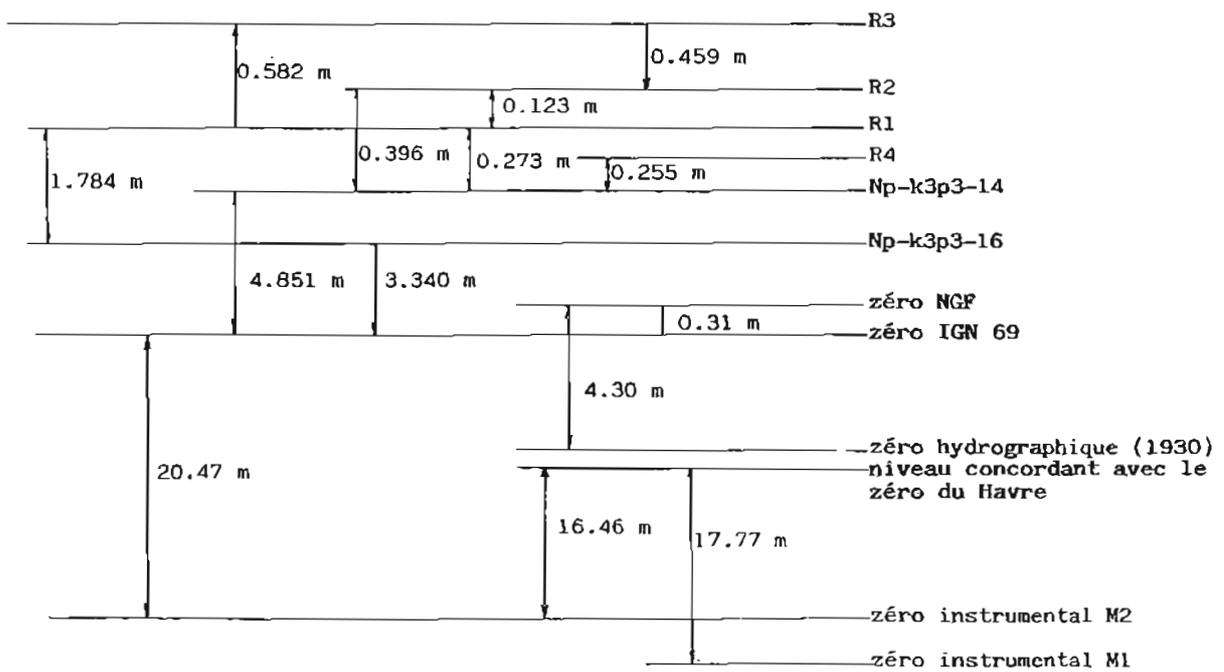


FIG. 5. - Observatoire de marée de Courseulles-sur-Mer

est voisine de 10 cm environ; ce biais résulte des définitions différentes du niveau de référence de la marée observée (niveau concordant avec le zéro hydrographique du Havre, déterminé sur une courte période) et du niveau de référence de la marée calculée (niveau associé à une basse mer particulière, corrigé de l'écart observé au port de référence). La validité de cette méthode fut contrôlée sur les observations du marégraphe immergé devant Ouistreham du 4 septembre au 8 octobre 1986: la dispersion des écarts horaires est de 66 cm, contre 51 cm pour la différence entre la marée observée et le modèle calé sur Le Havre. Le marégraphe de Cherbourg ayant été indisponible du 23 novembre au 14 décembre 1987, les sondages de cette période ont été réduits de la marée calculée à l'aide du modèle calé sur l'observatoire de Courseulles.

A Courseulles, le niveau concordant avec le zéro hydrographique du Havre est situé à 4,32 m au-dessous du zéro NGF. Cette valeur est cohérente avec le zéro traditionnel, situé à 4,30 m au-dessous du zéro NGF. Ce zéro traditionnel n'était matérialisé par aucun repère existant.

II.4. BATHYMÉTRIE

II.4.1. Sondages effectués

La figure 6 indique l'état d'avancement à la fin de 1987 du levé de la sous-zone Ouistreham-Ver-sur-Mer. Le levé régulier a été effectué suivant des profils espacés de 100 m, avec mise en œuvre systématique du magnétomètre. Il n'a pas paru utile de resserrer les profils à la côte, la morphologie du fond étant peu accidentée. Le levé de la zone accessible au bâtiment fut achevé ainsi que l'exploration au sondeur latéral des anomalies magnétiques détectées dans les zones sondées par le bâtiment ou ses vedettes. Les conditions météorologiques en fin d'année, peu propices à la mise en œuvre des vedettes, ne permirent pas l'achèvement du levé régulier de la zone dévolue aux vedettes.

Les investigations des anomalies magnétiques permirent la découverte de 7 épaves nouvelles et la confirmation de 17 épaves connues; 2 épaves réper-

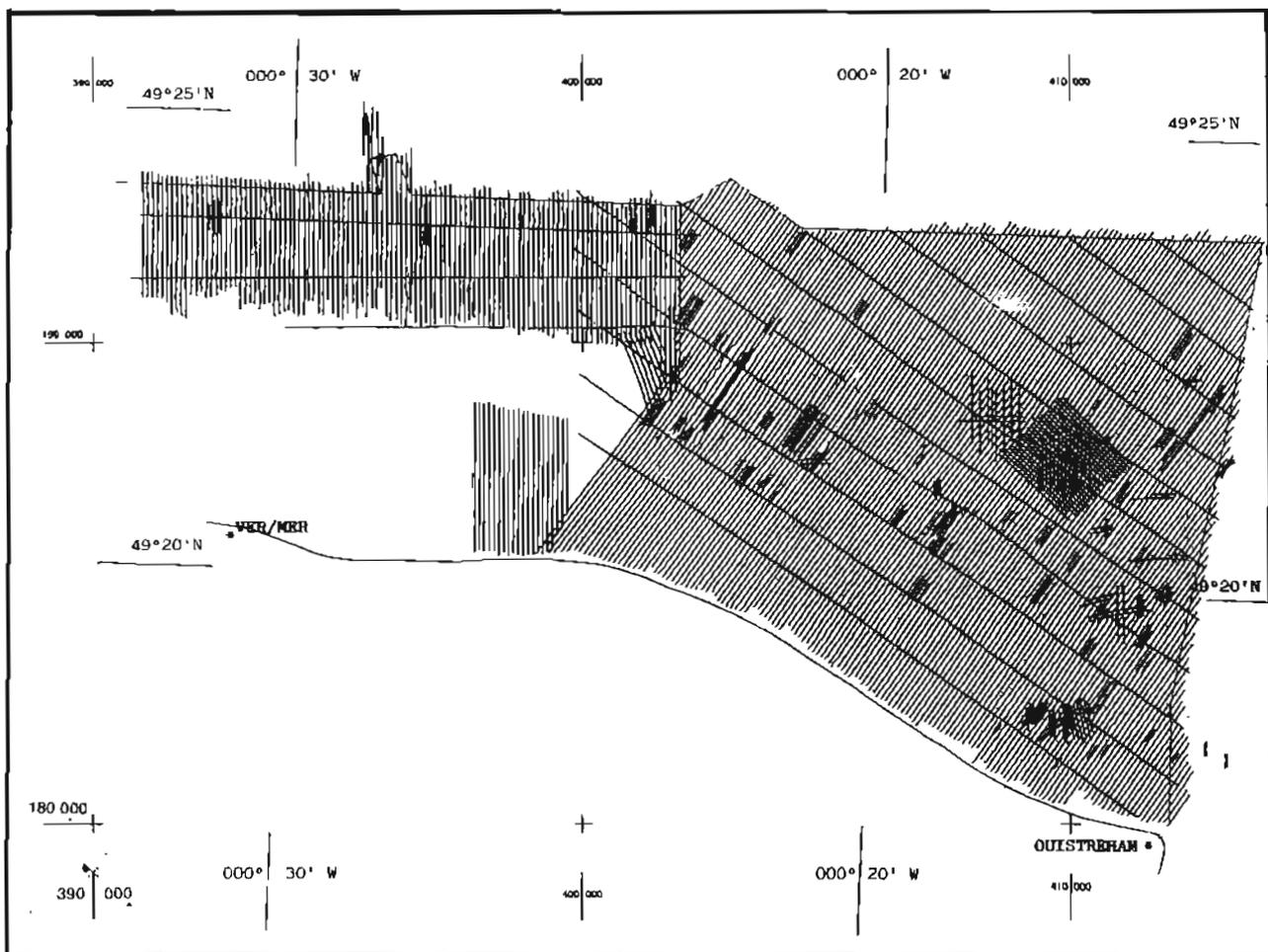


FIG. 6. - Levé côtier de la baie de Seine - Zone Ouistreham - Ver-sur-Mer: état des profils sondés à la fin de 1987

torées n'ont pas été retrouvées (tableau 3). Une des épaves nouvelles fut détectée au magnétomètre lors d'une prise de profil à l'intérieur de la zone couverte par le levé intermédiaire de 1976-1979. Une exploration au sondeur latéral puis une recherche au sondeur vertical furent effectuées. Un brassage provisoire de 11,4 m - par fonds de 20 m - fut adopté pour le signalement aux autorités maritimes mais une exploration par plongeur restait nécessaire pour préciser la nature et la cote du point haut. Cette découverte rappelle les limites des levés même récents effectués sans moyen de détection systématique des épaves et obstructions.

II.4.2. Rédaction

La zone considérée est couverte par huit coupures au 1:10 000. Si la validation de la localisation et la constitution des fichiers localisation-sonde purent être achevées assez rapidement, les difficultés

rencontrées pour l'élaboration des corrections de marée (cf. § II.3.2) retardèrent la suite des traitements. La constitution du fichier des corrections de marée ne fut entreprise qu'en juillet 1988. La fusion sonde-marée était terminée à mon départ, mais elle n'avait pas été contrôlée.

II.5. TOPOGRAPHIE

Les travaux de topographie devaient se limiter au contrôle des minutes de restitution photogrammétriques au 1:10 000 élaborées par l'EPSHOM (levé 85.37). L'exécution de ces contrôles fut suspendue, en attendant que puisse être réalisée une comparaison avec les minutes relatives aux sondages effectués sur l'estran à pleine mer par les vedettes.

Tableau 3. - Bilan des recherches d'épaves en baie de Seine

Numéro	Désignation	Coordonnées (NTF, Lambert I)		Brassage (m)	Commentaires
		E (m)	N (m)		
1. Épaves nouvelles					
145.90.540	Inconnue	395 528	1 194 452	11,6	Avis 88.04.24
145.90.575	Inconnue	401 815	1 189 246	9,7	
145.90.574	Inconnue	401 969	1 189 537	9,6	
145.90.572	Inconnue	406 482	1 186 361	8,1	
145.90.573	Char	407 230	1 186 950	9,6	
145.90.571	LCVP	409 105	1 182 137	3,0	
145.90.570	Inconnue	410 337	1 183 596	4,9	
2. Épaves confirmées					
145.90.137	Cargo <i>Samlong</i>	395 850	1 193 764	15,9	Investigation incomplète Investigation incomplète Investigation incomplète Investigation par plongeurs Investigation incomplète Investigation par plongeurs
145.90.154	Cargo	396 749	1 192 403	13,8	
145.90.153	Torpilleur	400 935	1 192 439	13,8	
145.90.152	Cargo <i>Rousseville</i>	401 395	1 192 550	13,9	
145.90.187	Cargo <i>Derrycunihy</i>	407 463	1 186 358	2,5	
145.90.181	Cargo	407 562	1 186 432	5,9	
145.90.519	Inconnue	409 087	1 182 089	0,6	
145.90.196	Cuirassé <i>Courbet</i>	409 300	1 182 230	0,3	
145.90.516	Inconnue	409 655	1 182 089	2,3	
145.90.517	Inconnue	409 905	1 182 030	3,0	
145.90.518	Inconnue	409 942	1 182 159	0,4	
145.90.515	Inconnue	409 978	1 182 156	2,8	
145.90.190	LST	410 592	1 184 566	6,4	
145.90.185	Torpilleur <i>Durban ou Lion</i>	410 725	1 186 112	7,6	
145.90.178	LCG 1062	411 972	1 186 842	8,1	
145.90.188	LST	412 168	1 185 485	5,0	
145.90.163	Cargo	412 460	1 189 262	10,2	
3. Épaves non retrouvées					
145.90.523	Chalutier	(409 900)	(1 187 600)		
145.90.192	Bloc de béton	(411 030)	(1 184 310)		

II.6. REVUE DES AMERS ET DU BALISAGE

La partie maritime de la revue d'amers entre Cabourg et Courseulles-sur-Mer fut achevée pendant la dernière sortie de décembre 1987. Elle fut complétée par une couverture photographique réalisée le 26 avril 1988 avec un hélicoptère Alouette III de l'escadrille 22S. Les fiches correspondantes n'étaient pas achevées à mon départ.

Trois feuillets photographiques relatifs au balisage flottant de la zone furent expédiés à l'EPSHOM en avril 1988.

II.7. COURANTOMÉTRIE

Deux séries d'observations de courant en surface furent effectuées simultanément en décembre 1987

aux points n^{os} 6 et 7 des instructions techniques de 1983. La mise en place des mouillages (bouées Selco et ligne de pare-battages) fut retardée par les mauvaises conditions météorologiques et il ne fut pas possible d'assurer quinze jours d'observations. Les caractéristiques des deux stations sont précisées dans le tableau 4. Les dossiers correspondants furent rédigés et signés avant mon départ.

Le courant observé est semi-diurne, alternatif et sensiblement parallèle à la côte. La variabilité spatiale est importante : la vitesse maximum observée en vive-eau de coefficient 80 est voisine de 80 cm/s à la station 20108, contre 180 cm/s à la station 20109. Cette différence conduisit à mettre en doute le fonctionnement d'un des deux appareils mais l'expertise réalisée par l'EPSHOM ne releva aucune anomalie.

Tableau 4. – Stations de courantométrie en baie de Seine

N ^o de station	Lieu d'observation	Position (NTF, Lambert I)		Période d'observation	Type de courantomètre
		E (m)	N (m)		
20108	Épave 145.90.144	409 555	1 193 120	4 - 12 décembre 1987	Suber SLS 21
20109	Épave 145.90.154	396 745	1 192 580	4 - 12 décembre 1987	Suber SLS 21

CHAPITRE III

LEVÉ DE L'ENTRÉE DU PASSAGE DE LA DÉROUTE

III.1. PRÉSENTATION

Ce levé était destiné à renouveler l'hydrographie ancienne et sommaire d'une zone susceptible de présenter un intérêt pour un accès à Saint-Malo entre la côte ouest du Cotentin et les Îles Anglo-Normandes (figure 7). La zone initialement définie par les instructions techniques empiétait à l'ouest sur les

eaux territoriales britanniques associées aux Minquiers. Faute d'un accord de coopération avec les autorités britanniques, le levé fut limité aux eaux françaises.

Les directives pour l'exécution prévoyaient la réalisation du levé en 2,5 mois, la définition et l'investigation de voies recommandées éventuelles ne devant être entreprises qu'après achèvement de la rédaction.

Tableau 5. – Stations Trident de l'entrée du passage de la Déroute

Nom de la station	Coordonnées (NTF, Lambert I)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Chausey, phare	295 060,8	1 138 316,4	41,0	IGN 1962	Point n ^o XII.14.19 fiche 145.81.16
Herberdière, château d'eau	313 849,2	1 135 573,4	96,7	MHA 1987	
Agon, château d'eau	314 337,0	1 156 648,4	70,7	MHA 1987	
Hyenville, château d'eau	319 965,2	1 150 398,7	87,0	MHA 1987	

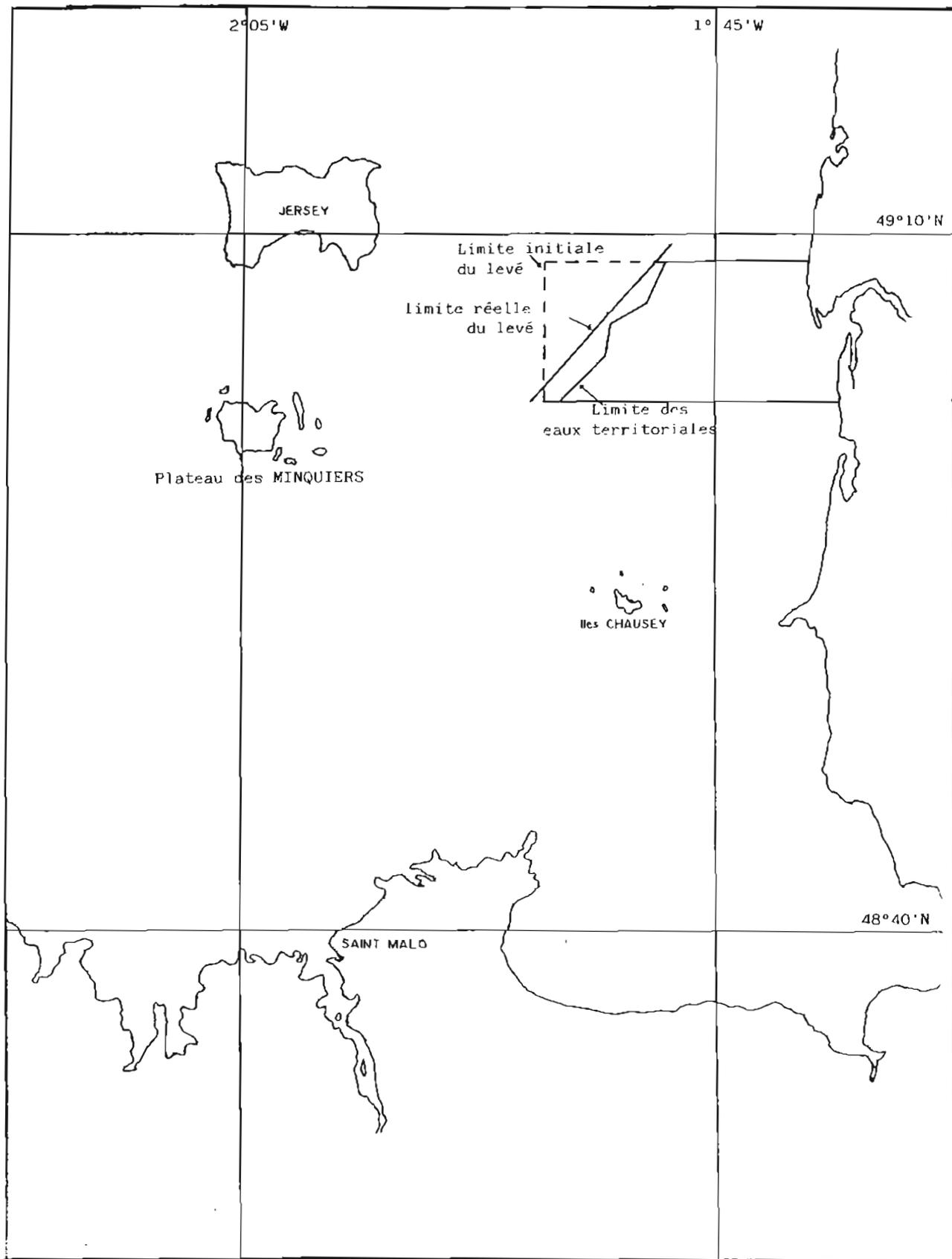


FIG. 7. - Situation du levé de l'entrée du passage de la Déroute

Le levé, attribué au BH2 *Astrolabe*, débuta en avril 1987 sous la direction de l'IPA Roudaut. Il fut poursuivi après le changement de directeur : trois sorties de l'*Astrolabe* lui furent encore consacrées, du 13 au 30 octobre, du 24 novembre au 4 décembre puis du 8 au 18 décembre 1987. Les travaux à la mer furent arrêtés à la fin de 1987, les opérations complémentaires éventuelles ne pouvant être définies de manière rationnelle qu'une fois la rédaction à jour.

L'*Astrolabe* supporta à la mer sans dommage, mais non sans inquiétude, la tempête exceptionnelle qui sévit sur l'ouest de la France dans la nuit du 15 au 16 octobre 1987; elle se réfugia à Saint-Malo du 16 au 19. Les sondages furent de nouveau interrompus les 21 et 22 octobre par une escale à Saint-Helier (Jersey). Les plongeurs du 1^{er} GPD furent fréquemment sollicités pour la mise en place et la récupération des marégraphes Suber.

III.2. LOCALISATION

La localisation fut assurée à l'aide d'un réseau de balises Trident IIIA implantées sur des points connus ou rattachés au système NTF (tableau 5). Tous les calculs furent réalisés en projection Lambert I.

Un étalonnage optique avait été réalisé sur zone en mai 1987. La taille des chapeaux observés avec trois lieux au moins est restée compatible avec la précision attendue du système Trident et l'échelle du levé.

III.3. MARÉE

III.3.1. Observations

Outre l'observation in situ de la marée nécessaire à la réduction des sondages, les instructions techniques prescrivait un programme important d'observations de la marée, de Carteret à Saint-Quay-Portrieux, destiné à la mise à jour des éléments numériques utilisés pour les prédictions de marée. Sa réalisation fut commencée en novembre 1987 et se poursuivit en 1988 après la clôture du chantier. Les derniers marégraphes furent mis en place fin août 1988 par le *Lapérouse*, en prévision d'un levé photogrammétrique organisé par l'EPS-HOM. Seuls deux sites situés en zone anglaise (Les Ecrehou et Les Minquiers) ne furent pas occupés.

A l'exception de l'observatoire permanent de Saint-Servan, tous les observatoires furent armés avec un marégraphe Suber posé sur le fond. Des

échelles de pleine mer furent installées dans les ports pour permettre la matérialisation du zéro hydrographique; les lectures furent assurées par des observateurs bénévoles recrutés sur place.

Pour les besoins de l'exploitation de l'usine marémotrice de la Rance, EDF entretient un marégraphe permanent à Saint-Servan. En raison des difficultés rencontrées pour obtenir les enregistrements correspondants et leurs éléments de calage, un marégraphe supplémentaire Ott R16 fut installé dans le même puits par la MHA. Le contrôle fut assuré au moins une fois par semaine, soit par l'équipe à terre chargée du soutien de l'*Astrolabe*, soit depuis Brest. Afin de vérifier que la marée observée dans l'estuaire de la Rance n'est pas déformée par rapport à la marée extérieure, un marégraphe Suber fut immergé à plusieurs reprises à l'extérieur du chenal d'accès à Saint-Malo.

Le tableau 6 résume les observations effectuées ou entreprises depuis le début du levé. Les observatoires validés avant mon départ sont décrits sur les figures 8 à 12.

III.3.2. Traitement

La différence entre les hauteurs d'eau observées simultanément au Boeuf et aux Ardentes dépassant 40 cm, il fut décidé d'utiliser le modèle harmonique de l'EPSHOM pour calculer la marée nécessaire à la réduction des sondages. La comparaison entre la marée observée au Boeuf ou aux Ardentes et la marée calculée au même point par le modèle calé sur l'observatoire de référence de Saint-Servan n'ayant pas été jugée satisfaisante, le modèle fut modifié en introduisant les deux observatoires comme noeuds supplémentaires pour l'interpolation des constantes harmoniques. Les écarts entre la marée observée et le modèle modifié atteignant 60 cm et dépassant encore souvent 30 cm il fut finalement décidé d'utiliser le modèle modifié et calé sur l'un des observatoires de la zone, Les Ardentes puis Le Marié. La validité de cette procédure fut contrôlée en comparant les marées calculée et observée au Boeuf : la différence ne dépasse pas 15 cm.

La comparaison des marées observées simultanément à Saint-Servan et à l'extérieur de l'estuaire met en évidence des variations significatives : la différence entre les hauteurs horaires est généralement inférieure à 25 cm mais elle dépasse parfois 80 cm. Ces écarts peuvent expliquer les mauvais résultats obtenus avec le modèle calé sur Saint-Servan.

Pour chacun des observatoires rattachés à des repères terrestres, on a déterminé la cote du niveau concordant avec le zéro hydrographique de Saint-Servan, port de référence de la zone. Les résultats obtenus sont les suivants :

— Saint-Quay-Portrieux : le niveau concordant avec le zéro hydrographique de Saint-Servan est situé à 6,27 m au-dessous du zéro NGF. Le zéro

Tableau 6. – Observatoires de marée du golfe norman-breton

N° de station	Lieu d'observation	Période d'observation	Type de marégraphe	Commentaires
-	Saint-Servan (Tour Solidor)	depuis le 23/03/1987	Ott R16	Observatoire de référence
7/87	Saint-Malo (Pierres Portes)	18/11 - 31/12/1987	Suber SLS 13	Appareil récupéré le 11/01/88
12/88	"	depuis le 24/08/1988	Suber SLS 13	
2/88	" (Bouée Le Boujaron)	23/02 - 17/06/1988	Suber SLS 23	Cage renversée et déplacée
1/87	Les Ardentes	29/04 - 27/05/1987	Suber SLS 13	Observatoire non rattaché au réseau de nivellement
2/87	Le Bœuf	29/04 - 27/05/1987	Suber SLS 13	Observatoire non rattaché au réseau de nivellement
3/87	Le Marié	28/05 - 29/06/1987	Suber SLS 13	Observatoire non rattaché au réseau de nivellement
		29/06 - 28/07/1987	Suber SLS 13	
		02/09 - 19/10/1987	Suber SLS 13	
		19/10 - 27/11/1987	Suber SLS 13	
		27/11 - 14/12/1987	Suber SLS 13	
5/87	Saint-Quay-Portrieux	12/11 - 16/12/1987	Suber SLS 23	
-	Binic	12/11 - 16/12/1987	Suber SLS 23	Observations inexploitable
5/88	"	19/04 - 26/05/1988	Suber SLS 23	
3/88	Portbail	23/02 - 31/03/1988	Suber SLS 13	
4/88	Carteret	23/02 - 31/03/1988	Suber SLS 13	Cage renversée et déplacée
	Le Légué	depuis le 22/08/1988	Suber SLS 23	
	Erquy	depuis le 22/08/1988	Suber SLS 23	
	Saint-Cast	depuis le 23/08/1988	Suber SLS 23	
	Cancale	depuis le 23/08/1988	Suber SLS 13	
	Baie du Mont-Saint-Michel	depuis le 23/08/1988	Suber SLS 13	
	Chausey	depuis le 23/08/1988	Suber SLS 13	
	Granville	depuis le 24/08/1988	Suber SLS 13	

hydrographique adopté en 1927-1929, à 6,23 m au-dessous du zéro NGF, est confirmé;

— Binic : le niveau concordant avec le zéro hydrographique de Saint-Servan est situé à 6,32 m au-dessous du zéro NGF. Le zéro hydrographique ancien à 6,23 m au-dessous du zéro NGF (1928) est confirmé;

— Portbail : le niveau concordant avec le zéro hydrographique de Saint-Servan est situé à 6,14 m au-dessous du zéro NGF. Le zéro ancien défini en 1874 n'a pas été retrouvé. La valeur obtenue est cohérente avec le zéro adopté en 1937 à Carteret, à 6,115 m au-dessous du zéro NGF;

— Carteret : le niveau concordant avec le zéro hydrographique de Saint-Servan est situé à 5,66 m au-dessous du zéro NGF. Le zéro adopté en 1937, à 6,115 m au-dessous du zéro NGF serait donc 0,455 m trop bas. On note que le rapport des marnages observés à Carteret et à Saint-Servan (0,873) est un peu plus faible que le rapport déduit de la table des ports rattachés de l'annuaire (0,90).

III.4. BATHYMÉTRIE

III.4.1. Sondages effectués

Le levé fut réalisé par l'*Astrolabe* et par ses deux vedettes. En raison des nombreuses filières ren-

contrées dans la zone, les sondages eurent lieu essentiellement de jour, ce qui contribua à allonger la durée du chantier par rapport aux prévisions initiales. La figure 13 indique l'état d'avancement du levé à la fin de 1987. Le levé régulier a été effectué suivant des profils espacés de 100 m, avec mise en œuvre systématique du magnétomètre. Les profils étaient orientés est-ouest, sauf aux abords des Minquiers, où une orientation au 30° - 210° fut préférée pour des raisons de sécurité, et dans la partie sud-est de la zone où les vedettes sondèrent suivant des profils Trident. Des profils intercalaires furent réalisés, en général avec sondeur latéral, sur les zones accidentées. Le levé régulier au 1:10 000 ou au 1:5 000 était presque achevé au changement de directeur. Les sorties du dernier trimestre 1987 furent consacrées à sa finition, à l'exécution des profils traversiers de contrôle et à l'investigation des indices de relèvement du fond et des anomalies magnétiques.

Plus de 70 anomalies magnétiques susceptibles de correspondre à la signature d'une épave furent explorées au sondeur latéral. Aucune de ces recherches ne donna de résultat. Les sondes anormales à rechercher furent sélectionnées sur des bleus valeurs provisoires, dont une partie fut rédigée avec une marée prédite. Le nombre de sondes s'écartant de plus de 5% de la sonde la plus faible obtenue par interpolation entre toutes les sondes encadrantes dépassant 150, seules 38 d'entre elles - jugées prioritaires compte tenu de leur environnement - furent retenues et recherchées au sondeur vertical.

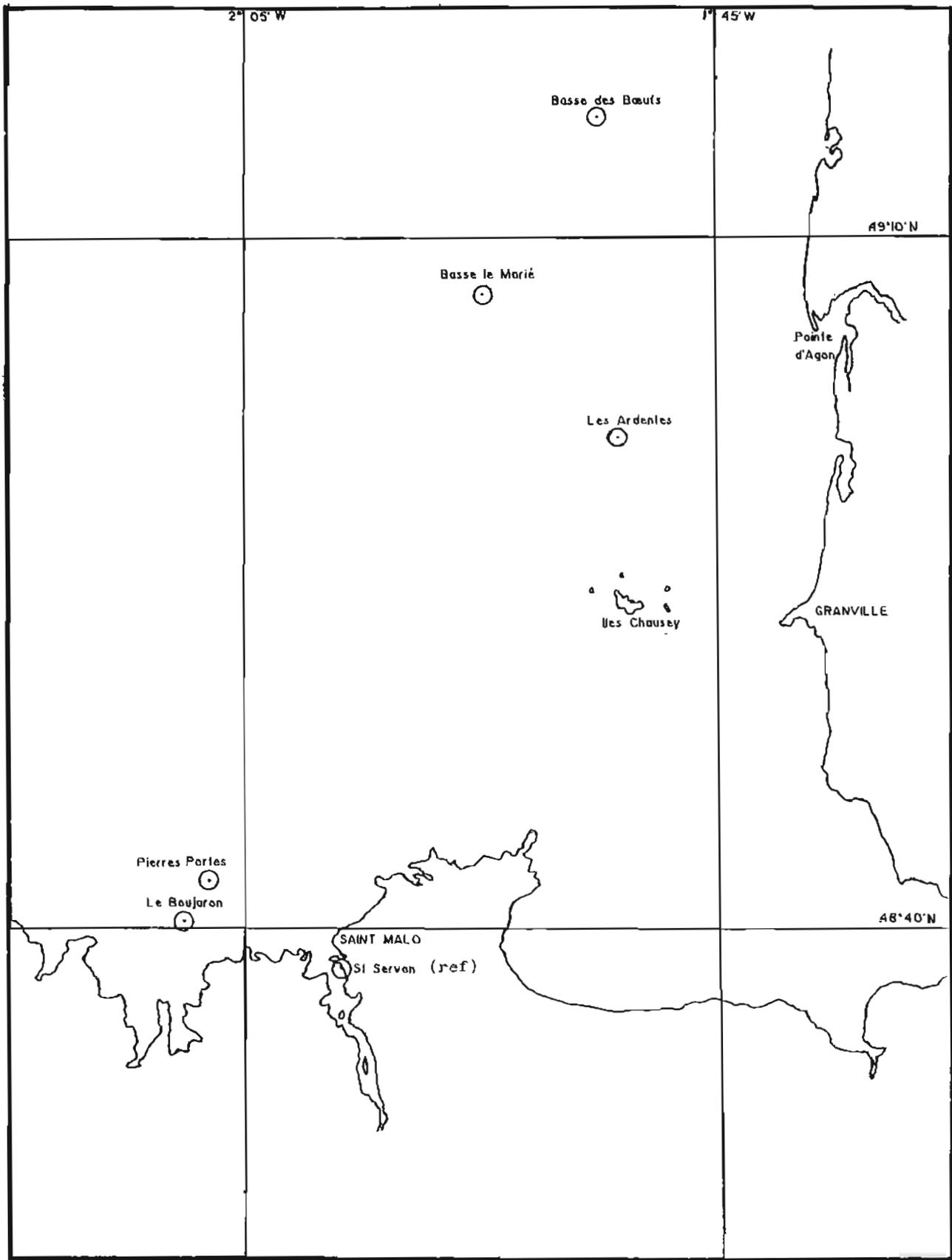
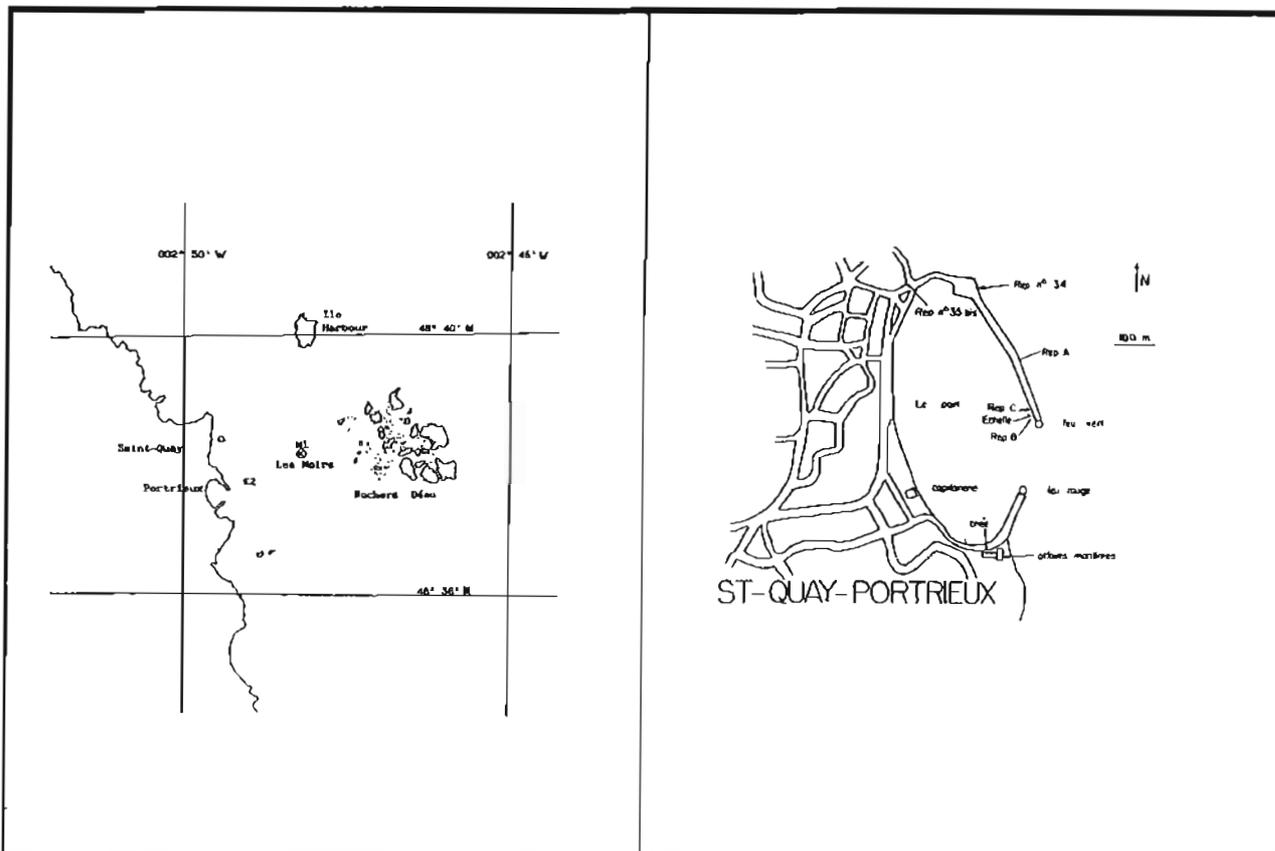


FIG. 8. – Observatoires de marée dans l'entrée du passage de la Déroute et observatoire de référence



SITUATION DES REPERES ET DES DIFFERENTS ZEROS DE REFERENCE

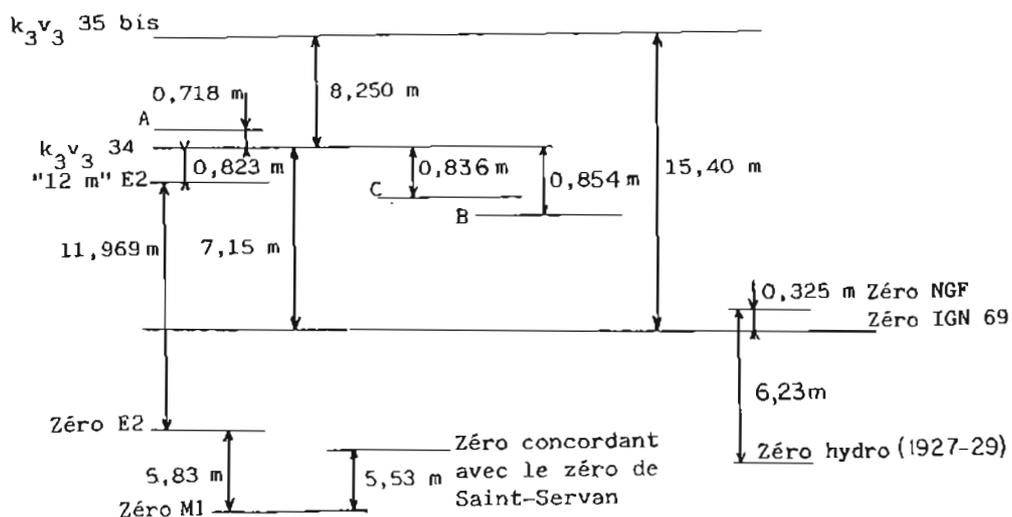
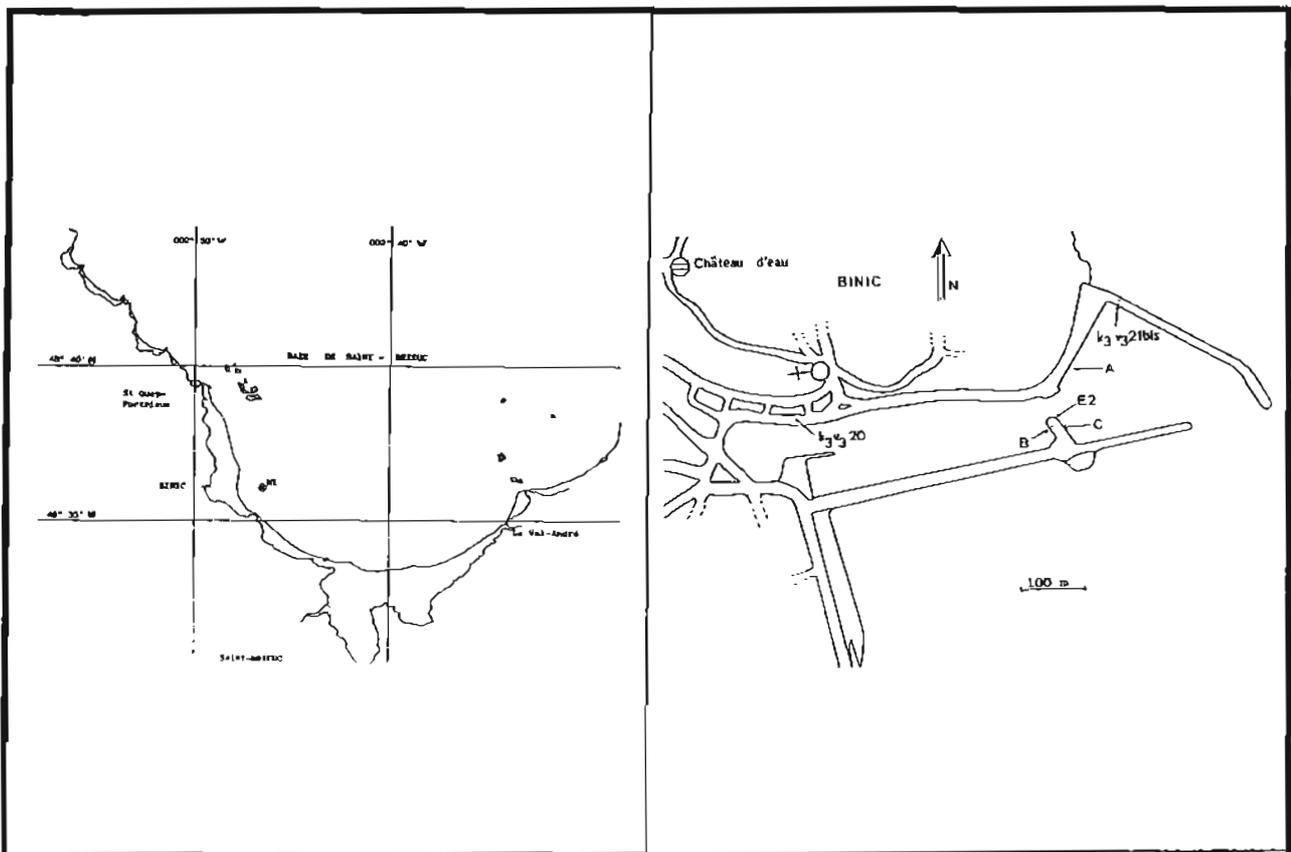


FIG. 9. - Observatoire de marée de Saint-Quay-Portrieux



SITUATION DES REPERES ET DES DIFFERENTS ZEROS DE REFERENCE

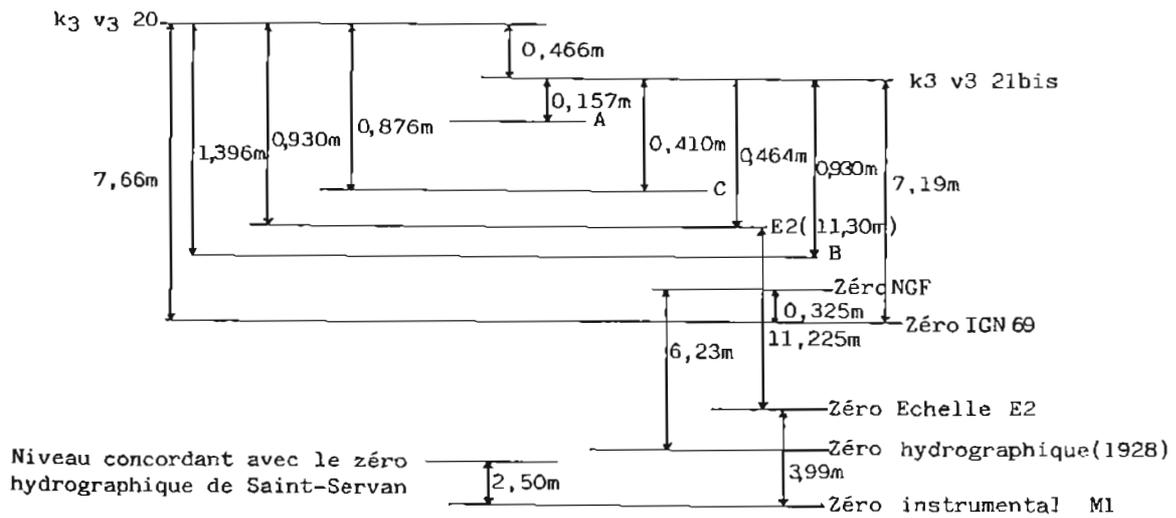
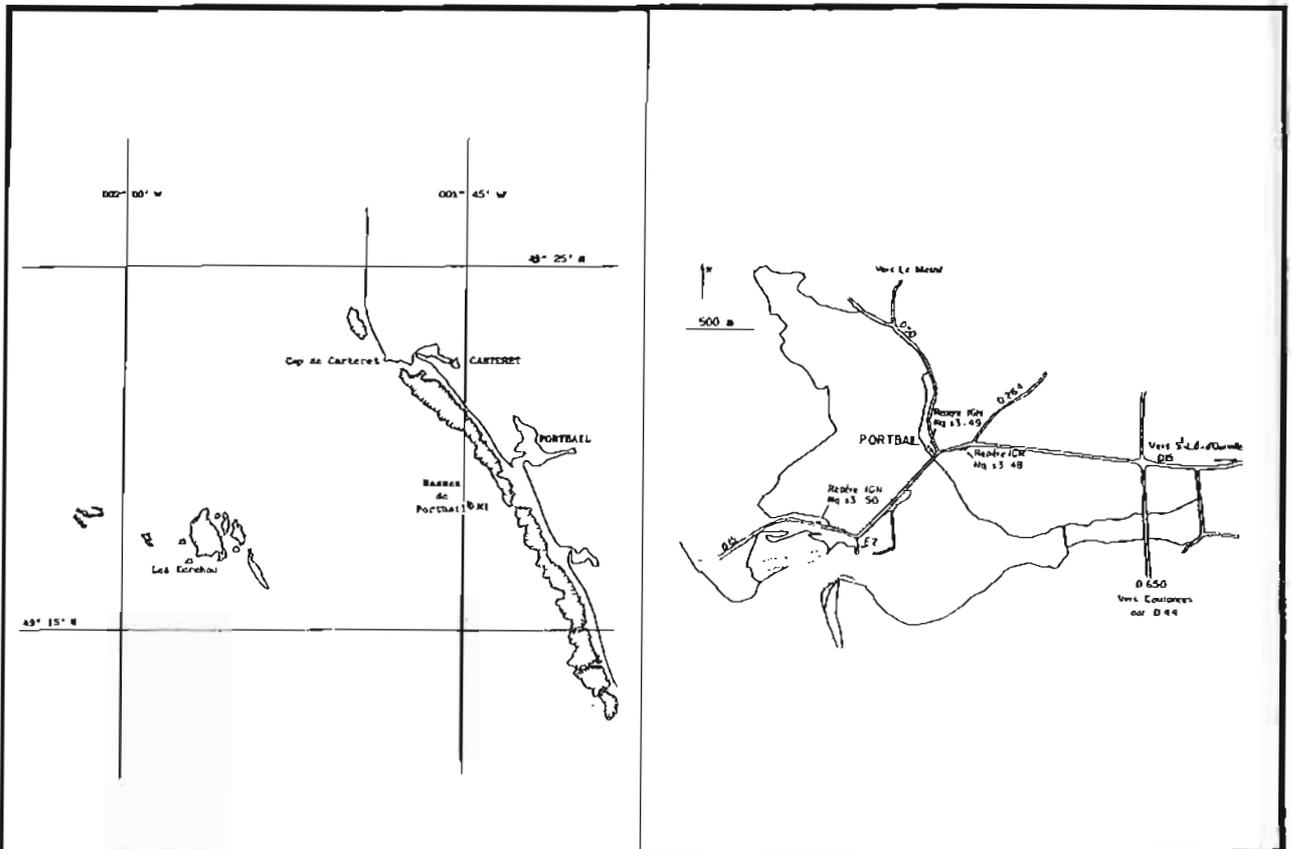


FIG. 10. - Observatoire de marée de Binic



SITUATION DES REPERES ET DES DIFFERENTS ZEROS DE REFERENCE

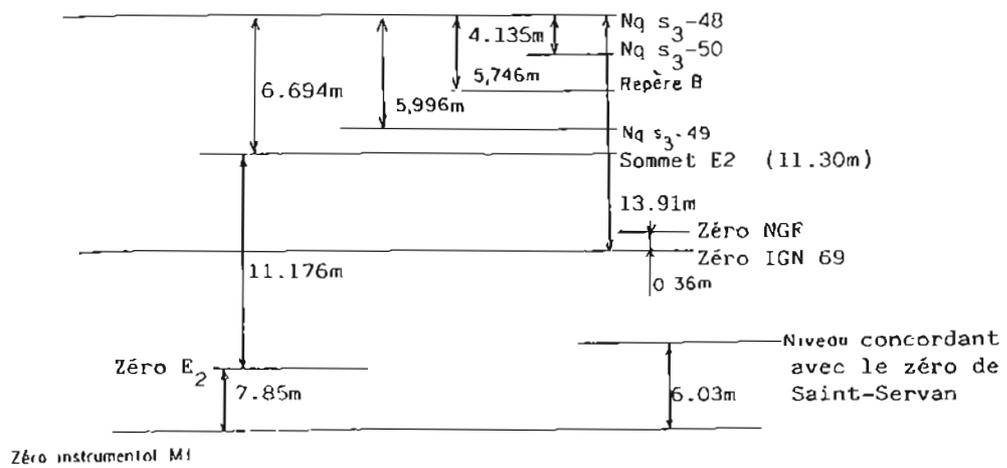
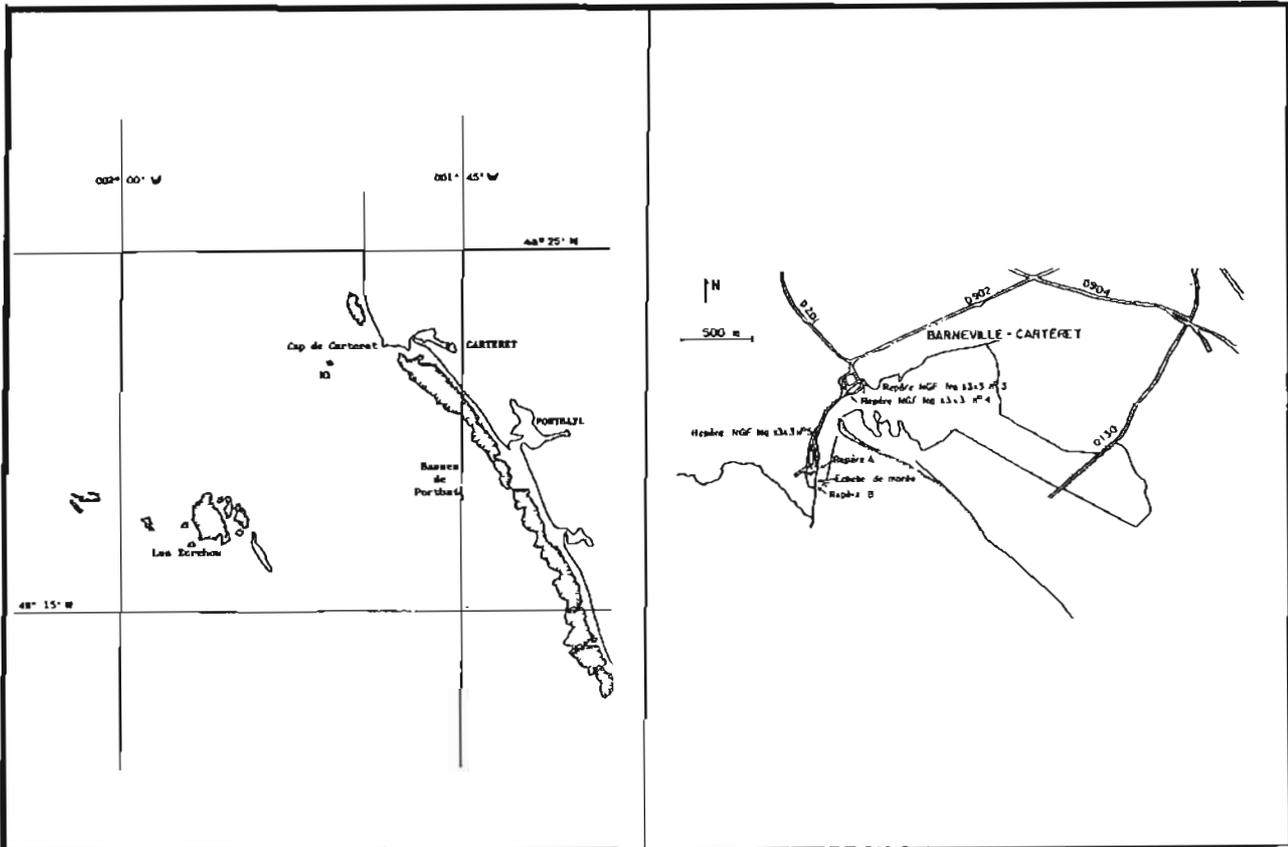


FIG. 11. - Observatoire de marée de Portbail



SITUATION DES REPERES ET DES DIFFERENTS ZEROS DE REFERENCE

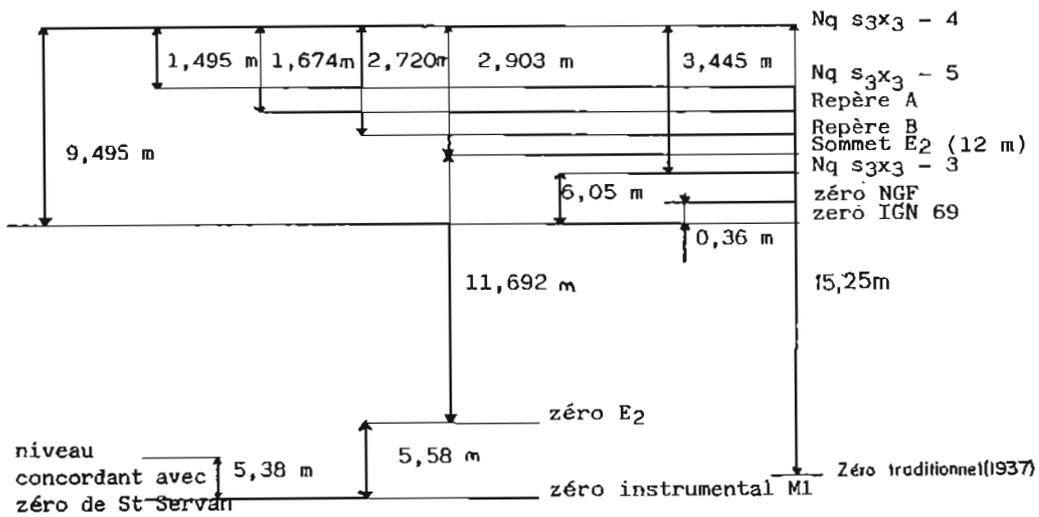


FIG. 12. - Observatoire de marée de Carteret

La comparaison des bleus provisoires et de la carte marine en service (n° 825, GC 1, 1979) ayant mis en évidence des décalages parfois importants sur les positions ou les cotes, il fut décidé de n'effectuer à ce stade aucune recherche sur les relèvements isolés indiqués sur la carte et non confirmés par le levé régulier.

Deux hauts-fonds nouveaux et une épave connue dont le brassiage et la position ont été précisés, ont été signalés aux autorités maritimes pendant le levé. Leurs caractéristiques, ainsi que celles des épaves découvertes cotées dans le cadre des travaux de topographie sont indiquées dans le tableau 7. L'épave 145.91.168 n'a pas été retrouvée.

III.4.2. Rédaction

Le levé effectué correspond à 10 coupures au 1:10 000 et 2 coupures au 1:5 000. La constitution des fichiers localisation-sonde-marée et le tracé des 12 bleus-valeurs définitifs furent achevés en mars 1988. Les contrôles et corrections relatifs à 7 de ces documents avaient été effectués lors de mon départ.

L'exploitation des investigations au sondeur latéral fut suspendue en attendant l'adaptation d'un programme de numérisation des enregistrements fourni par la MOM. Cette adaptation n'était pas achevée lors de mon départ.

5 fiches d'épaves furent rédigées et signées.

Un programme de travaux complémentaires devait être défini après achèvement et vérification de la rédaction.

III.5. TOPOGRAPHIE

L'EPSHOM avait entrepris une restitution photogrammétrique à partir de deux couvertures photographiques aériennes réalisées en 1982 par l'IGN et le

Service Technique de l'Urbanisme. Les minutes au 1:10 000 correspondantes (levé 87.44) ne furent remises à la mission qu'en novembre 1987. Des tirages provisoires purent néanmoins être utilisés pour les contrôles topographiques, à défaut de permettre une optimisation des sondages effectués à pleine mer sur l'estran dont une bonne partie est occupée par des bouchots à moules.

Les contrôles furent réalisés par l'équipe de soutien à terre. Outre le contrôle visuel des détails topographiques, des altitudes ponctuelles furent vérifiées par moyens optiques. Le tableau 8 précise les caractéristiques des points de référence.

La comparaison des bleus-valeurs et des minutes photogrammétriques a donné des résultats satisfaisants : les écarts sont inférieurs à 1 m en valeur absolue.

III.6. REVUE DES AMERS ET DU BALISAGE

La partie maritime de la revue des amers fut achevée lors de la dernière sortie de décembre 1987. Outre la zone du levé, elle couvrit également l'île de Chausey. La couverture photographique fut complétée le 27 avril 1988 à partir d'un hélicoptère Alouette III de l'escadrille 22S. La rédaction des fiches correspondantes n'était pas achevée lors de mon départ.

Le balisage flottant situé dans les limites du levé fut vérifié entre le 15 juin et le 15 décembre 1987. Les deux bouées de la chaussée des Boeufs au nord de la zone furent également contrôlées. Le balisage des Minquiers, relevant de la juridiction britannique ne fut pas vérifié, à l'exception de la bouée Nord-est Minquiers. Le balisage de la réserve située entre les Nattes et le Sénéquet qui était en mauvais état (marques endommagées ou disparues) ne fut pas contrôlé non plus. Le balisage fut positionné à mieux que 10 m près, à l'aide du réseau Trident mis en place

Tableau 7. – Hauts-fonds et épaves à l'entrée du passage de la Déroute

Numéro	Désignation	Coordonnées (NTF, Lambert I)		Brassiage (m)	Commentaires
		E (m)	N (m)		
145.91.168	Inconnue	289 310	1 155 195	5,9	Haut-fond nouveau Avis 88.02.15
		(302 715)	(1 156 460)	1,5	Épave PA non retrouvée
		305 168	1 157 500		Haut-fond nouveau Avis 87.42.31
145.91.085	Aviso <i>Antilope</i> Chalutier Chalutier Chalutier <i>Adon</i> Chalutier <i>La Petite Rousse</i>	307 688	1 160 996	<u>4,8</u>	Épave confirmée, découvante Avis 87.38.24
		312 123	1 159 108	<u>8,8</u>	Épave nouvelle, toujours découverte
		312 243	1 159 629	<u>7,4</u>	Épave nouvelle, toujours découverte
		312 323	1 158 764	<u>9,4</u>	Épave nouvelle, toujours découverte
		312 359	1 159 427	<u>10,1</u>	Épave nouvelle, toujours découverte

Tableau 8. – Stations optiques de l'entrée du passage de la Déroute

Nom de la station	Coordonnées (NTF, Lambert I)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Sénéquet, phare	308 104,1	1 162 322,9	21,0	IGN 1962	Station excentrée Point n° XII.13.001
Les Ronquets, tourelle	309 604,8	1 152 250,4	11,0	IGN 1962	Point n° XII.13.201
Agon	312 261,6	1 157 846,3	10,5	MHA 1987	
Agon II, borne	313 775,6	1 152 194,2	12,3	IGN 1962	Point n° XII.13.004a
Agon, château d'eau croix gravée	314 335,6	1 156 647,4	70,7	MHA 1987	

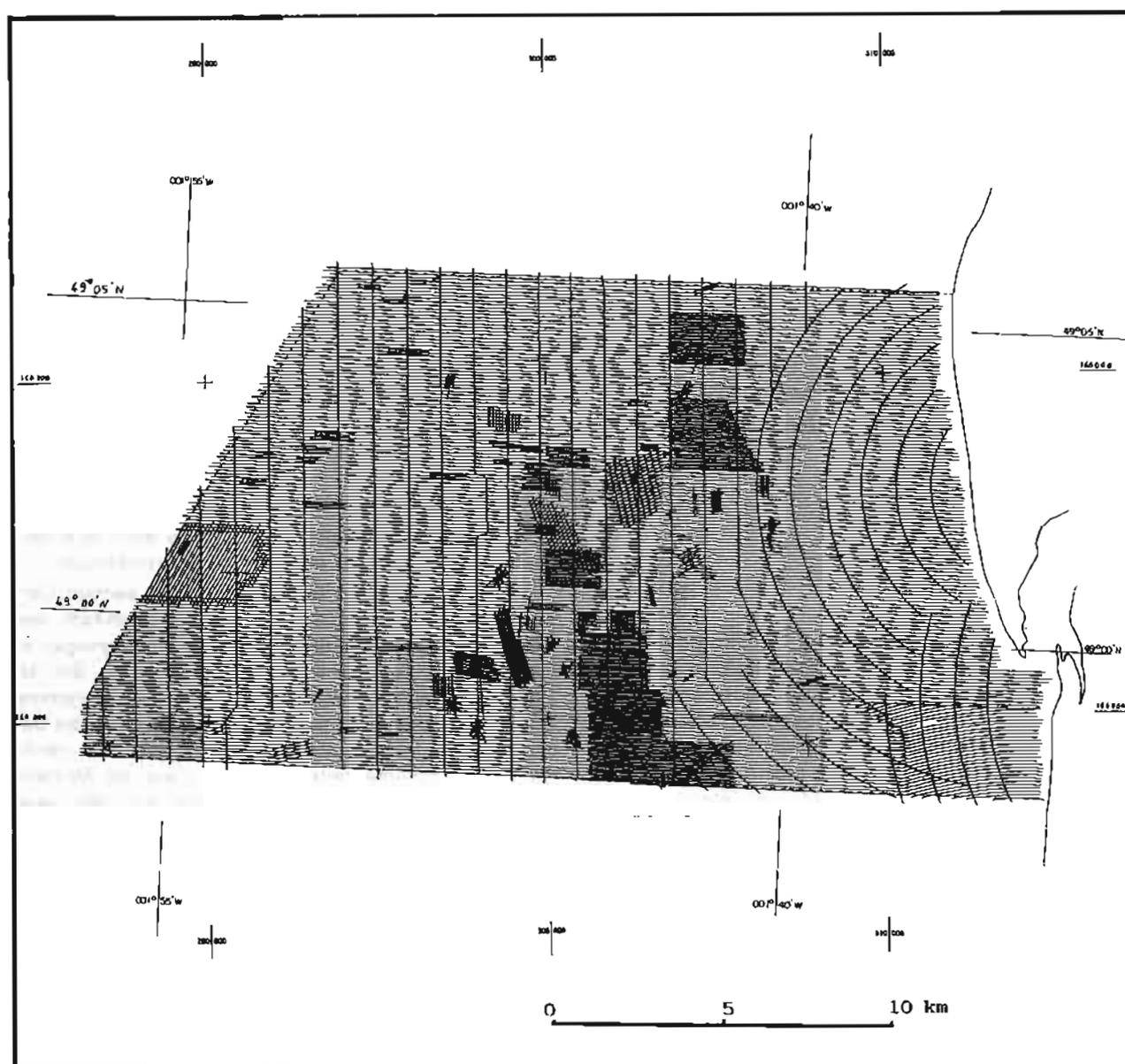


FIG. 13. – Levé de l'entrée du passage de la Déroute : état des profils sondés à la fin de 1987

pour le levé, soit directement (bouées accostées par une vedette) soit indirectement (bouées visées à partir de l'*Astrolabe*). 16 feuillets de prise de vue renseignés furent établis et expédiés à l'EPSHOM.

exploités en complément pour réaliser une minute de synthèse au 1:50 000. Il restait à intégrer les renseignements issus de l'exploitation des enregistrements de sondeur latéral (limites des zones rocheuses).

III.7. NATURES DE FOND

Des échantillons du fond furent prélevés avec une benne légère à partir de l'*Astrolabe* pendant les deux dernières sorties, suivant un maillage de 1 000 m de côté.

Les documents de compilation disponibles par ailleurs (cartes géologiques et cartes marines) furent

III.8. COURANTOMÉTRIE

La seule station de courantométrie prescrite par les instructions techniques avait été réalisée par mon prédécesseur. Le tableau 9 rappelle les caractéristiques de cette station. Le dossier correspondant a été achevé et signé sous ma direction.

Tableau 9. – Station de courantométrie à l'entrée du passage de la Déroute

N° de station	Lieu d'observation	Position (NTF, Lambert I)		Période d'observation	Type de courantomètre
		E (m)	N (m)		
20110	Basse Le Marié	296 975	1 156 060	11 juin - 29 juin 1987	Suber SLS 21

CHAPITRE IV

CONTRÔLES DE MINUTES DE RESTITUTION PHOTOGRAMMÉTRIQUE ENTRE ROSCOFF ET LE CONQUET

IV.1. PRÉSENTATION

Suite à la décision de rénover la cartographie de la côte nord de la Bretagne sans attendre la réalisation des levés systématiques correspondants, l'EPSHOM avait entrepris une restitution photogramétrique des couvertures photographiques aériennes de cette région pour permettre une mise à jour de la topographie et éventuellement compléter les données des levés anciens. Un ensemble de 15 minutes au 1:10 000 fut ainsi rédigé à partir de clichés réalisés par l'IGN ou pour l'Inventaire permanent du littoral (IPLI) entre 1977 et 1985, couvrant le littoral nord-breton de Brignogan au Trez-Hir (levé 86.33). La comparaison de ces minutes et des cartes en service mit en évidence des divergences sur l'existence ou les caractéristiques de hauts-fonds; en outre un certain nombre de taches repérées sur les clichés étaient restituées sous forme de masses douteuses dont la nature restait à déterminer. Signalons d'ailleurs que les conditions habituelles (éclairage, marée) des prises de vue destinées d'abord à la

restitution de la topographie terrestre sont rarement bien adaptées à une exploitation bathymétrique.

Après analyse des documents par la section Cartographie de l'EPSHOM, un inventaire limitatif des éléments nécessitant un contrôle, entre Brignogan et Le Conquet, fut établi par la direction du SHOM. L'exécution de ces contrôles fut inscrit au programme d'activités de la MHA pour 1988. Il était en outre demandé à la mission de procéder à quelques vérifications complémentaires dans la baie de Morlaix, couverte par une restitution contrôlée en 1986 (levé 87.36).

IV.2. CONDITIONS D'EXÉCUTION DES CONTRÔLES

Les travaux furent confiés au BH2 *Astrolabe* qui leur consacra quatre sorties durant le premier semestre 1988 (7-21 janvier, 8-17 mars, 3-6 mai, 9-14 mai). Ils furent contrariés par un état de mer rare-

ment favorable à la mise en œuvre des embarcations, en particulier dans la zone entre Brignogan et Argenton. Dans cette zone, les mises à l'eau et récupérations des vedettes furent finalement effectuées systématiquement à l'abri de l'Aber Wrac'h. Les sondages furent interrompus lors des passages de dépression, fréquents en cette saison.

Les recherches furent effectuées essentiellement au sondeur vertical. Compte tenu d'une précision planimétrique des minutes Traster estimée meilleure que 10 m, les sondages furent réalisés suivant des profils espacés de 10 m, dans un carré de 50 m x 50 m centré sur le point à contrôler. Certaines investigations furent complétées par une exploration au sondeur latéral ou au magnétomètre. L'absence de plongeurs à bord de l'*Astrolabe* ne permit pas d'entreprendre d'exploration à vue.

L'équipe de soutien à terre fut hébergée en mars au sémaphore de Brignogan et en mai à la station de transmissions de Kerlouan.

IV.3. LOCALISATION

La localisation des vedettes fut assurée à l'aide d'un réseau de balises Trident IIIA (photo 4) implantées sur des points connus ou rattachés au système

NTF (tableau 10). Pour les contrôles ponctuels effectués en zodiac, on se contenta d'une localisation par relèvement-distance au théodolite T2000 à partir des stations indiquées dans le tableau 10. Tous les calculs furent réalisés en projection Lambert I.

Aucun étalonnage optique ne fut réalisé sur zone ; la taille des chapeaux observés avec trois lieux au moins est inférieure à 5 m (moyenne quadratique des résidus).

IV.4. MARÉE

IV.4.1. Observations

En complément des deux observatoires permanents de Roscoff et du Conquet entretenus par l'EPSHOM, un marégraphe Suber SLS 23 fut immergé à l'entrée de l'Aber Benoît du 14 janvier au 22 mars. Une échelle de pleine mer installée contre le quai du Vill dans l'aber fut rattachée à des repères mis en place à proximité. Le nivellement de ces repères par rapport aux repères IGN les plus proches n'était pas terminé lors de mon départ.

L'analyse des données enregistrées par le marégraphe de l'Aber Benoît mit en évidence un dépla-

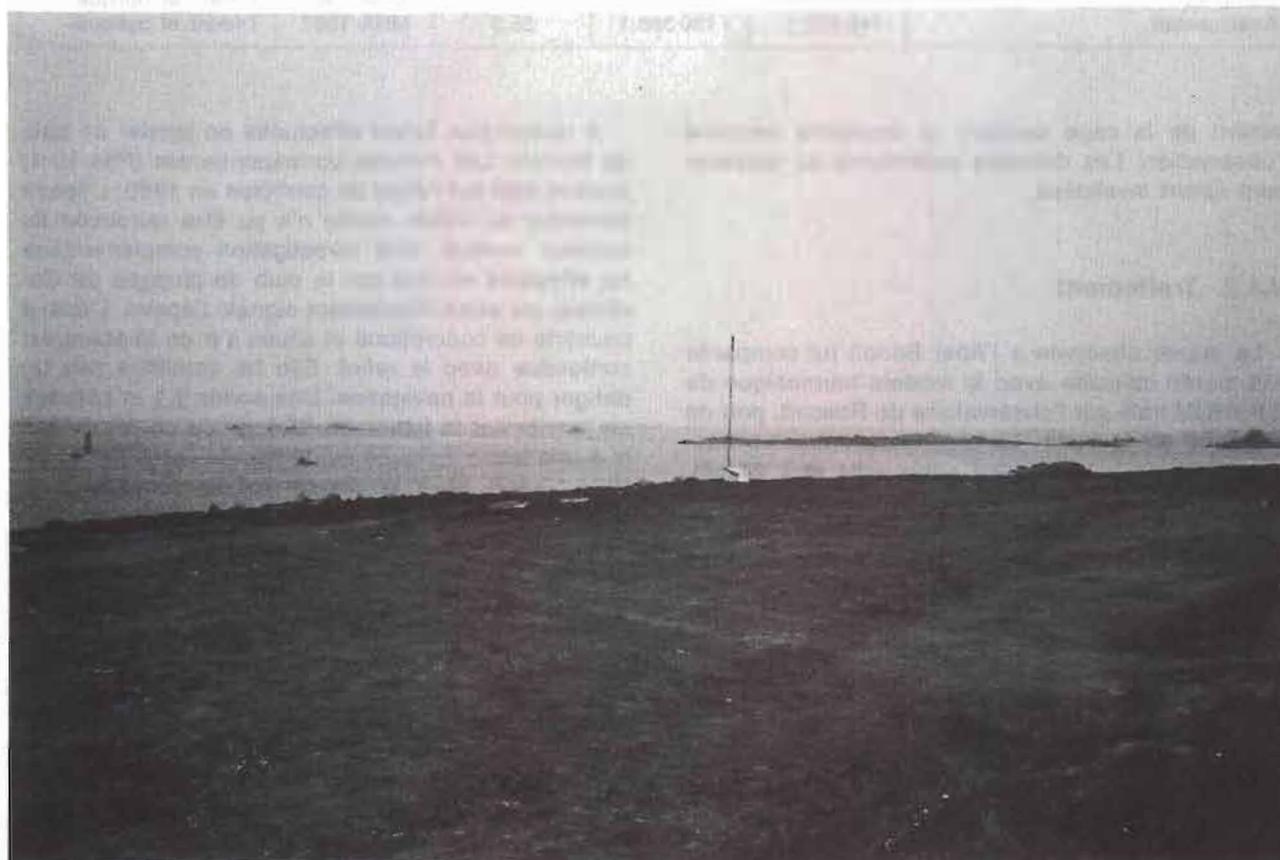


Photo 4. Station Trident sur la côte nord de Bretagne (Trémazan)

Tableau 10. – Stations Trident et optiques de Roscoff au Conquet

Nom de la station	Coordonnées (NTF, Lambert I)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Le Stiff, phare	54 209,0	1 112 773,0	81,1	MHA 1988	Trident
Saint-Mathieu,	73 666,0	1 094 711,0	60,0	MHA 1988	Trident
Breterc'h, borne	74 427,49	1 101 223,06	46,1	IGN 1965	Optique
	74 428,0	1 101 225,0	46,1		Trident
Le Dreff	75 399,73	1 114 230,00	33,2	IGN 1965	point n° III.17.11
Traon, château d'eau	77 535,04	1 115 698,35	60,5	IGN 1965	Trident
Trémazan	79 080,3	1 119 459,1	27,0	MHA 1988	point n° III.16.12
					Trident et optique
Pen ar Pont	83 776,7	1 120 838,1	16,0	MHA 1987	Trident
Corn ar Gazel	86 953,1	1 121 245,6	12,0	MHA 1987	Trident
Lanvaon, château d'eau	94 075,5	1 124 219,3	60,4	MHA 1981	Trident
Rosenboon	99 059,1	1 125 434,9	49,9	MHA 1987	Trident et optique
Kerlouan, château d'eau	106 572,70	1 127 810,28	66,6	IGN 1965	Trident
Brignogan, sémaphore	109 637,3	1 130 184,6	23,0	MHA 1985	point n° IV.15.203
Roscoff, estacade	135 718,0	1 133 897,2	10,0	MHA 1988	Trident
					Optique
Roscoff, chapelle	136 466,4	1 133 310,8	30,0	MHA 1988	point non fiché
					Optique
Roscoff, jetée du ferry	137 081,2	1 132 736,2	10,0	MHA 1988	point non fiché
					Optique
Île Sainte-Anne	137 088,8	1 129 111,5	23,0	MHA 1986	point non fiché
Carantec	140 087,9	1 125 657,4	78,7	IGN	Trident
					point n° VI.15.05
Pen Allann	141 301,7	1 127 071,7	30,0	MHA 1987	Optique
Barnenez	143 926,1	1 126 581,4	35,2	MHA 1987	Trident et optique
Analouesten	145 832,1	1 130 386,1	35,3	MHA 1987	Trident et optique

cement de la cage pendant la deuxième semaine d'observation. Les données antérieures au déplacement furent invalidées.

IV.4.2. Traitement

La marée observée à l'Aber Benoît fut comparée à la marée calculée avec le modèle harmonique de l'EPSHOM calé sur l'observatoire de Roscoff, port de référence de la zone. La différence entre les hauteurs horaires est comprise entre - 24 et + 27 cm. Le modèle a donc été retenu pour calculer la correction de marée à appliquer aux sondes brutes. Le port de référence utilisé est soit Roscoff soit Le Conquet, selon la zone de marée concernée.

IV.5. BATHYMÉTRIE

IV.5.1. Sondages effectués

Les figures 14 à 16 indiquent les sondages réalisés. Ceux-ci se répartissent en trois zones.

8 recherches furent effectuées en janvier en baie de Morlaix. Les minutes correspondantes (P84-10-4) avaient déjà fait l'objet de contrôles en 1986. L'épave ancienne du voilier *Alcide* n'a pu être retrouvée au sondeur vertical. Une investigation complémentaire fut effectuée en mai par le club de plongée de Carantec, qui avait initialement signalé l'épave. L'épave couverte de concrétions et située sur un tombant est confondue avec le relief. Elle ne constitue pas un danger pour la navigation. Une sonde 1,1 m obtenue en janvier sur la basse de Bloscoñ ne correspondait ni à une tache indiquée sur la minute correspondante (P84-10-4/2) ni à la sonde 0,4 m obtenue à la perche en 1986. Un contrôle complémentaire fut donc réalisé les 1^{er} et 2 juin avec une embarcation Trimatic équipée d'un sondeur avec base hors-bord et positionnée par moyens optiques. La sonde de janvier fut confirmée : la tache de la minute P ne correspond pas à une obstruction et la perche de 1986 est vraisemblablement mal placée (erreur probable de distance sur une position déterminée par relèvement-distance). La différence entre les valeurs des deux sondes s'explique par la nature du fond : la valeur obtenue au sondeur sur un rocher surmonté d'algues denses est pessimiste.

Dans la zone des abers, il y avait 75 masses douteuses à explorer. Leur contrôle s'échelonna de jan-

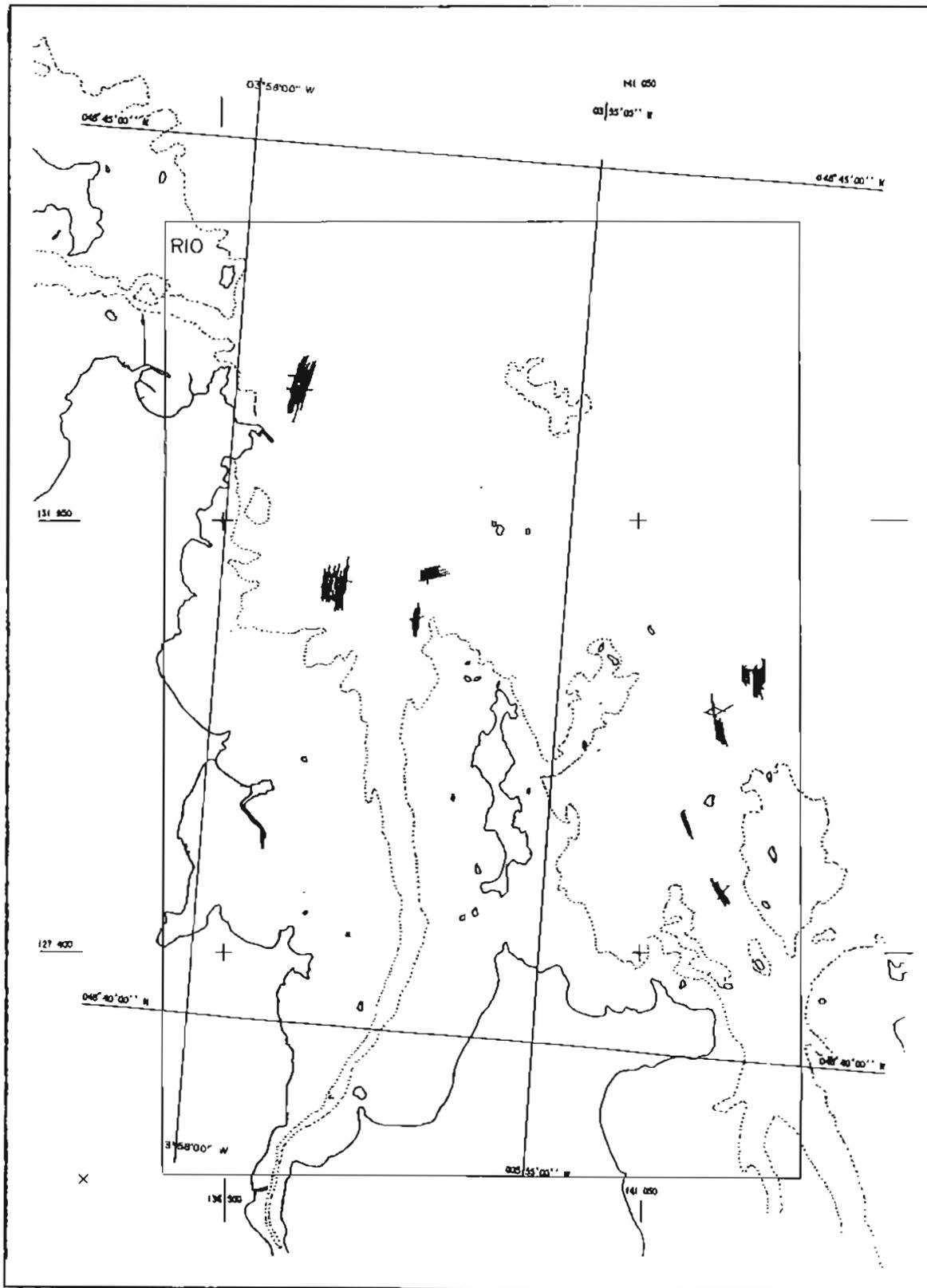


FIG. 14. - Contrôles de minutes de restitution photogrammétrique - Côte nord de Bretagne : baie de Morlaix

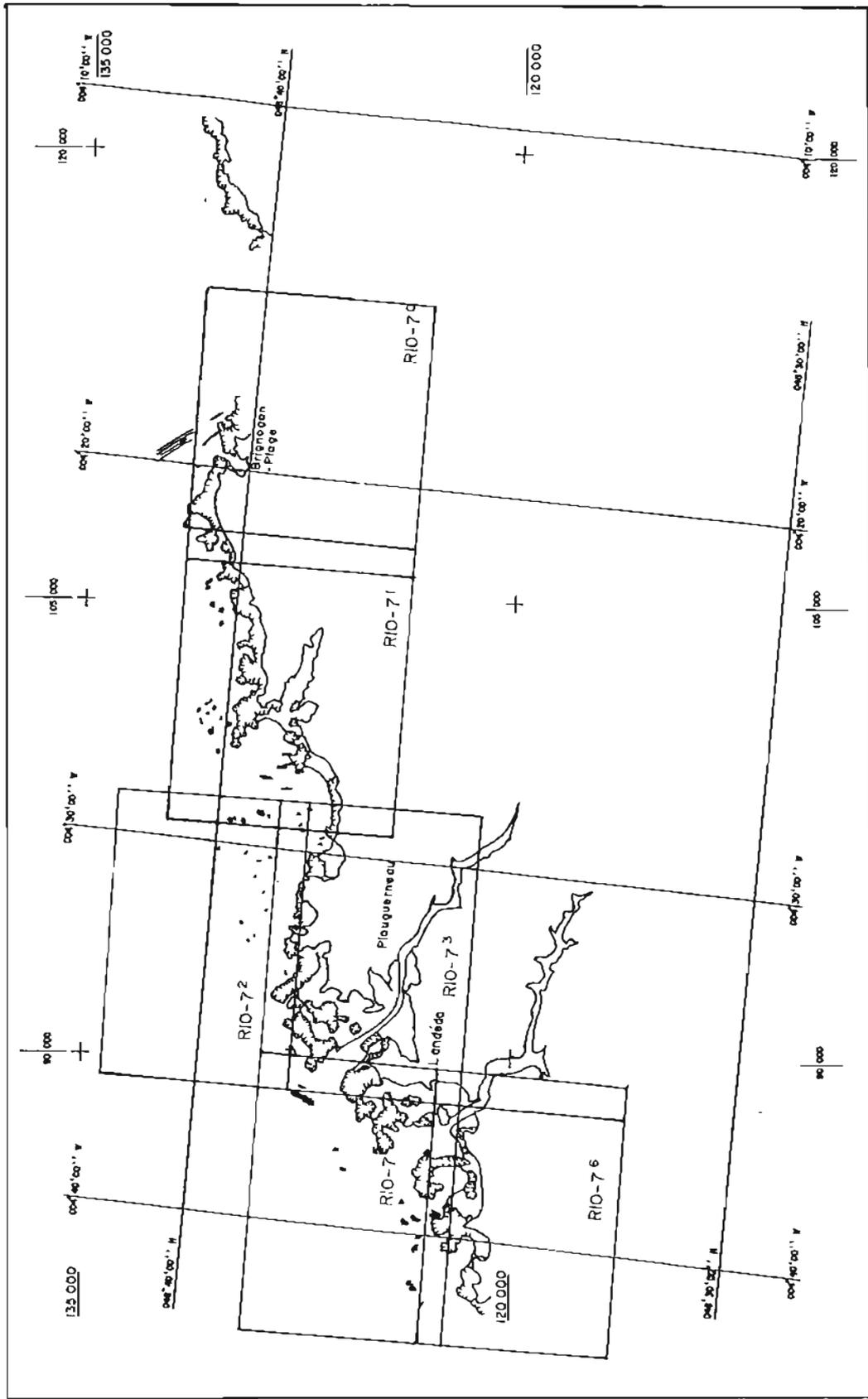


FIG. 15. - Contrôles de minutes de restitution photogrammétrique - Côte nord de Bretagne : zone des abers

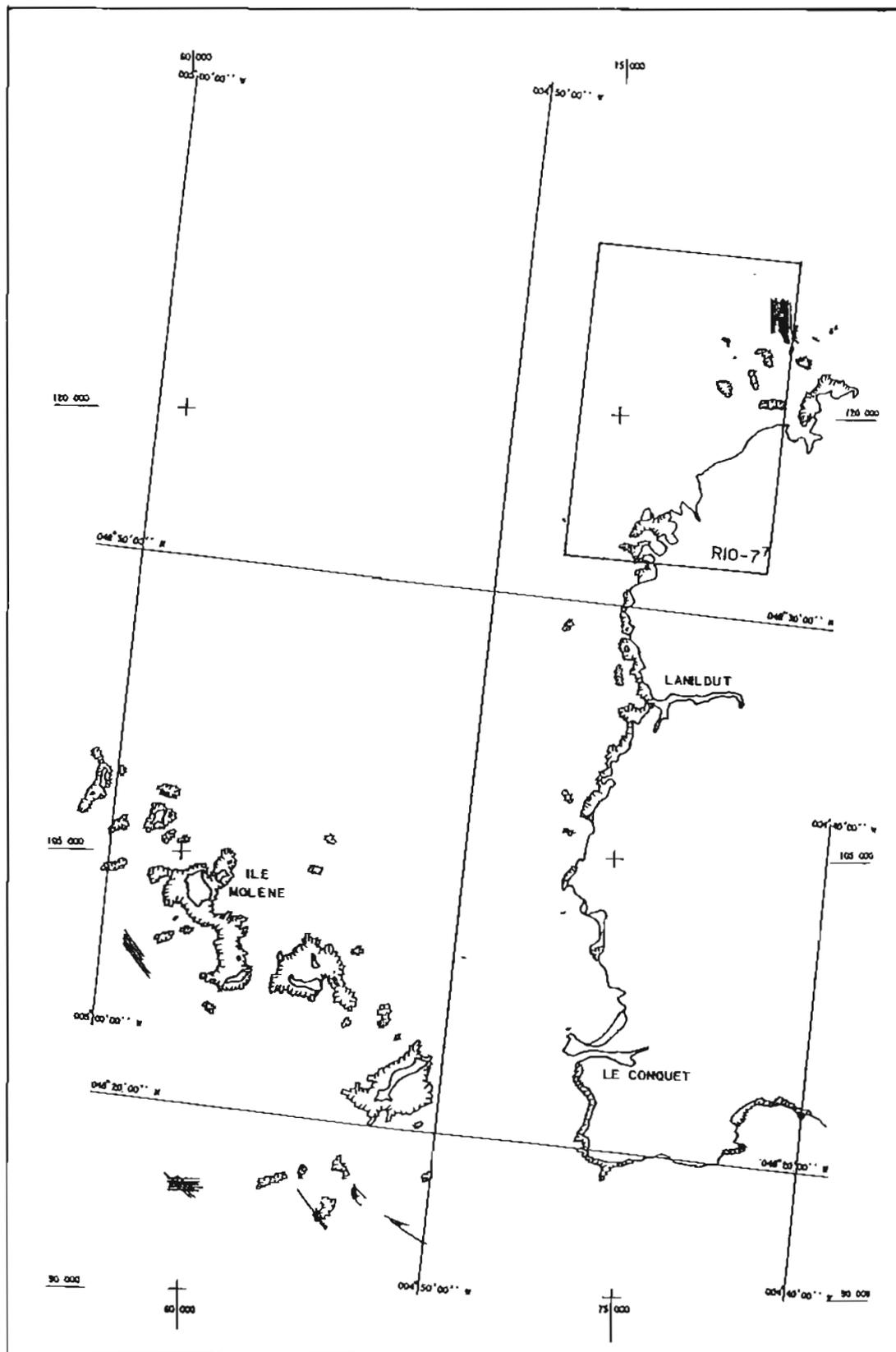


FIG. 16. - Contrôles de minutes de restitution photogrammétrique - Côte nord de Bretagne : des abers au chenal du Four

vier à mai. L'épave de l'*Amoco Cadiz* fut recherchée au sondeur vertical et au sondeur latéral. La partie arrière fut retrouvée facilement et cotée. Par contre, la partie avant ne put être retrouvée malgré l'extension de la recherche à un rectangle de 1 000 m × 800 m. Il est possible que cette partie de l'épave ait été complètement disloquée suite à son pétardement et qu'elle ne soit donc plus discernable.

Les contrôles ponctuels demandés dans le chenal du Four furent réalisés lorsque les conditions étaient trop défavorables sur la côte nord. Une masse douteuse, 5 épaves et une sonde 11 m ED portée sur les cartes dans la chaussée des Pierres Noires furent recherchées. Les moyens disponibles se prêtaient mal à la recherche d'épaves situées par faible profondeur et vraisemblablement disloquées. Des investigations complémentaires, par exemple par hélicoptère, sont à prévoir lors d'une grande basse mer. La sonde 11 m ED avait été signalée par la 2^e escadrille de dragage en novembre 1926 (avis 530 de 1927). Elle fut recherchée en mars puis en mai avec un sondeur latéral; la meilleure sonde obtenue est 17,5 m.

Le tableau 11 indique les principaux résultats des recherches. 5 hauts-fonds nouveaux (4 en baie de Morlaix et 1 devant Brignogan) furent signalés aux autorités maritimes pendant les travaux.

IV.5.2. Rédaction

La constitution des fichiers localisation-sonde fut achevée en juin 1988. Seul le bleu valeurs relatif aux

travaux en baie de Morlaix avait été édité lors de mon départ. Le complètement des minutes P n'avait pas encore été entrepris.

IV.6. TOPOGRAPHIE

Les minutes de la zone des abers (P86.10.7/0 à /7) devaient faire l'objet d'un contrôle systématique sur le terrain. Seules quelques cotes des minutes 7/0, 7/1, 7/6 et 7/7 furent vérifiées à la perche.

IV.7. INFORMATION NAUTIQUE

Les périodes de mauvais temps furent mises à profit pour procéder au contrôle des amers et du balisage flottant entre Roscoff et Le Conquet. La disparition de certains amers portés sur les cartes fut confirmée par une inspection du site concerné.

Outre le contrôle de leur existence et de leurs caractéristiques, les positions des marques de balisage des chenaux du Four et de la Helle furent déterminées le 13 mars 1988 par une vedette de l'*Astrolabe* à l'aide de trois balises Trident mises en place au phare du Stiff (Ouessant), à la pointe Saint-Mathieu et à Breterc'h. La précision des positions instanta-

Tableau 11. – Bilan des recherches entre Roscoff et Le Conquet

Numéro	Désignation	Coordonnées (NTF, Lambert I)		Brassage (m)	Commentaires
		E (m)	N (m)		
145.84.059		58 210	1 101 600	0,8	Présence confirmée au magnétomètre
145.84.058		59 810	1 102 710	1,5	Investigations complémentaires à prévoir
145.84.068		(65 045)	(1 092 575)		Classification et brassage à confirmer par plongeurs
145.84.134		66 430	1 093 315	0,7	Présence confirmée au magnétomètre
145.84.141		67 930	1 092 425	0,4	Investigations complémentaires à prévoir
145.84.225	Pétrolier <i>Amoco Cadiz</i>	80 390	1 123 465	5,7	Indice de relèvement repéré
	Roche	89 430	1 126 850	5,2	Investigations complémentaires à prévoir
	Roche	94 360	1 129 135	0,4	Classification et brassage à confirmer par plongeurs
	Roche	96 980	1 126 320	1,3	Partie arrière de l'épave
	Roche	100 935	1 130 790	0,8	
	Roche	101 370	1 130 915	0,7	
	Roche	110 260	1 131 665	3,3	
	Roche	138 765	1 131 395	1,1	
145.83.043	<i>Alcide</i>	141 890	1 128 145	-	Avis 88.07.50
	Roche	141 920	1 129 765	11,5	Epave historique confondue avec le fond
	Roche	142 305	1 130 170	12,6	Position indiquée par le club de plongée de Carantec
	Roche	142 370	1 130 320	12,4	Avis 88.07.50
					Avis 88.07.50
					Avis 88.07.50

nées est estimée meilleure que 5 m. 12 feuillets de prise de vue renseignés furent établis et expédiés à l'EPSHOM. Les positions observées s'écartent sensiblement des positions indiquées sur les cartes (5159 et 5721): ce décalage, qui dépasse 100 m pour 6 bouées, est gênant lorsqu'il entraîne une modification de la disposition relative de la marque et du danger qu'elle est sensée signaler. L'écart radial entre les positions Trident de 1988 et les positions de 8 bouées portées sur les minutes Traster P86.10 est compris entre 25 et 100 m, sauf pour une bouée pour laquelle il atteint 315 m. Ces valeurs donnent une indication sur la durabilité du positionnement précis du balisage flottant!

Le balisage flottant entre Portsall et l'Aber Wrac'h fut positionné au Trident en mai. Le dossier correspondant n'était pas encore terminé lors de mon départ.

IV.8. COMMENTAIRES

L'exécution de ces contrôles suscite de ma part quelques observations. Par leur caractère volontairement partiel, ces travaux relèvent de la reconnaissance plutôt que du levé systématique que souhaite

normalement réaliser un hydrographe. Si celui-ci est conscient des limites d'une telle opération, il n'est pas certain qu'il en soit toujours de même pour les utilisateurs des cartes qui seront renouvelées à partir de données incomplètes. Constatant que peu de navigateurs sont aujourd'hui conscients qu'il n'existe pas pour les côtes nord de la Bretagne d'autres levés systématiques que ceux du XIX^e siècle à l'origine des cartes actuelles qui datent de la même époque, on peut se demander si la publication de cartes de facture moderne n'accentuera pas cette méconnaissance, malgré les avertissements et les cartouches de données qui figureront sur les nouvelles cartes.

Du strict point de vue hydrographique on peut aussi s'interroger sur la validité des résultats obtenus. La morphologie accidentée des zones étudiées est propice à la confusion entre des hauts-fonds voisins et il n'est pas sûr que les sondes retenues soient toujours localement les plus significatives. Les conditions de mer parfois limites dans lesquelles les sondages ont été réalisés et les imperfections des clichés utilisés pour les restitutions sont des causes supplémentaires de doute. Une évaluation de la qualité réelle des résultats pourrait être obtenue par un levé exhaustif d'une zone test, par exemple en baie de Morlaix. Une telle évaluation me semble souhaitable avant toute nouvelle opération de ce type, voire avant la publication des cartes.

CHAPITRE V

LEVÉ DES ABORDS DE FÉCAMP

V.1. PRÉSENTATION

Ce levé, inscrit au programme de la MHA pour 1988, devait permettre la publication de la carte internationale 1744 au 1:12 500 destinée à remplacer la carte 932 (édition 1897) établie à partir d'un levé de 1834.

Les travaux furent réalisés par le BH1 *L'Espérance* qui leur consacra deux sorties, du 25 avril au 5 mai puis du 17 au 30 mai 1988. Pendant les périodes de sondage des vedettes, le bâtiment séjourna dans le bassin à flot du port ou resta mouillé à l'extérieur. La présence dans le port de l'ancien chalutier *Jacques Cœur* suscita la curiosité des Fécampois. La deuxième sortie fut entrecoupée par une escale à Gand (Belgique). L'équipe de soutien à terre

fut hébergée pendant toute la durée des travaux au sémaphore de Fécamp.

V.2. LOCALISATION

La localisation fut assurée à l'aide d'un réseau de 5 balises Trident IIIA (photo 5) implantées sur des points connus ou rattachés au système NTF. La configuration de la côte, rectiligne et bordée par de hautes falaises nécessita de compléter ce réseau par des stations optiques traversières pour la bordure côtière. Les caractéristiques des stations Trident et optiques sont indiquées dans le tableau 12. Tous les calculs furent réalisés en projection Lambert I.

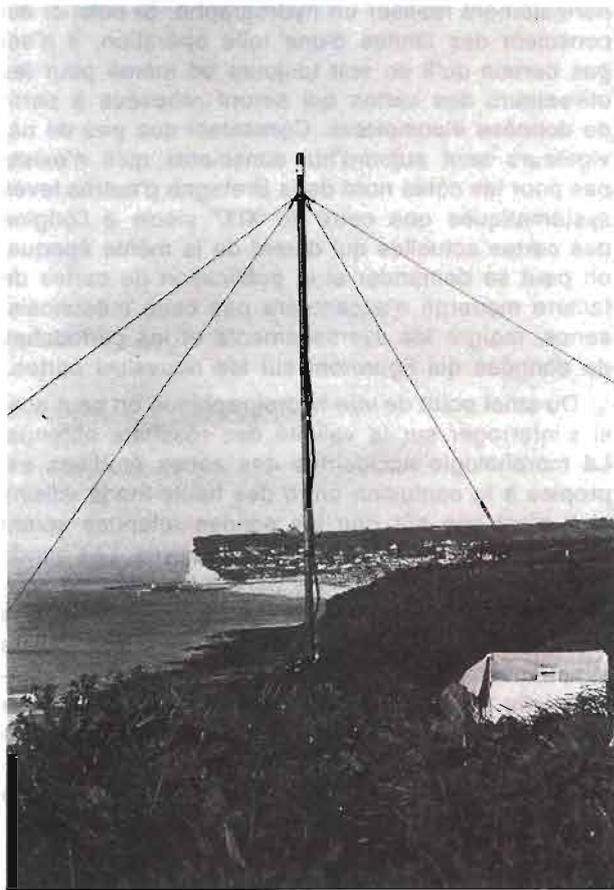


Photo 5. Station Trident aux abords de Fécamp (Yport)

Aucun étalonnage optique ne fut réalisé sur zone : la taille des chapeaux observés avec trois lieux au moins est restée compatible avec la précision attendue du système Trident et l'échelle du levé.

V.3. MARÉE

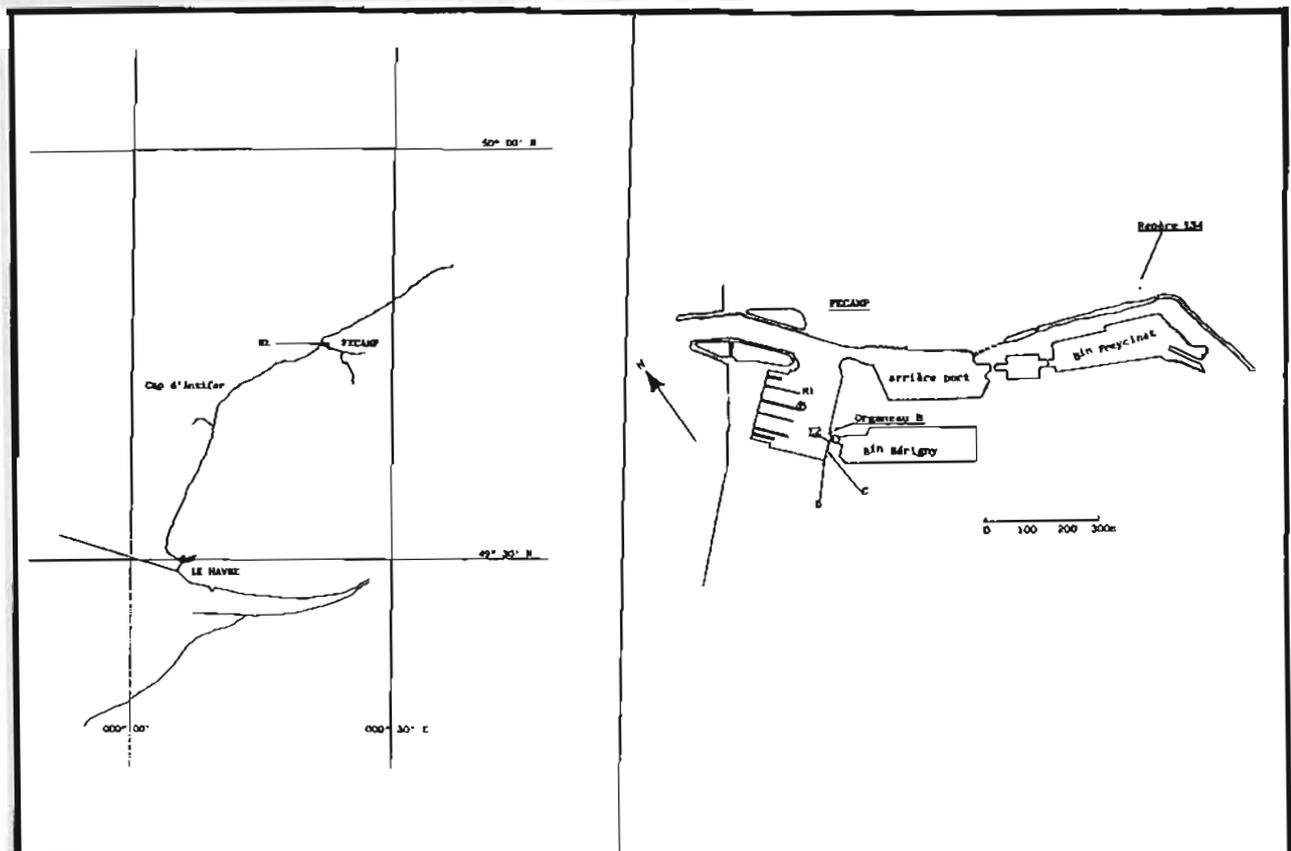
V.3.1. Observations

Il existe à Fécamp un observatoire de marée désaffecté utilisé occasionnellement par EDF. La remise en état de cette installation ne parut pas opportune, le puits étant susceptible de s'envaser rapidement. On préféra donc, pour les besoins du levé, immerger un marégraphe Suber dans le port. Le zéro instrumental de l'appareil fut rattaché au réseau de nivellement par l'intermédiaire de lectures à l'échelle de marée du port elle-même nivelée par rapport à des repères IGN (fig. 17).

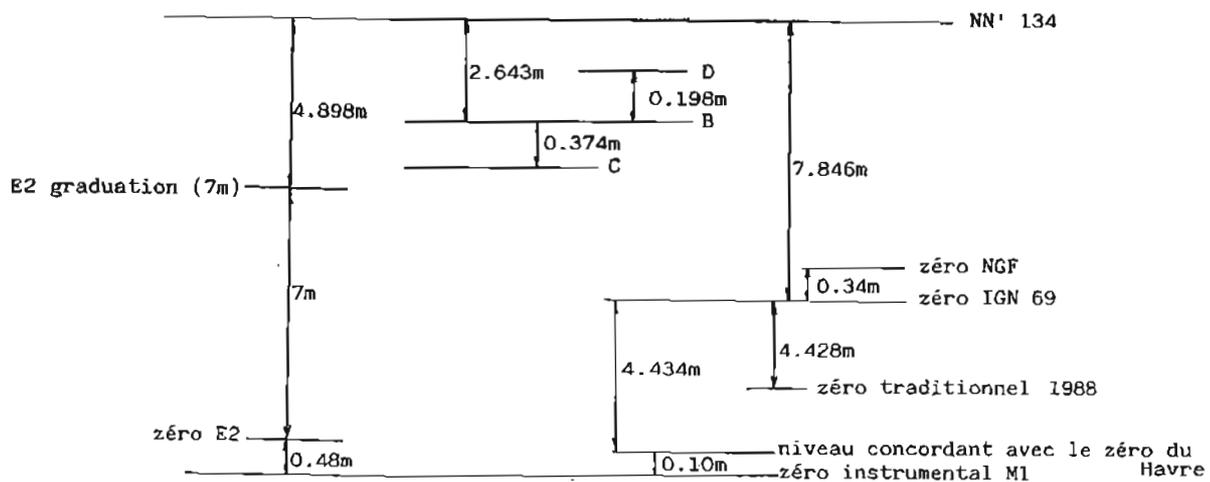
Conformément aux prescriptions des instructions techniques, deux marégraphes Suber supplémentaires furent mis en place à Étretat, en vue de la mise à jour des données numériques de l'annuaire, et au large de Fécamp, pour compléter les nœuds du modèle harmonique de marée de l'EPSHOM. Une échelle de marée provisoire fut installée à Étretat et rattachée au réseau de nivellement (fig. 18).

Tableau 12. – Stations optiques et Trident des abords de Fécamp

Nom de la station	Coordonnées (NTF, Lambert I)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Étretat : pylône radio	446 497,4	1 225 642,5	104,8	MHA 1988	Trident
ferme du Mont	447 797,0	1 226 318,5	95,4		douille SHOM
Saint-Léonard : blockhaus	452 915,6	1 228 661,9	82,1	MHA 1988	Trident et optique
Yport : abri Grainval	456 043,8	1 229 445,0	85,2	MHA 1988	Trident
borne en PVC					
Fécamp : casino	457 477,9	1 230 461,2	7,4	MHA 1988	Optique
croix peinte					point non fiché
Fécamp : sémaphore					
repère IGN	458 183,57	1 231 595,51	103,1	IGN 1983	Optique
					point n° XVIII.9.01b
croix gravée	458 320,6	1 231 600,0	124		Trident
station 1	458 348,0	1 231 708,7	101,6		Optique
					point non fiché
Saint-Pierre-en-Port :	468 094,6	1 235 529,2	113,1	IGN 1952	Trident
château d'eau					point n° XVIII.9.16

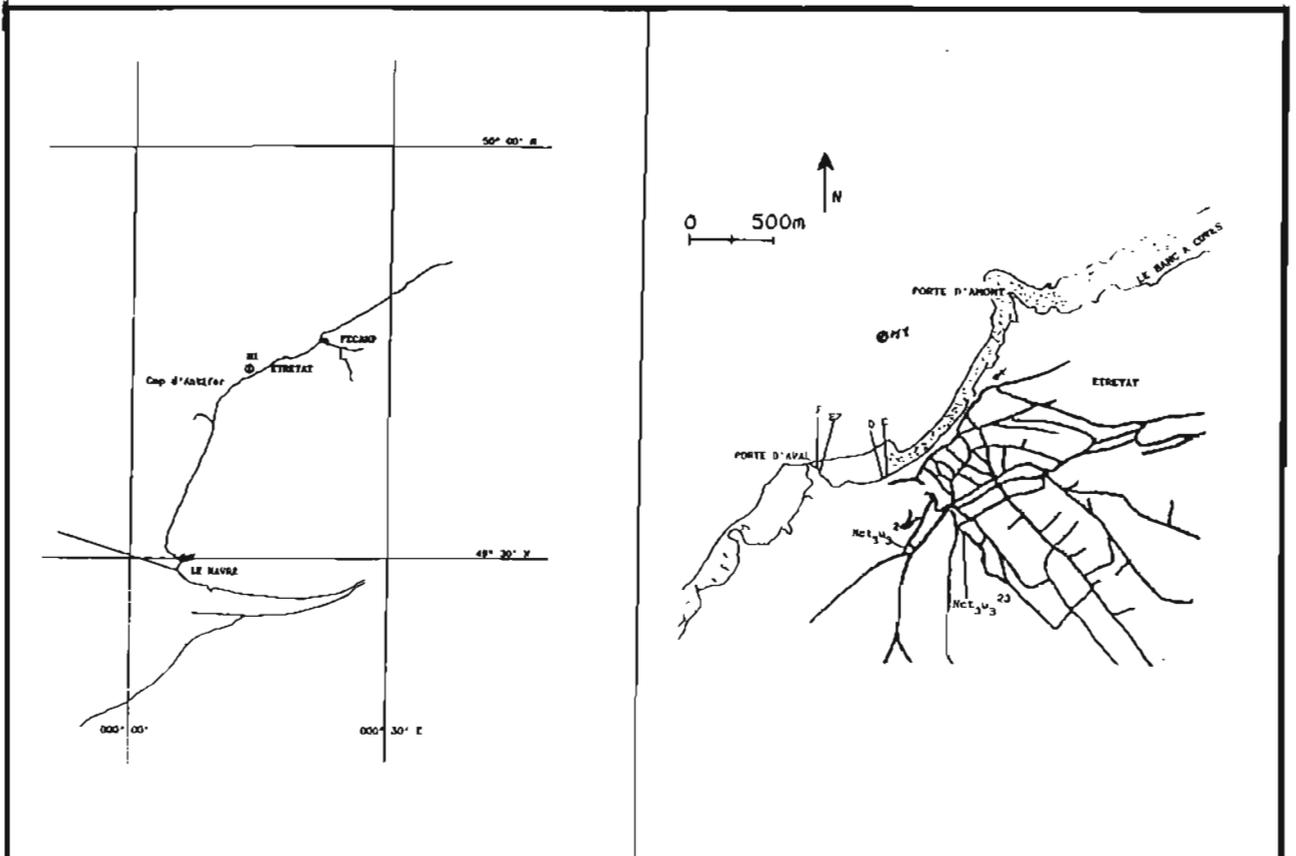


SITUATION DES REPERES ET DES DIFFERENTS ZEROS DE REFERENCE



Nota : le repère NN'133 a été détruit après le nivellement

FIG. 17. - Observatoire de marée de Fécamp



SITUATION DES REPERES ET DES DIFFERENTS ZEROS DE REFERENCE

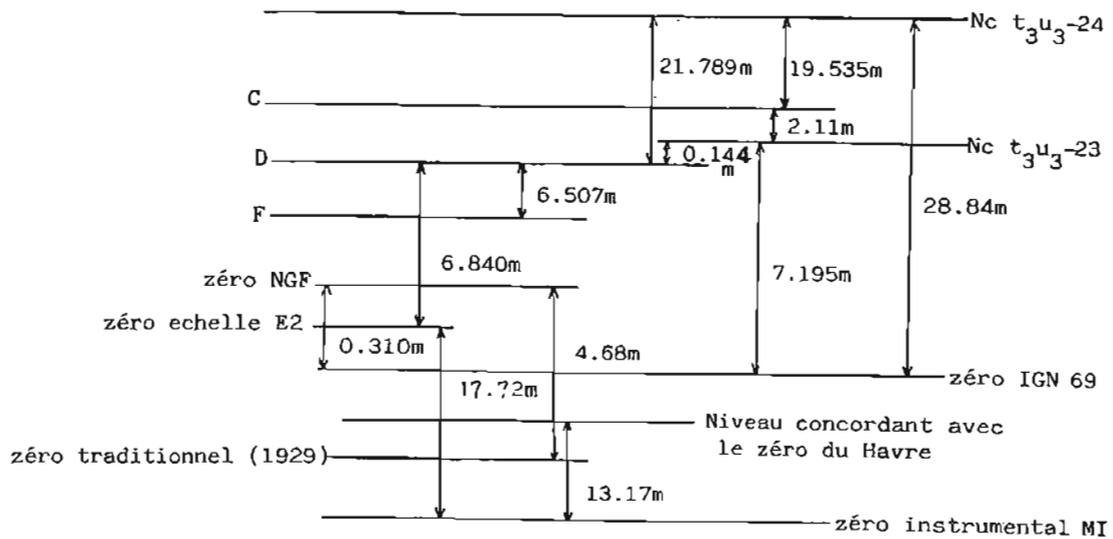


FIG. 18. - Observatoire de marée d'Étretat

Le tableau 13 résume les caractéristiques des observatoires.

V.3.2. Traitement

Les fichiers des pressions brutes correspondant aux trois marégraphes Suber furent constitués dès la récupération des appareils. Aucun autre traitement n'avait été entrepris lors de mon départ, les enregistrements de l'observatoire du Havre, port de référence de la zone, n'étant pas encore numérisés.

V.4. BATHYMÉTRIE

V.4.1. Sondages effectués

La figure 19 indique les sondages effectués, dans les limites de la future carte 1744. L'espacement des profils était fixé à 100 m et réduit à 50 m dans les fonds inférieurs à 10 m de l'accès au port de Fécamp. Le levé de la bordure côtière fut réalisé par les vedettes sur profils circulaires Trident. *L'Espérance* effectua le sondage de la partie plus au large

sur profils rectilignes orientés perpendiculairement à la côte; le recouvrement fut assuré avec le levé intermédiaire de la Manche orientale réalisé en 1974-1975 (Dars, 1979). 3 profils furent prolongés vers le nord-ouest de manière à préciser les caractéristiques de l'épave 180.90.140 détectée en 1975. Le sondeur latéral fut mis en œuvre dans la zone couverte par *L'Espérance* et dans une partie de la zone couverte par les vedettes.

Outre les profils traversiers de contrôle et quelques profils intercalaires destinés à préciser certains reliefs, 10 recherches ont été effectuées sur des échos détectés au sondeur latéral. 6 correspondent à des épaves reconnues par plongeurs dont 4 épaves nouvelles. L'enquête auprès des pratiques locales ne donna pas de renseignement supplémentaire.

Le bilan du levé s'établit comme suit :

- nombre de jours de présence sur zone : 16
- nombre de journées de sondage : 12 (levé régulier et recherches)
- nombre de kilomètres de profils validés : 529 km dont :
 - bâtiment : 254 km
 - vedettes : 275 km

Le tableau 14 précise les résultats des recherches. Les brassiages sont rapportés au zéro de réduction des sondes adopté par mon successeur (4,428 m au-dessous du zéro IGN 1969).

Tableau 13. – Observatoires de marée des abords de Fécamp

N° de station	Lieu d'observation	Période d'observation	Type de marégraphe	Commentaires
6/88	Fécamp	26/04 - 30/05/1988	Suber SLS 13	Observatoire non rattaché au réseau de nivellement
7/88	Épave 216.00.021 50° 07,2'N - 000° 26,5'E	27/04 - 29/05/1988	Suber SLS 13	
8/88	Étretat	27/04-29/05/1988	Suber SLS 13	

Tableau 14. – Hauts-fonds et épaves des abords de Fécamp

Numéro	Désignation	Coordonnées (NTF, Lambert I)		Brassage (m)	Commentaires
		E (m)	N (m)		
180.90.140	Chalutier	450 685	1 230 415	18,0	Épave nouvelle Haut-fond nouveau Épave confirmée (1975) Débris d'épave qui pourraient provenir du voilier <i>Lady Bird</i> coulé en 1977-78
	Roche	452 255	1 230 150	18,1	
	Inconnue	451 430	1 232 770	19,0	
		457 900	1 232 115	7,0	
180.90.192	<i>Rêve d'Antilles</i>	454 285	1 232 995	16,9	Épave confirmée, coulée volontairement Épave nouvelle Épave nouvelle Haut-fond nouveau Épave nouvelle, découverte Altitude du sommet : 9,3 m
	Chalutier	455 390	1 231 810	11,0	
	Barge	454 485	1 231 275	13,0	
	Roche	457 555	1 231 615	7,8	
	Vedette <i>Zelzate</i>	456 280	1 229 620	-	

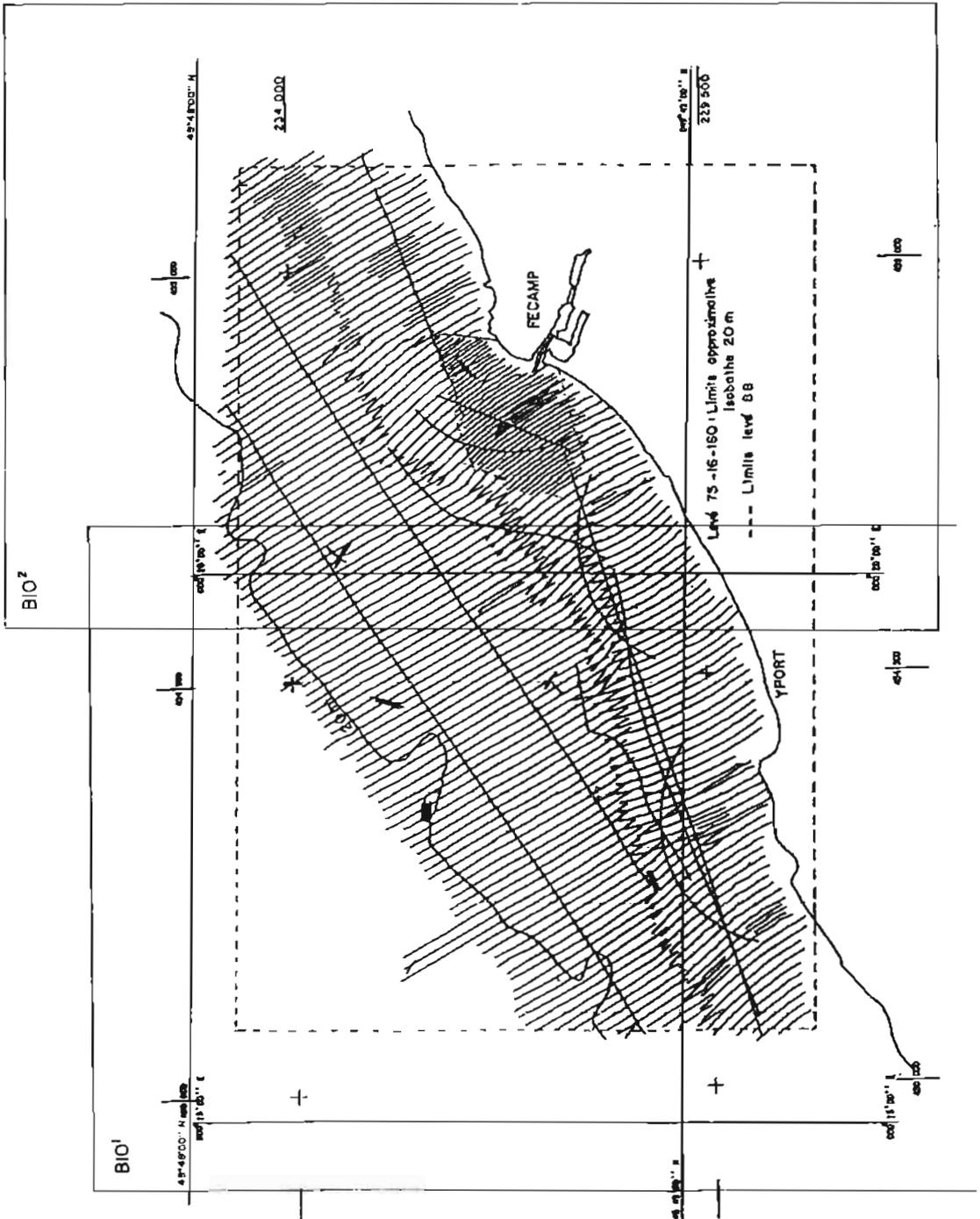


FIG. 19. - Levé des abords de Fécamp

V.4.2. Rédaction

Deux coupures au 1:10 000 étaient prévues (fig. 19). Le traitement primaire de la localisation (contrôle et constructions provisoires au 1:10 000) et de la sonde (choix de sonde semi-automatique ou numérisation des bandes de sonde) fut achevé en juin 1988. Aucun traitement supplémentaire n'avait été réalisé à mon départ.

V.5. TOPOGRAPHIE

Les instructions techniques ne prévoyaient pas de travaux particuliers. Seul un contrôle visuel des cartes IGN fut réalisé. Aucune anomalie notable n'a été observée.

V.6. INFORMATION NAUTIQUE

Les amers et le balisage de la zone furent contrôlés pendant les travaux. Les amers nouveaux sont indiqués dans le tableau 15.

La vérification des instructions nautiques (volume C2.1, édition 1986) ne suscita que quelques propositions de corrections mineures.

V.7. COURANTOMÉTRIE

Deux séries d'observations de courant furent réalisées pendant un mois aux positions fixées par les instructions techniques. Les courantomètres étaient fixés à une ligne de pare-battages amarrée à une bouée Selco. Les caractéristiques des mouillages sont précisées dans le tableau 16. La rédaction des dossiers correspondants n'était pas terminée lors de mon départ.

Tableau 15. – Amers nouveaux des abords de Fécamp

Nom du point	Coordonnées (NTF, Lambert I)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Étretat : pylône radio	446 497,4	1 225 642,5	104,8	MHA 1988	Amer peu visible
Saint-Léonard : blockhaus	452 915,6	1 228 661,9	82,1	MHA 1988	Amer peu visible
Fécamp : immeuble Le Mozart	458 466,1	1 230 322,8	65,1	MHA 1988	Amer peu visible
Senneville-sur-Fécamp : relais hertzien	461 303,9	1 230 874,4	184,0	MHA 1988	Amer peu visible

Tableau 16. – Stations de courantométrie des abords de Fécamp

N° de station	Lieu d'observation	Position (NTF, Lambert I)		Période d'observation	Type de courantomètre
		E (m)	N (m)		
20148	Épave 180.90.156	444 100	1 248 490	27 avril - 29 mai 1988	Suber SLS 21
20149	Épave 180.90.012	448 470	1 233 530	26 avril - 30 mai 1988	Suber SLS 21

CHAPITRE VI

LEVÉ DES ABORDS DU TRÉPORT

VI.1. PRÉSENTATION

Ce levé, inscrit au programme de la MHA pour 1988, devait permettre la publication de la carte internationale 1744 au 1:12 500 destinée à remplacer la carte 5928 (édition 3, 1967) établie à partir du levé effectué en 1936-1937 par Catherod.

Les travaux furent entrepris par le BH1 *L'Espérance* le 31 mai 1988, à l'issue du levé des abords de Fécamp (cf. chapitre V). Interrompus le 3 juin, les sondages furent poursuivis durant les sorties suivantes de *L'Espérance*, du 20 au 30 juin, du 11 au 29 juillet puis à partir du 29 août. L'avancement des travaux fut freiné par des conditions météorologiques médiocres pendant la deuxième quinzaine de juillet et le levé était toujours en cours lors du changement de directeur. Malgré un accord de principe avec les pêcheurs du Tréport, la présence de nombreux engins de pêche gêna les vedettes et le bâtiment. Par ailleurs une avarie du compensateur de houle de *L'Espérance* à partir du 25 juin perturba les sondages du bâtiment. Deux courantomètres et un marégraphe furent mis en place à Calais le 24 juin, en prévision des travaux à réaliser aux abords de Calais. Le retard pris dans l'exécution du levé du Tréport fit perdre le bénéfice de cette mise en place anticipée et un nouveau transit vers Calais fut nécessaire fin juillet pour récupérer les appareils. Outre

ces deux passages à Calais, *L'Espérance* fit une escale au Havre les 17 et 18 juillet. L'équipe de soutien à terre fut hébergée pendant toute la durée des travaux au sémaphore d'Ault.

VI.2. LOCALISATION

La localisation fut assurée à l'aide d'un réseau de 4 balises Trident IIIA implantées sur des points connus ou rattachés au système NTF. La configuration de la côte nécessita, comme à Fécamp, de compléter ce réseau par des stations optiques transversières pour la bordure côtière. Les caractéristiques des stations Trident et optiques sont indiquées dans le tableau 17. Tous les calculs furent réalisés en projection Lambert I.

Des fluctuations irrégulières affectèrent la qualité de la localisation Trident. Elles conduisirent à invalider temporairement certains lieux pour conserver une précision compatible avec l'échelle du levé. Un contrôle optique du réseau fut effectué le 31 août.

L'acquisition de données Toran de la chaîne Manche Est mise en service en 1987 fut entreprise pendant le levé. Ces données n'avaient pas encore été analysées lors de mon départ.

Tableau 17. – Stations optiques et Trident des abords du Tréport

Nom de la station	Coordonnées (NTF, Lambert I)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Criel-sur-Mer borne Les Mouettes	525 842,23	1 259 342,89	102,3	IGN 1952	Optique point n° XX.08.22a Trident fiche 216.01.133
château d'eau	527 625,9	1 260 225,6	82,0	MHA 1980	
Le Tréport S.O.	529 607,4	1 262 290,2	97,0	IGN 1952	Optique point n° XX.07.201 Trident Optique
Le Tréport, feu ouest marque peinte	530 733,4 530 733,6	1 263 254,5 1 263 256,0	22,5 8,5	MHA 1988 MHA 1988	
Mers-les-Bains Notre-Dame de la Falaise douille SHOM marque peinte	532 352,4 532 349,1	1 264 186,9 1 264 190,2	89,0 89,0	MHA 1980 MHA 1988	Fiche 216.01.032 Trident Optique
Ault, sémaphore	536 863,7	1 267 687,9	89,4	MHA 1985	Trident fiche 216.01.157

VI.3. MARÉE

VI.3.1. Observations

Un marégraphe Suber fut immergé devant Le Tréport pendant toute la durée des sondages. Des lectures sur une échelle de pleine mer installée dans le port et des observations complémentaires à la sonde lumineuse à l'extérieur du port furent effectuées en vue du rattachement au réseau de nivellement des zéros instrumentaux des marégraphe Suber. Le nivellement des repères associés fut également commencé.

Les enregistrements du marégraphe de l'observatoire permanent de Dieppe, port de référence de la zone, furent fournis par le service maritime de la direction départementale de l'équipement.

Conformément aux prescriptions des instructions techniques, deux marégraphe Suber supplémentaires furent mis en place au large pour compléter les éléments de référence du modèle harmonique de marée de l'EPSHOM.

Le tableau 18 résume les caractéristiques des observatoires.

VI.3.2. Traitement

Les fichiers des pressions brutes correspondant aux marégraphe Suber furent constitués au fur et à mesure de la récupération des appareils. Aucun autre traitement n'avait été entrepris lors de mon départ.

VI.4. BATHYMÉTRIE

VI.4.1. Sondages effectués

La figure 20 indique l'état d'avancement du levé au changement de directeur. Le levé régulier suivant des profils espacés de 100 m et les profils traversiers de contrôle étaient terminés. La partie accessible au bâtiment fut sondée suivant des profils rectilignes perpendiculaires à la côte. Le reste de la zone fut sondé par les vedettes sur profils circulaires Trident. Le sondeur latéral fut mis en œuvre dans toute la zone, sauf à proximité immédiate de la côte. Un levé croisé suivant des profils espacés de 50 m fut réalisé sur le ridin du Tréport, par *L'Espérance*, les 25 et 26 juin dans des conditions à peu près optimales (période de beau temps et morte-eau). Quelques profils furent repris en juillet dans des conditions différentes (vive-eau et mauvais temps).

Quelques recherches furent entreprises en juillet et en septembre. L'épave de chalutier 216.01.124, située à l'est de la zone du levé, fut retrouvée au magnétomètre et au sondeur latéral à 500 m au sud de la position de 1937.

VI.4.2. Rédaction

Deux coupures au 1:10 000 et une coupure au 1:5 000 étaient prévues (fig. 20). Le traitement primaire des sondages de juin et juillet étaient pratiquement achevés lors de mon départ : la localisation était validée et la numérisation des bandes de sonde était réalisée à 75 %.

Tableau 18. – Observatoires de marée des abords du Tréport

N° de station	Lieu d'observation	Période d'observation	Type de marégraphe	Commentaires
9/88	Épave 216.01.008 50° 14,6' N - 000° 52,0'E	27/04-30/05/1988	Suber SLS 13	Observatoire non rattaché au réseau de nivellement Observatoire non rattaché au réseau de nivellement
10/88	50° 20,5' N - 001° 31,3'E	28/04-01/06/1988	Suber SLS 13	
11/88	Le Tréport	28/04-02/06/1988 02/06-29/06/1988 29/06-09/08/1988 depuis le 31/08/1988	Suber SLS 13 Suber SLS 13 Suber SLS 13 Suber SLS 23	

Tableau 19. – Stations de courantométrie des abords du Tréport

N° de station	Lieu d'observation	Position (NTF, Lambert I)		Période d'observation	Type de courantomètre
		E (m)	N (m)		
20150	Épave 216.01.115	532 117	1 280 044	28 avril - 1 ^{er} juin 1988	Suber SLS 21
20151	Épave 216.00.008	495 065	1 283 606	27 avril - 30 mai 1988	Suber SLS 21

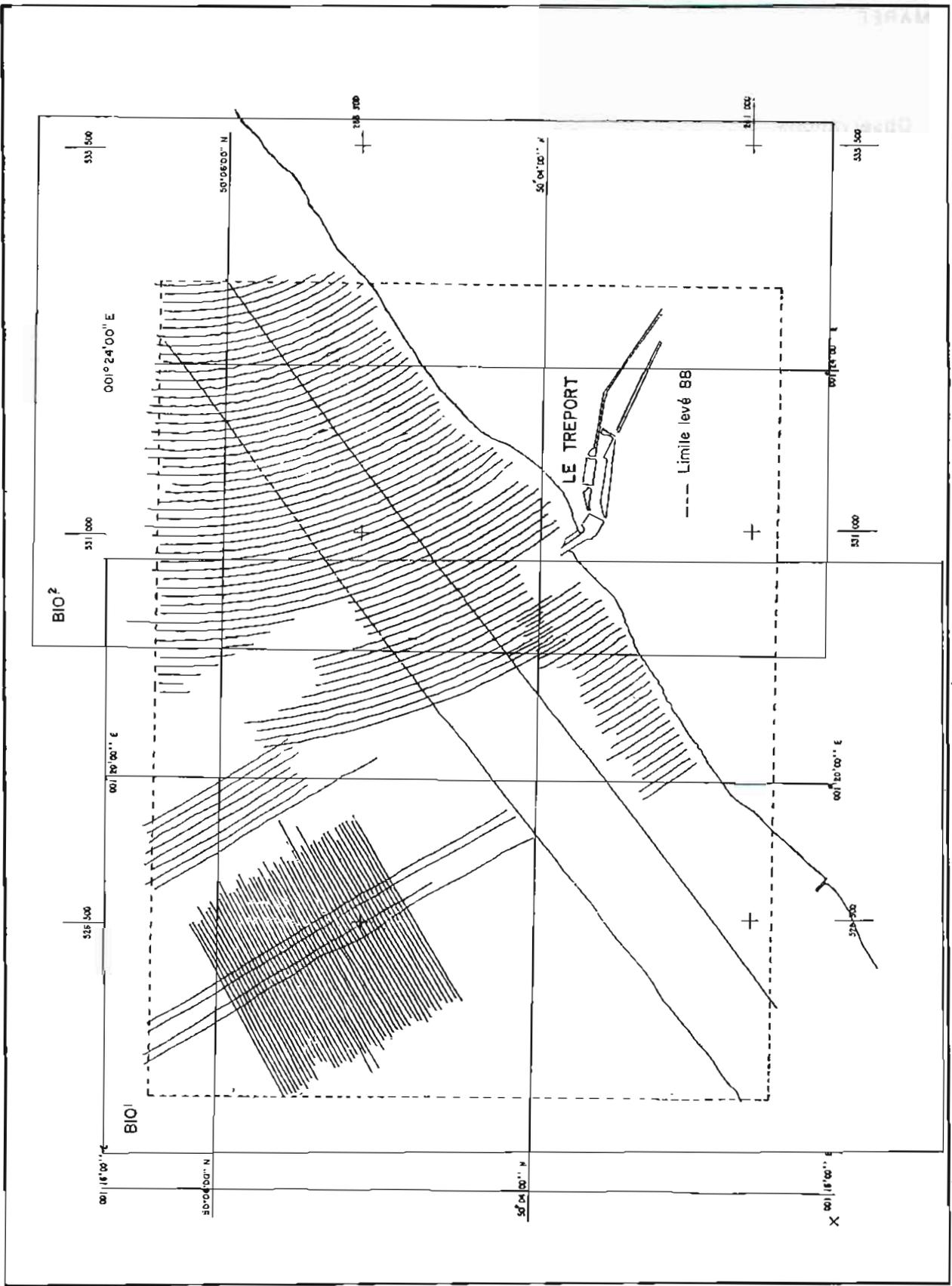


FIG. 20. - Levé des abords du Tréport

VI.5. INFORMATION NAUTIQUE

Le contrôle des amers fut réalisé le 31 août.

Des renseignements ont été recueillis au Tréport sur les aménagements en cours dans le port. Outre le dragage de l'avant-port et du bassin à flot, la séparation entre l'arrière-port et le bassin à flot a été supprimée. Le seuil du pertuis a été porté à 0,5 m découvrant. Les travaux devaient être poursuivis en 1989 avec la transformation de la retenue des chasses en port de pêche.

VI.6. COURANTOMÉTRIE

Deux séries d'observations de courant furent réalisées pendant un mois aux positions fixées par les instructions techniques. Les courantomètres étaient fixés à une ligne de pare-battages amarrée à une bouée Selco. Les caractéristiques des mouillages sont précisées dans le tableau 19. La rédaction des dossiers correspondants n'était pas terminée lors de mon départ.

CHAPITRE VII

ÉVALUATION DU SYSTÈME NATIONAL DE RADIONAVIGATION ET RECONNAISSANCES BATHYMÉTRIQUES EN ATLANTIQUE

VII.1. PRÉSENTATION

La campagne d'étalonnage du système national de radionavigation Loran C (SNR) et de reconnaissances bathymétriques en Atlantique Nord inscrite au programme de la mission pour 1988 fut effectuée par le BH1 *L'Espérance*. Il s'agissait de la quatrième campagne d'étalonnage SNR, et en principe de la dernière, consacrée à l'étude en hiver de la zone traitée en été lors de la campagne de 1987.

Cette campagne se déroula du 13 janvier au 23 février 1988 ; elle fut perturbée par un certain nombre de problèmes matériels et, dans une moindre mesure, par les conditions météorologiques peu favorables en cette saison, en particulier dans le nord de la zone de travail. Les principaux objectifs de la campagne furent néanmoins pratiquement atteints. Si les avaries propres aux appareils utilisés pour l'étalonnage du SNR respectèrent la tradition des campagnes précédentes, les difficultés liées au système d'acquisition Hydroboucle et au système de balises acoustiques étaient plus inattendues, compte tenu du bon déroulement de la campagne précédente et des essais préliminaires effectués en décembre à bord de *L'Espérance* et à la base de la mission.

VII.2. CONDITIONS D'EXÉCUTION DE LA CAMPAGNE

VII.2.1. Préparation

L'équipement de *L'Espérance* retenu pour cette campagne étant le même que pour la campagne pré-

cedente, les opérations préliminaires se réduisirent à la remise en route du gravimètre KSS 30 début décembre, à un essai du système de balises acoustiques en baie de Douarnenez et aux essais du système d'acquisition des données. Une réunion entre des représentants des différents organismes concernés par l'étalonnage du SNR (DCAN de Brest, EPS-HOM, MHA, STCAN) permit de fixer les procédures de transmission des informations nécessaires à la réalisation de la campagne (situation de l'échelle de temps propre au SNR, situation du système GPS).

VII.2.2. Chronologie

L'Espérance quitta Brest le 8 janvier. La dégradation rapide du fonctionnement du réseau Hydroboucle et l'impossibilité d'y remédier avec les rechanges disponibles à bord imposèrent un retour à Brest dès le 9. Les investigations entreprises ne permirent pas de supprimer tous les défauts et on décida d'appareiller le 13 janvier avec une configuration dégradée.

L'étalonnage démarra pendant le transit vers la zone des reconnaissances bathymétriques; celles-ci débutèrent le 15. Les travaux furent interrompus le 26 en raison du mauvais temps. Ils reprirent le 29 dans le sud de la zone où les conditions météorologiques se révélèrent plus maniables. Le 31, *L'Espérance* quitta la zone de travail pour gagner Setubal (Portugal) où elle fit escale du 1^{er} au 5 février. L'étalonnage du SNR reprit le 5 février et les reconnaissances bathymétriques le 6. La dernière reconnaissance entreprise le 19 dut être suspendue le 20, pour rapatrier dans les meilleurs délais un matelot victime d'une luxation d'une clavicule non réductible à bord. *L'Espérance* regagna Brest le 23 février.

VII.2.3. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques furent conformes à ce qu'on pouvait attendre en cette saison : l'état de la mer et la force du vent furent rarement inférieurs à 3. La succession rapide des dépressions perturba quelque peu les travaux entrepris au nord du parallèle 40°N pendant la première partie de la campagne. Une dépression un peu plus violente (état de la mer > 6, force du vent > 8) contraignit à interrompre une reconnaissance bathymétrique le 26 et à gagner le sud de la zone, après la perte d'un canot pneumatique et du touret de rechange du treuil Mécaboliier emportés par une lame.

Pendant la suite de la campagne, les conditions météorologiques furent moins défavorables. Elles provoquèrent néanmoins l'inondation de la salle de dessin et du local gravimètre par une entrée d'eau consécutive à une vague déferlante, le 6 février. Les travaux durent être momentanément interrompus le 15 février en raison de l'état de la mer.

VII.2.4. Bilan

Le bilan de la campagne fut le suivant :

— étalonnage du SNR : 51 stations d'étalonnage réparties sur les trajets et dans les zones de reconnaissances bathymétriques,

— reconnaissances bathymétriques : 5 zones.

La figure 1 précise les limites de la zone étudiée.

VII.3. LOCALISATION

VII.3.1. Matériels mis en œuvre

Les équipements suivants furent mis en œuvre :

— Loran C :

2 récepteurs Techniphone NR 11 B (fourniture DCN)

1 horloge au césium Oscilloquartz 3210 (fourniture DCN)

1 générateur d'impulsions Loran (fourniture DCN)

1 récepteur MLR LRX22P

— GPS : 1 récepteur de transfert de temps Trimble (fourniture DCN)

2 récepteurs Sercel TR5S

— Transit : 1 récepteur JMR 4

— Sylédis : 1 récepteur Sercel SR3

— Oméga : 1 récepteur Sercel M6

— balises acoustiques : 1 ensemble Océano Instruments.

Le récepteur Trimble tomba en avarie le 24 janvier, suite à un défaut d'isolement de l'antenne. Le récepteur de rechange, qui n'avait pu être fourni

avant le départ de Brest, fut expédié à Setubal par la DCAN de Brest. Le récepteur NR 11B prototype tomba en avarie le 27 janvier (défaut de la carte horloge) et la campagne fut achevée avec le seul récepteur de série. Celui-ci eut un fonctionnement apparemment correct pendant toute la campagne. Cependant, la défection d'un retard introduit par le filtrage interne (cf. § VII.3.4) mit en doute la qualité des mesures.

Aucune évaluation sérieuse du nouveau récepteur LRX 22P de MLR ne put être réalisée : les mauvaises conditions de réception de la chaîne Mer de Norvège (7970) ne permirent pas d'obtenir un fonctionnement correct en mode hyperbolique croisé avec la chaîne française (8940). L'avarie successive de la carte interface prototype équipant la station Hydroboucle correspondante puis de la carte de rechange expédiée à Setubal par l'EPSHOM et le blocage du récepteur dû à un défaut d'antenne, à partir du 26 janvier, réduisirent également les possibilités d'acquisition de la seule phase de la chaîne française.

VII.3.2. Système de positionnement global (GPS)

Le système GPS en mode standard (code C/A non dégradé) fut utilisé durant toute la campagne, pendant les créneaux de visibilité d'au moins 2 (mode 2D) ou 3 satellites (mode 2D+T). Avec 5 à 7 satellites en fonction, la durée totale d'utilisation en mode 2D+T était comprise entre 5 et 8 heures par jour.

La qualité du point en mode 2D+T permettait de suivre assez facilement les profils au 1:20 000, malgré quelques perturbations dues à des décrochages intempestifs de satellites liés aux mouvements de plate-forme et entraînant des sauts de plusieurs dizaines de mètres sur le point calculé. Des valeurs anormales (supérieures à 10 m) des résidus sur les pseudo-distances furent parfois observées : elles furent attribuées aux performances dégradées du satellite 8. Ces anomalies temporaires furent parfois suivies de l'invalidation du satellite incriminé par le réseau de contrôle. Elles furent alors confirmées a posteriori par les informations retransmises par l'EPSHOM. Les délais de transmission depuis les États-Unis (de l'ordre de la semaine) réduisaient quelque peu l'intérêt opérationnel de ces informations. Les écarts sur la position calculée associés à ces anomalies déterminées sur champ de balises peuvent dépasser 350 m. L'impossibilité, sans référence externe précise, de détecter ces anomalies pendant les créneaux à 3 satellites incite à rester prudent dans l'emploi du système en mode standard pour l'hydrographie. L'emploi d'une horloge externe de haute précision n'améliora pas sensiblement le fonctionnement en mode 2D (cf. § I.4.4.).

Les données acquises sur champ de balises permettent d'apprécier les performances du système. Le tableau 20 présente l'histogramme des distances en-

Tableau 20. – Histogramme des distances points GPS-points balisés
(Mode 2D + T ou 2D; HDOP < 10)
Nombre de points de comparaison : 414 répartis sur 3 jours

Écarts inférieurs à (m)	10	20	30	40	50	100	200	500	1 000
Pourcentage (%)	31,6	60,8	71,5	75,3	75,8	79,9	90,5	96,3	100

tre les points GPS et les points homologues déterminés sur champ de balises calibré. On observe 20 % d'écarts supérieurs à 100 m : ils correspondent aux anomalies signalées plus haut ou à des points calculés en mode 2D. Après élimination de ces points, on obtient les statistiques suivantes :

- écarts inférieurs à 20 m : 76,1 %
- écarts inférieurs à 50 m : 94,9 %.

Le système GPS en mode naturel standard reste donc en principe insuffisant pour un levé au 1:20 000 (précision meilleure que 20 m). Son emploi suppose qu'on s'accommode des normes de précision associées à un levé au 1:50 000 (précision meilleure que 50 m).

VII.3.3. Balises acoustiques

Les balises acoustiques constituaient le seul moyen de localisation précis et continu dans la zone de travail. Leur mise en œuvre fut limitée d'abord par les mauvaises conditions météorologiques, qui interdirent toute tentative de mouillage des balises lors de la première mise en œuvre prévue, puis par une panne rédhibitoire (cf. § 1.4.4.). Un seul champ de cinq balises fut donc mis en place au cours de la campagne.

Deux calibrations relatives du champ furent réalisées, les résultats obtenus à l'issue de la première étant très éloignés des éléments approchés déterminés lors du mouillage des balises (écarts de 1 000 m sur les positions horizontales et de 250 m sur les immersions). La deuxième calibration confirma la première et un traitement global des deux séries d'observations donna les résultats suivants :

- nombre de stations de mesure : 60
- nombre d'observations validées : 216
- nombre d'inconnues : 12 (5 balises)
- précision estimée des coordonnées relatives : 1 à 2 m (1 écart-type)
- résidus sur les distances observées
 - moyenne quadratique : 1,6 m
 - valeur maximum : 6,1 m

L'orientation du champ fut déterminée par la méthode des profils à cap inverse, avec une précision estimée de $\pm 0,05^\circ$.

L'utilisation du champ fut perturbée par une difficulté d'accrochage des balises liée à un défaut du programme d'acquisition puis par la panne du coffret de mesure des distances RM 201.

Le traitement en temps différé des données acquises pendant la période de bon fonctionnement du système mit en évidence quelques défauts. En particulier, lorsqu'une balise ne répond pas à une interrogation, la distance transmise au calculateur est celle associée à la dernière réponse reçue. Lorsque la cadence d'archivage est supérieure à la cadence d'acquisition (10 s), il n'est pas toujours facile de repérer a posteriori ces décrochages qui n'ont pas été identifiés en temps réel par le programme d'acquisition. Il est possible que la défaillance de la carte multiplexage du coffret RM 201 explique en partie la fréquence des défauts de ce type qui touchaient environ 10 % des points archivés.

La calibration absolue fut effectuée a posteriori par comparaison des points calculés dans le champ de balises et des points simultanés fournis par le système GPS. Les coordonnées absolues des balises furent déduites des coordonnées provisoires par simple translation. La comparaison des points GPS et des points calculés dans le champ de balises donne alors les résultats suivants :

- nombre de points de comparaison : 414
- nombre de points retenus : 314 (distance point GPS – point balises < 50 m)
- écart moyen en abscisse : 0 m
- écart moyen en ordonnée : 3 m
- moyenne quadratique des distances : 9 m
- distance maximale : 42 m

La précision du calage absolu peut donc être estimée meilleure que 20 m. La précision des points calculés dans le champ de balises est généralement meilleure que 10 m.

VII.3.4. Loran C

L'évaluation du système SNR est détaillée dans le paragraphe suivant. Seules les conditions d'emploi du système pour les reconnaissances bathymétriques sont examinées ici.

Les modalités d'utilisation du système furent les suivantes :

- en temps réel : détermination à vue des corrections moyennes à appliquer aux coordonnées géographiques fournies par le récepteur Techniphone NR 11B par comparaison avec les points GPS, prise en compte de ces corrections par logiciel pour le suivi de profil.

On détecta à cette occasion une variation des cor-

rections avec le cap du bâtiment, traduisant un retard du filtre interne au récepteur. Ce retard fut contrôlé en laboratoire par la DCAN et une valeur constante de 32 s fut adoptée pour les traitements en temps différé;

- en temps différé : détermination des écarts entre les coordonnées GPS et les coordonnées Loran – corrigées du retard de 32 s – à partir des données archivées pendant les créneaux GPS, calcul des corrections moyennes par zone, calcul des corrections à appliquer aux coordonnées brutes en fonction du cap, rejeu des profils suivis avec le SNR en appliquant les corrections correspondant au cap suivi. Ces corrections intègrent les effets de la dérive de l'horloge embarquée et des conditions de propagation sur trajet mixte terre-mer.

La comparaison des résultats ainsi obtenus et des résultats issus de la calibration du SNR (cf. § VII.4) est résumée dans le tableau 21. La méthode de correction empirique donne des résultats un peu meilleurs que la modélisation des effets de propagation. L'effet du filtrage interne du récepteur NR11B explique sans doute cette constatation : en effet la dispersion des écarts entre les coordonnées fournies par le récepteur et les coordonnées GPS est généralement inférieure à la dispersion des écarts entre les coordonnées calculées à partir des temps de propagation instantanés observés et les coordonnées GPS (rapport compris entre 0,4 et 0,9 pour la zone 3). Il résulte des valeurs indiquées dans le tableau 21 que la précision du SNR, après étalonnage,

reste insuffisante pour un levé hydrographique au 1:200 000 dans les zones étudiées.

VII.3.5. Système Transit (NNSS)

Les points Transit furent utilisés en temps réel pour contrôler la stabilité du SNR en dehors des créneaux GPS.

Aucune analyse ne fut effectuée a posteriori sur la précision du système. Il aurait été intéressant de procéder à une comparaison des calibrations absolues du champ de balises de la zone 3 à partir des points Transit d'une part et des points GPS d'autre part. Cette étude ne fut pas faite en raison de la courte durée d'utilisation du champ de balises et du petit nombre de points Transit archivés pendant cette période.

VII.3.6. Système Oméga

Le système Oméga fonctionnant en mode différentiel avec la station de Lagos (Portugal) ne fut pas utilisé pour les reconnaissances bathymétriques.

L'analyse des données enregistrées pendant les créneaux GPS fait apparaître une distance maximale entre les points GPS et Oméga différentiel comprise entre 1,5 et 2 milles, pour une distance à la station différentielle comprise entre 200 et 500 milles. Les écarts moyens observés dans des zones voisines sont assez différents (tableau 22) et sans doute non significatifs.

Tableau 21. – Précision du système SNR

Zone	Position centrale		Précision théorique (m) 2 drms*	Distance maximum GPS-Loran (m) après correction	Pourcentage de distances < 200 m	Nombre de points validés
	Lat. (N)	Lon. (W)				
1	43°	12°	375	220	99 %	986
2	42°	19°	540	450	55 %	641
3	38°	13°	615	500	74 %	1 787
4	40°	14°	525	360	84 %	789
5	41°	15°	495	290	90 %	397

* valeur associée à une précision sur les temps de propagation de +/- 0,5 microseconde (2 sigmas)

Tableau 22. – Comparaison Oméga différentiel - GPS

Zone	Position centrale		Distance station diff. (milles)	Écart moyen (m) GPS - Oméga		Distance (m) GPS - Oméga		Nombre de points validés
	Lat. (N)	Lon. (W)		Lat.	Lon.	maximum	moyenne quadratique	
3	38°	13°	220	420	-1 680	2 450	420	244
4	40°	14°	310	-730	- 20	3 120	440	869
5	41°	15°	380	270	1 770	3 530	770	325

VII.4. ÉVALUATION DU SNR

VII.4.1. Méthode

On adopta pour l'évaluation du SNR la même méthode que celle utilisée en 1987. Elle est basée sur la comparaison des temps de propagation des signaux émis par les deux stations de Lessay et de Soustons avec les temps théoriques calculés pour la position de référence fournie par le système GPS ou par un champ de balises lui-même calé à l'aide du GPS.

Comme en 1987, les temps de propagation étaient fournis directement par les récepteurs Techniphone dans l'échelle de temps associée à l'horloge embarquée. Le décalage entre cette échelle de temps et celle du SNR (temps atomique de Brest, TAB) était obtenu par différence des écarts observés simultanément à bord de *L'Espérance* et à la station de contrôle de l'Île Longue par rapport à l'horloge d'un satellite GPS. On utilisa le système WGS 84 comme système de référence pour les observations GPS. Le tableau 23 indique les coordonnées des émetteurs Loran C dans ce système.

3 stations d'étalonnage pouvaient être effectuées chaque jour avec une mesure de temps sur un satellite visible simultanément de *L'Espérance* et de la station de contrôle. Le nombre de stations réalisées fut limité par les avaries des équipements et les contraintes liées à l'exécution des reconnaissances bathymétriques. Outre les stations d'étalonnage proprement dites, réalisées bâtiment stoppé à la dérive, des données furent également enregistrées en route à cadence élevée (une observation toutes les 30 ou 10 s).

Pour affiner la détermination de l'indice moyen de réfraction le long des trajets des ondes Loran, on compléta les observations météorologiques à bord de *L'Espérance* par les observations des sémaphores les plus proches de Lessay et Soustons, à savoir le sémaphore de la pointe du Grouin et le sémaphore de Socoa.

Un nouveau logiciel de traitement fut élaboré pour faciliter le contrôle des données recueillies et l'édition des résultats et permettre le choix du système de localisation de référence (GPS, Transit, Sylédis, balises acoustiques). La figure 3 précise l'organigramme général de la chaîne de traitement utilisée.

VII.4.2. Échelle de temps

Les mesures de synchronisation furent réalisées par rapport à trois satellites différents (n^{os} 9, 11 et 12). La dérive moyenne de l'horloge embarquée par rapport à l'horloge des satellites GPS est de 35 ns par jour, soit $4 \cdot 10^{-13}$. Les écarts par rapport à cette dérive moyenne sont généralement inférieurs à 100 ns, avec une valeur quadratique moyenne de 40 ns. La dérive moyenne du temps TAB par rapport aux horloges des satellites GPS est de - 36 ns par jour, avec une dispersion des valeurs individuelles sensiblement plus forte (écart quadratique moyen de 70 ns).

Pour tenir compte des modifications du TAB pendant la campagne, l'écart entre l'horloge embarquée (TL) et l'échelle de temps TAB fut modélisé par une loi linéaire par morceaux. L'écart entre le modèle et les valeurs observées est inférieur à 80 ns pour 61 des 66 observations effectuées.

VII.4.3. Indice de réfraction

L'indice de réfraction fut déterminé à l'heure des stations d'étalonnage à partir des observations météorologiques effectuées à bord de *L'Espérance* et à partir des observations tri-horaires des sémaphores de la pointe du Grouin et de Socoa. La valeur moyenne pour chaque trajet de l'indice relatif était comprise entre 320 et 340 pour les trajets *L'Espérance* - Lessay et entre 315 et 345 pour les trajets *L'Espérance*-Soustons. La dispersion entre les valeurs aux deux extrémités de chaque trajet atteint 20, avec une valeur moyenne de 10. Pour le calcul des vitesses de propagation en espace libre, on adopta la valeur moyenne de chaque trajet arrondie à la dizaine. La précision de l'indice ainsi calculé est de $\pm 10^{-5}$, soit une précision meilleure que ± 50 ns sur les temps de propagation pour les trajets inférieurs à 1 500 km.

VII.4.4. Analyse du rapport signal/bruit

a) variation diurne :

L'analyse porta sur les données recueillies dans quatre zones différentes pendant les reconnais-

Tableau 23. – Coordonnées WGS 84 des émetteurs du SNR

Émetteur	Latitude (N)	Longitude (W)	Origine
Lessay	49° 08' 55,25"	001° 30' 17,05"	MHA 1985 Fiche 145.31.082
Soustons	43° 44' 23,13"	001° 22' 49,64"	MHA 1985 Fiche 145.91.336

Valeurs déduites des coordonnées NTF par translation en coordonnées trirectangle de vecteur
Tx = - 171 m; Ty = - 61 m; Tz = + 316 m

sances bathymétriques. Les caractéristiques de ces zones sont résumées dans le tableau 24.

Comme en juillet 1987, la réception fut nettement moins bonne avec le récepteur prototype : les valeurs moyennes horaires du rapport S/B sont 5 dB en-dessous des valeurs correspondantes obtenues avec le récepteur de série et la dispersion est 2 à 5 fois supérieure.

La réception était globalement meilleure de jour que de nuit, avec une différence de l'ordre de 4 dB. La stabilité du signal était assez bonne, en particulier dans les zones 1 et 4. Dans la zone 3, on observa une grande instabilité du signal reçu de Lessay, liée à la distance de propagation élevée, au trajet terrestre relativement important (300 km environ) et à l'effet de l'onde de ciel. Cette instabilité disparaissait au lever et au coucher du soleil et le rapport S/B était meilleur la nuit que le jour (différence de 6 dB environ) mais le récepteur n'était pas toujours accroché sur le bon signal !

b) variation avec la distance aux émetteurs :

Deux modèles linéaires furent établis à partir des observations de jour (8 h à 18 h UT) et de nuit (18 h UT à 8 h UT) du récepteur de série. Le premier faisait intervenir un coefficient d'atténuation constant sur tout le trajet; le second faisait intervenir un coefficient différent sur terre et sur mer. Le tableau 25 résume les résultats obtenus.

Le modèle simple rend moins bien compte des variations du rapport S/B sur le signal de Soustons qui est fortement affecté par les trajets terrestres sur la péninsule ibérique. Dans le modèle mixte, le coeffi-

cient d'atténuation sur mer ne dépend pas de l'émetteur considéré. Il n'en est pas de même du coefficient relatif au trajet terrestre, en particulier de nuit. On note une différence sensible entre les coefficients d'atténuation terrestre diurne et nocturne pour Lessay mais, compte tenu des trajets courts pour les observations de nuit (moins de 300 km sauf pour une série), cette différence n'est pas nécessairement significative.

Le rapport S/B est globalement meilleur de jour que de nuit, bien que les coefficients d'atténuation soient plus faibles la nuit que le jour, en raison de la variation du niveau à l'origine. L'atténuation est environ deux fois plus forte en hiver qu'en été.

VII.4.5. Calibration

a) modélisation

La détermination d'une position avec le SNR est basée sur le calcul de la distance géodésique entre l'émetteur et le récepteur à partir du temps de propagation des signaux. La formulation utilisée est la suivante :

Teta : temps de propagation du signal mesuré dans l'échelle de temps bord (TL) (microsecondes)

Tcor : temps de propagation dans l'échelle de temps du SNR (TAB) corrigé du biais éventuel du récepteur (microsecondes)

D_g : distance géodésique entre l'émetteur et le récepteur (m)

Tableau 24. – Zones d'étude de la variation diurne du rapport signal/bruit

Numéro de zone	Période	Position moyenne		Distances (km)		Nombre de récepteurs en fonction
		Lat. (N)	Lon. (W)	Lessay	Soustons	
1	15/01-20/01	43°	012°	1 100	900	2
2	22/01-26/01	42°	019°	1 600	1 400	2
3	29/01-13/02	38°	013°	1 600	1 200	1
4	14/02-18/02	40°	014°	1 400	1 100	1

Tableau 25. – Modélisations du rapport S/B en fonction du trajet des signaux

Période	Nombre de séries	Émetteur	Modèle	S/B à d = 0 (dB)	Atténuation (dB/km)			Moyenne quadratique des résidus (dB)
					Moyenne	Mer	Terre	
Jour	43	Lessay	simple	30	-0,024			2
			"	32	-0,029			4
		Soustons	mixte	31		-0,024	-0,030	2
			"	30		-0,024	-0,034	3
Nuit	58	Lessay	simple	24	-0,020			3
			"	27	-0,026			3
		Soustons	mixte	23		-0,021	-0,010	3
			"	25		-0,021	-0,029	2

Vsalt : vitesse de propagation sur la mer calculée par le modèle SALT (km/s)

Totth : temps de propagation théorique sur mer (microsecondes)

ASF : correction secondaire additionnelle due au trajet terrestre (microsecondes)

$$\text{Totth} = D_g \cdot 1000 / \text{Vsalt}$$

$$\text{Tcor} = \text{Teta} + (\text{TAB} - \text{TL}) - \text{Biais}$$

$$\text{ASF} = \text{Totth} - \text{Tcor}$$

Les paramètres du modèle SALT sont rappelés ci-dessous :

$$\text{Vsalt} = \frac{\text{CO}}{n} \left(a_0 + \frac{a_1}{D_g} + \frac{a_2}{D_g^2} \right)$$

avec :

CO : vitesse de propagation dans le vide : 299 792,458 km/s

n : indice de réfraction moyen sur le trajet

$$a_0 = 0,999\,353$$

$$a_1 = 122,87$$

$$a_2 = -1,1987 \cdot 10^{-7}$$

Chaque couple d'observations simultanées (GPS-SNR) fournit une équation d'observation permettant de calculer la correction ASF. On peut aussi en déduire la vitesse de propagation réelle instantanée Vobs (km/s) :

$$\text{Vobs} = D_g \cdot 1000 / \text{Tcor}$$

La valeur moyenne $\overline{\text{Vobs}}$ pour une série d'observations et un émetteur donné est calculée par les moindres carrés. On en déduit la valeur moyenne ASF :

$$\overline{\text{ASF}} = \overline{D_g} \cdot 1000 \left(\frac{1}{\overline{\text{Vsalt}}} - \frac{1}{\overline{\text{Vobs}}} \right)$$

Les calculs des distances géodésiques et des trajets terrestres furent déterminés comme suit :

D_g : calcul par la formule de Sodano sur l'ellipsoïde associé au système WGS 84,

trajets terrestres : calcul des points d'intersection de la géodésique reliant l'émetteur au récepteur avec des méridiens espacés de 1°,

détermination sur carte par interpolation des points d'intersection avec la côte compris entre deux méridiens,

calcul des distances géodésiques des parcours terrestres à l'aide de la formule d'Andoyer.

La détermination des trajets terrestres reste néanmoins entachée d'une imprécision de l'ordre de 10 à 20 km (traversée de baies, rades ou estuaires, trajets tangents à la côte, etc.).

b) bilan des erreurs

L'analyse du bilan des erreurs effectuée lors des campagnes précédentes reste valable. Les valeurs numériques adoptées pour cette campagne furent les suivantes :

position de référence : GPS (HDOP < 6) : précision meilleure que 50 m soit 200 ns

dérive des échelles de temps : précision meilleure que 100 ns

synchronisation des chaînes : précision meilleure que 50 ns

résolution du récepteur : 10 ns (cette valeur ne tient pas compte de l'imprécision résiduelle induite par le filtrage interne du récepteur, après prise en compte d'un retard moyen de 32 s)

acquisition des données : les erreurs de synchronisation, inférieures à 1 s, furent négligées (déplacement inférieur à 5 m à 10 nœuds).

En admettant une combinaison quadratique des erreurs, on obtient une précision globale supposée meilleure que 250 ns.

c) analyse des observations

On traita d'abord chaque série d'observations de manière indépendante en examinant la cohérence interne des données. Une partie des observations recueillies avec le récepteur prototype avant son avarie dut être éliminée en raison des fluctuations importantes liées aux décrochages fréquents. Le biais initial des récepteurs fut calculé à partir de deux séries d'observations pour lesquelles la propagation avait lieu sur trajet exclusivement maritime.

La cohérence interne de chaque série est relativement satisfaisante : l'écart type de l'ASF relatif à Lessay est inférieur à 0,10 µs pour 93 des 130 séries observées avec le récepteur de série. L'écart type de l'ASF relatif à Soustons est inférieur à 0,10 µs pour 116 de ces 130 séries. On ne relève pas de différence notable entre les séries enregistrées en route et celles enregistrées à la dérive. Des variations anormales de l'ASF – pouvant atteindre 0,5 µs – furent cependant observées dans certaines séries enregistrées en route : elles semblent liées à des changements de cap et pourraient donc provenir des effets résiduels du filtrage interne mais ces variations ne sont pas systématiques.

Un autre élément d'appréciation de la qualité des observations Loran est fourni par la comparaison des données des deux récepteurs pendant les périodes de bon fonctionnement simultané. La variation de l'écart entre les valeurs moyennes de l'ASF pour chaque voie dépasse 0,2 µs. La comparaison directe des TOT mesurés simultanément par les deux récepteurs fait apparaître des variations dépassant 0,3 µs même avec des conditions de réception satisfaisantes, le bâtiment étant en dérive.

En conclusion, les récepteurs utilisés ne permettent pas de garantir une précision meilleure que quelques dixièmes de microsecondes. Dans la suite, on ne considère que les données du récepteur de série.

d) étude de la stabilité de l'ASF

Les nombreuses données acquises dans la zone 3 où la localisation de référence était fournie par un champ de balises acoustiques calibré par rapport au GPS permirent d'étudier la stabilité temporelle des

valeurs de l'ASF. Les conditions de propagation dans cette zone étaient les suivantes :

- pour Lessay : signal reçu faible et instable, deux portions de trajet terrestre : sur la Bretagne (140 km) et sur la péninsule ibérique (140 km) longueur totale du trajet : 1550 km
- pour Soustons : signal reçu stable un seul trajet terrestre sur la péninsule ibérique (600 km) longueur totale du trajet : 1200 km.

La variabilité observée est élevée tant pour Lessay que pour Soustons, avec des écarts types sur les ASF de chaque série voisins de 0,3 μ s. On ne constate aucune différence significative entre les séries diurnes et nocturnes. Cette variabilité – qui ne peut être imputée à la localisation de référence – permet d'estimer la précision maximum que l'on peut escompter d'une modélisation de l'ASF à partir de la longueur du trajet terrestre : cette précision ultime est de l'ordre de 0,5 μ s. Il n'est pas exclu que cette variabilité soit due en partie au récepteur lui-même.

e) modélisation de l'ASF

L'effet des trajets terrestres se traduit en principe par un ASF négatif dont la valeur absolue croît avec la longueur du trajet terrestre. Les valeurs moyennes obtenues pour les différentes séries d'observations ne vérifient pas cette variation continue. Ainsi, pour Soustons, on observe un saut de l'ordre de 1 μ s entre la dernière série avec une portion de trajet terrestre sur l'Espagne et la série suivante. Pour Lessay, la discontinuité est moins nette mais dans les deux cas, les valeurs d'ASF associées aux séries suivantes sont toutes positives. Ces anomalies sont à rapprocher des sauts d'environ 1 μ s constatés en 1987. Leur origine n'a pas été élucidée et elles affectent fortement la fiabilité des résultats des campagnes de 1987 et 1988. Comme en 1987, une

correction arbitraire de 1 μ s fut appliquée pour rétablir la continuité des valeurs.

Les données corrigées furent utilisées pour une modélisation de l'ASF en fonction linéaire de la longueur de trajet terrestre. Les résultats obtenus pour les deux voies sont comparables (tableau 26) : la valeur adoptée pour les biais sont confirmées ($b = 0,1 \mu$ s) et le retard dû au trajet terrestre est compris entre 0,04 et 0,05 μ s/km. La précision du modèle linéaire est meilleure que 0,5 à 0,6 μ s, les observations relatives à Soustons satisfaisant un peu mieux la loi linéaire que les observations relatives à Lessay. Les anomalies par rapport à ce modèle pourraient correspondre à des sauts de 1 μ s non corrigés ou à une inadéquation du modèle simplifié dans certaines situations. Un modèle commun aux deux voies fut également calculé : les écarts entre valeurs calculées et observées sont inférieurs ou égaux à 0,5 μ s dans 94 % des cas.

f) modélisation de la célérité

On a adopté la même formulation que pour les campagnes précédentes :

$$\frac{1}{V_{obsi}} = \frac{m_i}{s_i \cdot V_m} + \frac{t_i}{V_t}$$

avec

V_{obsi} : vitesse observée (km/s)

V_m : vitesse de propagation en espace libre (km/s)

V_t : vitesse de propagation sur la terre (km/s)

s_i : coefficient du modèle Salt :

$$s_i = a_0 + a_1/d + a_2/d^2$$

d : longueur du trajet maritime (m)

m_i : proportion de trajet maritime

t_i : proportion de trajet terrestre

Les vitesses V_m et V_t furent calculées par les moindres carrés en traitant séparément les deux voies puis en regroupant les données. Le tableau 27 résume les résultats obtenus. Les 3 modèles sont

Tableau 26. – Modélisation de l'ASF en fonction linéaire du trajet terrestre

Données utilisées (récepteur de série)	Nombre de séries retenues	Coefficients du modèle		Coefficient de corrélation	Moyenne quadratique des résidus (μ s)	Erreur maximum sur les séries retenues (μ s)
		a (μ s/km)	b (μ s)			
1. Lessay	126	-0,0046	0,12	0,83	0,30	0,71
2. Soustons	124	-0,0042	0,11	0,98	0,25	0,52
3. Lessay et Soustons	232	-0,0042	0,07	0,96	0,27	0,64

Tableau 27. – Modélisation de la célérité

Données utilisées (récepteur de série)	Nombre de séries retenues	Vitesses calculées (km/s)		Moyenne quadratique des résidus (km/s)	Erreur maximum sur les séries retenues (km/s)
		Espace libre	Terre		
1. Lessay	123	299 709	299 057	20	53
2. Soustons	123	299 700	299 138	22	55
3. Lessay et Soustons	232	299 697	299 135	21	58

sensiblement équivalents et assurent une précision de l'ordre de 50 km/s (soit mieux que 0,5 µs jusqu'à 900 km des émetteurs). La vitesse en espace libre ne dépend pas de l'émetteur; elle est un peu forte puisqu'elle correspond à un indice de 1,000 310 (au lieu de 1,000 330 en moyenne).

Les vitesses sur terre sont moins cohérentes mais l'utilisation du modèle 3 ne dégrade pas sensiblement la précision: pour les trajets terrestres inférieurs à 500 km, l'utilisation de la vitesse du modèle 3 au lieu de celle du modèle 1 entraîne un écart inférieur à 0,4 µs sur le temps de propagation calculé. Le modèle 3 donne des écarts entre les TOT observé et calculé inférieurs ou égaux à 0,5 µs dans 90 % des cas et à 0,3 µs dans 75 % des cas.

Le tableau 28 rappelle les célérités calculées à partir des données des campagnes précédentes. La vitesse en espace libre est relativement constante (299 700 km/s) et proche de la vitesse standard (299 691 km/s pour $n = 1,000\ 338$); l'effet des conditions météorologiques est donc négligeable. La vitesse sur terre est nettement plus variable: la valeur de 1985 est cependant sujette à caution en raison de la zone étudiée (trajets terrestres sur les signaux de Lessay essentiellement et de longueur quasiment constante). L'écart entre les valeurs d'été et d'hiver pour la même zone (campagnes de 1987 et 1988) reste faible en terme de temps de propagation.

VII.4.6. Conclusions

Les principales conclusions de cette évaluation sont les suivantes:

a) *réception*: la portée utile observée dans la zone étudiée est de l'ordre de 1 500 km. Au-delà, les décrochages fréquents ou le passage en onde de ciel réduit la fiabilité du système. L'atténuation du signal est de l'ordre de:

- 0,02 dB/km sur mer,
- 0,03 dB/km sur terre.

La réception de l'onde de sol est globalement meilleure de jour que de nuit (différence de l'ordre de 4 dB).

b) *calibration*: la qualité de la calibration fut limitée par la précision apparemment médiocre des me-

sures Loran. Outre une variabilité de $\pm 0,3\ \mu\text{s}$ entre des mesures simultanées de deux récepteurs ou entre des mesures répétées dans une zone donnée, on a observé des discontinuités de l'ordre de 1 µs dont l'origine reste à élucider et dont la correction reste à justifier. Avec cette réserve, les modèles simplifiés de correction secondaire (ASF) étudiés donnent des résultats satisfaisants:

- modélisation de la correction en fonction de la longueur du trajet terrestre (par rapport au modèle Salt):

ASF = - 4 ns/km; précision: $\pm 0,5\ \mu\text{s}$ (à 95 %)

- modélisation de la célérité:

$$\frac{1}{V_{\text{obs}}} = \frac{m}{s \cdot V_m} + \frac{t}{V_t}$$

avec:

t : proportion de trajet terrestre

m : proportion de trajet maritime

s : coefficient du modèle Salt

V_m : 299 700 km/s

V_t : 299 135 km/s

précision: $\pm 50\ \text{km/s}$ (95 %) ou $\pm 0,5\ \mu\text{s}$ (95 %)

La précision des résultats est insuffisante pour mettre en évidence des effets saisonniers significatifs ou des anomalies de propagation.

VII.5. BATHYMÉTRIE

Toutes les reconnaissances bathymétriques furent rédigées avant mon départ.

VII.6. GRAVIMÉTRIE

Trois stations de référence furent observées pour la détermination de la dérive du gravimètre: à Brest avant l'appareillage, à l'escale de Setubal et de nouveau à Brest au retour. Les points de mesure à quai furent rattachés aux points du réseau IGSN 1971 avec un gravimètre terrestre Worden. Le tableau 29 précise les données numériques des stations. Le rat-

Tableau 28. - Résultats des campagnes de 1985 à 1988

Campagne	Vitesses calculées (km/s)			
	Espace libre	Terre		
		Lessay	Soustons	Lessay + Soustons
1985	299 680	-	-	298 950
1986	299 700	299 195	299 190	299 190
1987	299 710	299 120	299 100	299 100
1988	299 700	299 060	299 140	299 135

Tableau 29. – Mesures gravimétriques de référence en 1988

Date	Heure (UT)	Lieu	Gv observé		Pesanteur réduite au niveau moyen		Dérive (mGal)
			Valeur moyenne	Précision	Valeur observée (mGal)	Valeur IGSN 71 (mGal)	
10/01	00 h	Brest	637,0	+/-0,4	-	980 940,9	0,0
04/02	00 h	Setubal	-241,7	+/-0,3	980 062,2	980 061,0	+1,2
24/02	12 h	Brest	638,5	+/-0,2	980 942,4	980 940,9	+1,5

Tableau 30. – Correction à ajouter aux profondeurs observées avec un sondeur réglé à 1 500 m/s

Profondeur vraie (m)	Correction (m) Table NP 139		Corrections (m) déduite des profils de célérité associés aux XBT				
	Zone 16	Zone 17	P1	P2	P3	P4	P5
0	0	0	0	0	0	0	0
200	1,0	1,5	1,5	1,6	1,3	1,1	0,5
600	2,0	3,5	2,6	2,9	2,4	2,3	1,3
1 000	2,5	4,5	-	4,9	4,7	4,6	2,9
1 500	2,7	6,8	-	8,6	8,2	8,3	4,8

tachement effectué à Setubal est cohérent avec celui de 1987 (écart inférieur à 0,1 mGal).

Les dérives observées étaient faibles et compatibles avec les spécifications du gravimètre KSS 30 : + 0,048 mGal/jour de Brest à Setubal (25 jours) et + 0,015 mGal/jour de Setubal à Brest (20 jours). La correction de dérive fut calculée par interpolation linéaire entre les points de calage; bien qu'un changement de pente systématique aux escales soit peu vraisemblable, la petitesse de la correction ne justifie pas une loi d'interpolation plus évoluée que le modèle linéaire par morceaux.

Le calcul de la pesanteur absolue et de l'anomalie à l'air libre à partir des lectures Gv fut effectué selon les modalités suivantes :

— prise en compte d'un retard constant de 195 s pour déterminer la position associée à chaque lecture,

— calcul de la pesanteur absolue à l'aide de la formule :

$$g = 980\,940,9 + (Gv - 637,0) \cdot 1,000\,018 + C \text{ dérive} + C \text{ Eotvos}$$

— calcul de l'anomalie à l'air libre à l'aide de la formule de Somigliana associée au système GRS 80.

L'analyse des données acquises lors des reconnaissances bathymétriques mit en évidence des écarts de l'ordre de la dizaine de milligals entre les valeurs obtenues sur des profils sécants ou superposés. Aucune erreur dans les calculs n'ayant été décelée et en l'absence d'effet systématique associé

à la direction des profils, on supposa que ces anomalies résultaient de perturbations du gravimètre dues aux mouvements de plate-forme pendant les périodes de mauvais temps qui affectèrent une partie des levés. Ce type d'anomalie avait déjà été observé en 1987 par mauvais temps. Les profils « anormaux » furent invalidés.

VII.7. HYDROLOGIE

Les mesures d'hydrologie de routine réalisées par *L'Espérance* furent peu nombreuses (95 observations T et 8 observations B dont 5 exploitables) en raison de l'état de la mer rendant l'accès de la plage arrière pour les tirs de sondes Sippican souvent dangereux.

A partir des profils de célérité associés aux observations B, on a déterminé les corrections à appliquer aux profondeurs observées avec un sondeur réglé à 1 500 m/s. Les valeurs correspondant aux 5 XBT exploitables sont indiquées dans le tableau 30 ainsi que les valeurs de la table NP 139 pour les zones concernées. L'écart avec les valeurs tabulées pour la zone 17, correspondant nominale-ment aux 5 sondages disponibles, ne dépasse pas 0,2 % de la profondeur pour les profils P1 à P4. Il atteint 0,5 % de la profondeur pour le profil P5 situé à proximité de la limite entre les zones 16 et 17.

CHAPITRE VIII

LEVÉ PORTUAIRE À CHERBOURG

VIII.1. PRÉSENTATION

Le levé du port militaire de Cherbourg avait été inscrit au programme de la MHA pour 1988 sur demande des autorités de la première région maritime. Divers aménagements du port (création de terre-pleins, extraction des matériaux de remblai) semblaient avoir entraîné une modification de la bathymétrie susceptible de nécessiter des travaux préalables à la mise en chantier des nouveaux sous-marins.

Plusieurs levés avaient été effectués précédemment dans le port militaire, essentiellement par la Mission Hydrographique de Dragage entre 1962 et 1970 (Roubertou, 1969; Pasquay, 1971; Pieretti, 1977) puis par la MHA en 1975 (Dars, 1979) et en 1984.

VIII.2. CONDITIONS D'EXÉCUTION DU LEVÉ

Trois sorties du BH2 *Astrolabe* furent consacrées à cette opération, du 22 février au 4 mars, du 22 mars au 1^{er} avril et enfin du 16 au 27 mai 1988. L'achèvement du levé coïncida avec la fin de l'activité hydrographique de l'*Astrolabe*. Quelques compléments de géodésie furent effectués par un détachement autonome du 5 au 8 avril 1988.

Au total, 25 jours de présence sur zone furent nécessaires pour réaliser ce levé dont la durée avait été estimée initialement à une dizaine de jours. Outre les contraintes inhérentes à tout levé portuaire (localisation par moyens optiques, gêne liée aux infrastructures, aux bâtiments à quai ou au trafic portuaire – qui augmenta singulièrement pendant les grèves qui affectèrent en mars les ports du Pas de Calais), les sondages furent ralentis par des conditions météorologiques défavorables pendant les deux premières sorties.

Les sondages en petite rade furent réalisés par les vedettes de l'*Astrolabe*. Une embarcation Trimatic équipée d'un sondeur Deso 10 avec base hors-bord fut utilisée pour les sondages dans les bassins. En général, deux moyens flottants furent mis en œuvre simultanément. Environ 200 km de profils ont été parcourus en 22 jours de sondage effectifs, soit une moyenne journalière de seulement 9 km.

La mission bénéficia de différents concours des organismes locaux de la Marine. Le centre Rochambeau et la direction du port assurèrent l'hébergement d'une partie du personnel; les plongeurs du 1^{er} GPD assurèrent la mise en place et la récupération des courantomètres et participèrent aux recherches d'obstruction. La direction du port dégagea le plan d'eau en fonction de l'avancement des sondages.

VIII.3. GÉODÉSIE

La localisation des embarcations par moyens optiques nécessita la détermination de près d'une centaine de stations, en particulier autour des darses et des bassins. Ce canevas fut mis en place à partir des points issus des travaux antérieurs.

Les mesures d'angles et de distances furent effectuées avec un théodolite T2 équipé d'un distancemètre Aga 14 ou avec un théodolite numérique T2000 équipé d'un distancemètre Di 20. Les distances mesurées ne dépassaient pas 3 000 m. Les observations furent traitées sur calculateur HP 9816 en utilisant le logiciel d'ajustement développé à l'EPSHOM (Bessero, 1984). Tous les calculs furent réalisés dans le système de la NTF, en projection Lambert I. La précision des points nouveaux est estimée meilleure que 50 cm. Des écarts de position de l'ordre du mètre ont été constatés pour deux points de 1975 redéterminés en 1988 (feu du quai Normandie et station est du bassin Napoléon III). La douille repère 7 du bassin Charles X (fiche 145.91.106) a disparu.

Le tableau 31 fournit la liste des points utilisés; aucune fiche nouvelle n'a été établie.

VIII.4. LOCALISATION

L'échelle fixée pour le levé (1:1 000 ou 1:2 000) imposait le recours exclusif à la localisation optique. Les sondages en petite rade furent donc réalisés en radioguidage. La disposition des bassins et le marage relativement important se prêtant mal à l'utilisation de la cordelle, les sondages des darses et bassins furent également effectués en radioguidage. La précision des positions, déterminées par trois lieux, est estimée meilleure que le mètre.

Tableau 31. – Points géodésiques et stations optiques du port de Cherbourg

Nom du point	Coordonnées (NTF, Lambert I)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Bassin Napoléon III					
douille repère 9	312 964,6	1 224 829,2	5,0	MHA 1975	fiche 145.91.103
borne Ouest	313 008,81	1 224 838,01	6,1	MHA 1979	fiche 145.91.130
station trav. ouest	313 010,74	1 224 515,37	5,0	MHA 1988	point non fiché
borne Est	313 062,47	1 224 849,39	6,1	MHA 1979	fiche 145.91.128
station Nap 4 ouest	313 065,13	1 224 416,55	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Nap 3 ouest	313 084,53	1 224 421,66	5,0	MHA 1988	point non fiché
borne Sud	313 085,20	1 224 420,79	5,6	MHA 1979	fiche 145.91.129
station Nap 2 ouest	313 105,65	1 224 416,96	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Nap 1 ouest	313 125,47	1 224 420,28	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Nap 0	313 143,64	1 224 431,96	5,0	MHA 1988	point non fiché
douille repère 1	313 150,6	1 224 861,5	5,0	MHA 1975	fiche 145.91.104
station Nap 1 est	313 163,34	1 224 435,39	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Nap 2 est	313 183,05	1 224 438,83	5,0	MHA 1988	point non fiché
boulon station est	313 186,4	1 224 687,7	5,0	MHA 1988	point recalculé
					fiche 145.91.105
station Nap 3 est	313 202,75	1 224 442,26	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Nap 4 est	313 222,45	1 224 445,69	5,0	MHA 1988	point non fiché
Bassin Charles X					
station Ch. X nord-ouest	313 235,48	1 224 986,03	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X 11	313 242,77	1 224 987,28	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X 10	313 262,48	1 224 990,67	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X 09	313 282,20	1 224 994,06	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X 08	313 301,91	1 224 997,44	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X 07	313 321,62	1 225 000,83	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X 06	313 339,65	1 225 014,32	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X 05	313 360,84	1 225 007,57	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X 04	313 380,55	1 225 010,96	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X 03	313 400,26	1 225 014,34	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X 02	313 419,87	1 225 017,33	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X 01	313 439,68	1 225 021,12	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X tr. nord	313 467,26	1 224 927,57	5,0	MHA 1988	point non fiché
station Ch. X tr. sud	313 478,50	1 224 864,57	5,0	MHA 1988	point non fiché
Avant-port militaire					
station AP 00	313 291,94	1 224 659,41	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 10	313 301,87	1 224 660,61	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 30	313 321,50	1 224 664,50	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 50	313 341,21	1 224 667,90	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 70	313 360,92	1 224 671,29	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 90	313 380,72	1 224 675,80	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 150	313 439,76	1 224 684,87	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 110	313 451,11	1 224 682,84	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 130	313 471,03	1 224 385,23	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 210	313 498,89	1 224 695,06	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 170	313 510,92	1 224 390,63	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 223	313 511,70	1 224 697,27	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP 190	313 530,42	1 224 395,06	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP tr. nord	313 542,96	1 224 607,64	5,0	MHA 1988	point non fiché
station AP tr. sud	313 562,26	1 224 503,78	5,0	MHA 1988	point non fiché
Quai Sané					
borne	313 311,71	1 224 492,35	6,1	MHA 1979	fiche 145.91.131
station excentrée	313 315,32	1 224 493,00	5,0	MHA 1988	point non fiché
Forme du Homet					
borne haute	313 587,37	1 224 032,15	7,5	MHA 1983	fiche 145.91.335
borne basse est	313 703,94	1 224 004,21	6,0	MHA 1983	fiche 145.91.334
repère en bronze scellé	313 715,23	1 224 047,22	5,7	MHD 1970	fiche 145.91.079
Feu nord du port militaire					
axe et sommet	313 635,43	1 224 606,25	13,8	MHA 1988	point recalculé
					fiche 145.91.095
Feu sud du port militaire					
axe et sommet	313 643,44	1 224 532,78	13,8	MHA 1988	point recalculé
					fiche 145.91.096
station excentrée 2	313 643,85	1 224 534,62	4,9	MHA 1988	point non fiché
station excentrée 1	313 649,09	1 224 533,00	5,3	MHA 1988	point non fiché

Tableau 31. - (suite)

Nom du point	Coordonnées (NTF, Lambert I)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Darse Chantereyne					
station Chant. 0	313 683,97	1 224 183,65	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 1	313 693,82	1 224 185,37	8,0	MHA 1988	point non fiché
station tr. Chant. ouest	313 699,08	1 224 087,02	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 2	313 703,67	1 224 187,08	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 3	313 713,52	1 224 188,80	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 4	313 723,37	1 224 190,52	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 5	313 733,23	1 224 192,23	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 6	313 743,08	1 224 193,95	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 7	313 752,93	1 224 195,67	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 8	313 762,78	1 224 197,38	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 8.5	313 767,70	1 224 198,24	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 9	313 772,63	1 224 199,10	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 9.5	313 777,56	1 224 199,96	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 10	313 782,49	1 224 200,82	8,0	MHA 1988	point non fiché
station guide Chant. 11	313 792,34	1 224 202,54	8,0	MHA 1988	point non fiché
station tr. Chant. est	313 802,14	1 224 183,28	8,0	MHA 1988	point non fiché
Digue du Homet					
bitte B	313 808,8	1 225 313,8	4,7	MHD 1970	fiche 145.91.110
station C	313 927,90	1 225 277,20	4,0	MHA 1988	point non fiché
station C excentrée	313 927,82	1 225 277,30	4,0	MHA 1988	point non fiché
station Rocher	314 714,91	1 225 082,66	4,0	MHA 1988	point non fiché
station croix gravée	314 755,70	1 225 060,40	4,2	MHA 1988	point non fiché
Darse du béton					
station béton 1	313 839,56	1 223 949,58	8,0	MHA 1988	point non fiché
station béton 1.5	313 844,44	1 223 948,61	8,0	MHA 1988	point non fiché
station béton 2	313 849,35	1 223 947,65	8,0	MHA 1988	point non fiché
station béton 2.5	313 854,25	1 223 946,69	8,0	MHA 1988	point non fiché
station béton 3	313 859,16	1 223 945,73	8,0	MHA 1988	point non fiché
station béton 4	313 865,04	1 223 944,70	8,0	MHA 1988	point non fiché
station béton sud	313 885,98	1 223 985,97	8,0	MHA 1988	point non fiché
station béton nord	313 930,05	1 224 063,68	8,0	MHA 1988	point non fiché
Patinoire					
station guide	313 946,37	1 223 838,89	5,0	MHA 1988	point non fiché
station trav. sud	313 969,69	1 223 948,70	5,0	MHA 1988	point non fiché
station trav. nord	314 000,37	1 224 014,16	5,0	MHA 1988	point non fiché
Caïman					
station trav. ouest	313 959,03	1 224 225,52	5,0	MHA 1988	point non fiché
station trav. sud	313 998,99	1 224 112,58	5,0	MHA 1988	point non fiché
station guide	314 056,42	1 224 210,62	5,0	MHA 1988	point non fiché
Avant-port de commerce					
station trav. sud-ouest	314 294,08	1 223 132,89	5,0	MHA 1988	point non fiché
station trav. nord-ouest	314 375,09	1 223 255,79	5,0	MHA 1988	point non fiché
station trav. est	314 512,38	1 223 291,37	5,0	MHA 1988	point non fiché
Grande jetée de l'avant-port					
station sud	314 452,65	1 223 361,24	4,0	MHA 1988	point non fiché
station milieu	314 490,43	1 223 581,00	4,0	MHA 1988	point non fiché
station nord	314 519,82	1 223 777,31	4,0	MHA 1988	point non fiché
Port de plaisance - feu nord					
station excentrée	314 488,70	1 223 953,60	3,4	MHA 1988	point non fiché
station	314 489,55	1 223 952,31	3,4	MHA 1988	point non fiché
Quai de Normandie					
feu rouge (axe et sommet)	314 920,83	1 224 126,49	6,8	MHA 1988	point recalculé fiche 145.91.167
Terre-plein des Mielles					
station guide	315 557,36	1 224 731,67	4,0	MHA 1988	point non fiché
station sud	315 557,66	1 224 729,59	4,0	MHA 1988	point non fiché

Tableau 32. – Stations Trident du port de Cherbourg

Nom de la station	Coordonnées (NTF, Lambert I)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Fort de l'Ouest	312 581,6	1 226 981,4	21,0	IGN 1962	Point 12.10.021 fiche 145.91.032
Fort du Homet, feu vert	314 767,0	1 225 071,1	14,0	IGN 1962	Point 12.10.223 fiche 145.91.045
Fort central	314 773,7	1 226 774,0	8,0	MHA 1975	Fiche 145.91.098
Tourlaville, feu	318 061,1	1 225 107,0	11,0	IGN 1962	Point 12.10.241 fiche 145.91.102
Tourlaville	318 963,64	1 223 556,34	97,5	MHA 1988	

5 balises Trident furent mises en place, avec alimentation électrique sur batteries, pour des travaux complémentaires sur la zone de remblai du Homet et à l'est de la grande rade. Aucun étalonnage optique ne fut réalisé sur zone; la précision des points déterminés à trois lieux est estimée meilleure que 3 m (moyenne quadratique des résidus). Les caractéristiques des stations Trident sont résumées dans le tableau 32.

VIII.5. MARÉE

Il existe à Cherbourg un observatoire permanent de marée, équipé d'un marégraphe à flotteur Ott R 20030 et géré par le service OCI du port. Ce service continua d'assurer l'entretien de l'observatoire pendant les sondages. La mission effectua seulement des contrôles supplémentaires (lectures à l'échelle et mesures de tirant d'air à la sonde lumineuse).

Le nivellement des repères et des échelles fut contrôlé à partir du repère B (repère NGF Nqz 3.1 du bâtiment de la direction des Travaux Maritimes). Des différences mineures ont été constatées sur les cotes des repères F et G par rapport à celles obtenues en 1980 (Guyon, 1985). La nouvelle cote obtenue pour le repère F est sensiblement la même que celle adoptée en 1975 (Dars, 1979). Les éléments adoptés sont indiqués sur la figure 21.

Les marégrammes furent numérisés par l'EPSHOM en tenant compte des éléments de calage fournis par le service OCI et des contrôles réalisés par la mission.

VIII.6. BATHYMÉTRIE

VIII.6.1. Sondages effectués

La figure 22 indique les sondages effectués. La majeure partie de la petite rade fut sondée au

1:2 000, le coin sud-ouest et la zone située à l'intérieur du filet de protection de la forme du Homet étant sondées au 1:1 000. La partie sondée au 1:2 000 fut également explorée au sondeur latéral. Tous les indices d'obstruction repérés sur les enregistrements du sondeur latéral ou sur les bandes de sonde furent recherchés.

Les bassins Napoléon III et Charles X ainsi que l'avant-port militaire furent sondés suivant des profils parallèles espacés de 20 m. La partie accessible du port de plaisance, l'avant-port de commerce, la darse du béton, la darse Chantereyne et son accès furent sondés au 1:1 000. Une seule recherche d'obstruction fut effectuée, par plongeurs, dans la darse Chantereyne.

Sur demande de la direction des Travaux Maritimes, la zone de remblai au nord du Homet fit l'objet d'une reconnaissance suivant des profils espacés de 50 m.

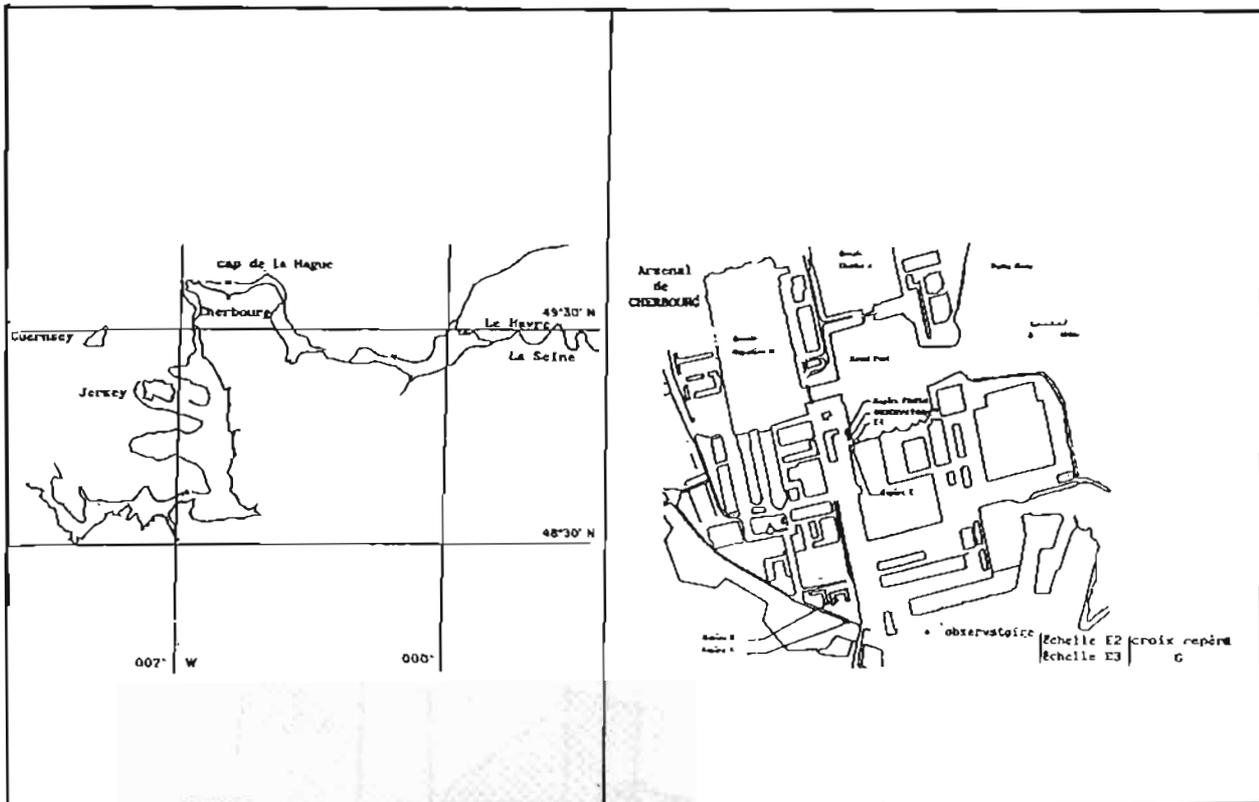
Une zone de reflet délimitée sur la minute Traster P86-7.5-9/3. à l'est de la grande rade fut contrôlée suivant des profils espacés de 50 m. Une épave fut découverte dans cette zone. Deux recherches furent effectuées au sondeur vertical, au nord de cette zone.

VIII.6.2. Rédaction

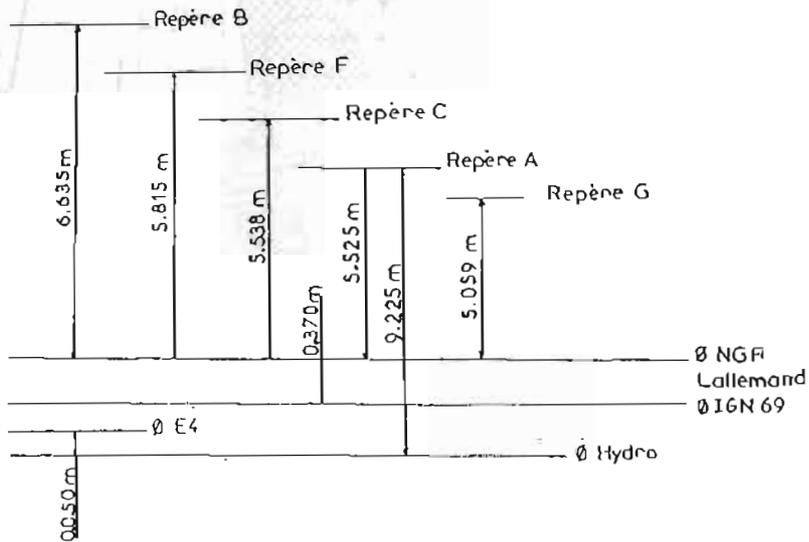
Le traitement primaire de la localisation (saisie, calcul, validation) et de la sonde (choix de sonde et numérisation) fut terminé fin juin 1988. La constitution des fichiers marée correspondants n'était pas achevée lors de mon départ.

VIII.7. TOPOGRAPHIE

Les trois minutes de restitution photogrammétrique P86-7.5-9/1 à 9/3 établies par l'EPSHOM à partir d'une couverture photographique de l'IGN de 1984 furent contrôlées en mai. Quelques cotes ponctuelles furent vérifiées ainsi que les détails topographiques



SITUATION DES REPERES DES DIFFERENTS ZEROS DE REFERENCE



Nota : l'échelle E4 a été déplacée après ce nivellement

FIG. 21. - Observatoire de marée de Cherbourg

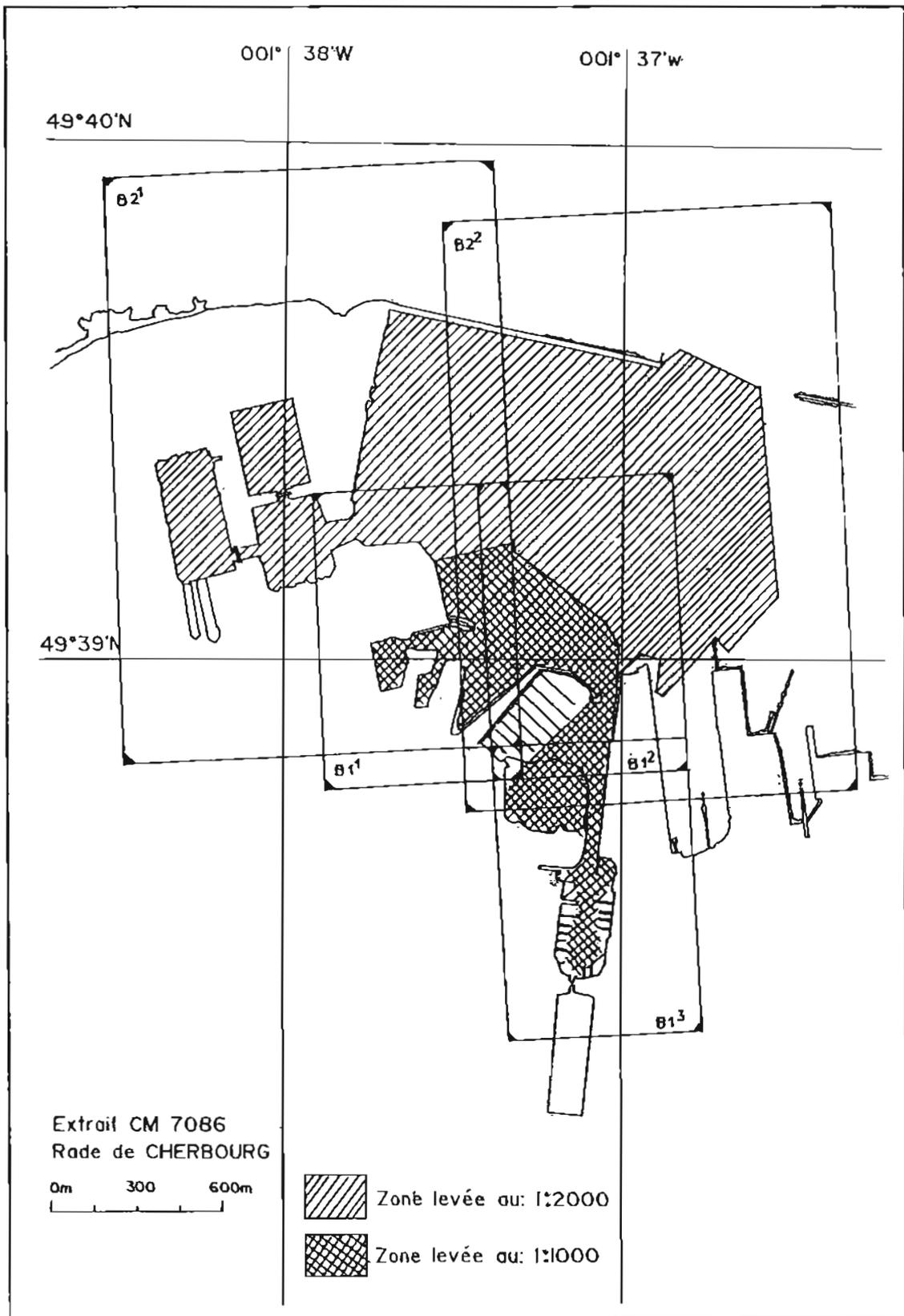


FIG. 22. - Levé du port de Cherbourg

sujets à modification. Les épaves découvertes de l'île Pelée furent positionnées et photographiées.

Une épave située près de la digue de l'Est et une autre en petite rade, à la sortie de l'avant-port militaire, ne furent pas retrouvées.

VIII.8. INFORMATION NAUTIQUE

Les amers de la carte 7086 furent contrôlés mais l'exploitation de ces contrôles n'était pas achevée à mon départ. Des prises de vues furent effectuées les 25 et 26 avril 1988 avec un hélicoptère Alouette III de l'escadrille 22S. Le balisage flottant de la grande rade fut positionné et photographié. Les positions des coffres furent contrôlées. Les deux coffres portés sur la carte 7086 au nord-ouest de la petite rade n'existent plus.

Une vérification des instructions nautiques (volume C2.1, édition 1986) fut effectuée avec le concours des organismes concernés (capitainerie du port de commerce, service maritime de la direction départementale de l'équipement, service de pilotage,

direction du port militaire). Les affaires maritimes ne fournirent aucun élément, préférant ne répondre qu'à la sollicitation annuelle de l'EPSHOM. Un projet de corrections reste à établir.

VIII.9. COURANTOMÉTRIE

Deux séries d'observations de courant furent réalisées pendant un mois aux positions fixées par les instructions techniques. Les courantomètres étaient fixés à une ligne de pare-battages amarrée à la bouée de la jetée des Flamands et au coffre 1 en petite rade. Une première période de mesures du 25 février au 28 mars n'ayant pu être exploitée suite à un défaut du logiciel interne des courantomètres, les appareils furent remis en place le 5 mai avec le concours de la direction du port (tableau 33).

Le courant observé est de type alternatif semi-diurne. Les vitesses maximum enregistrées sont 15 cm/s au coffre 1 et 40 cm/s à l'extrémité de la jetée des Flamands.

Tableau 33. – Stations de courantométrie du port de Cherbourg

N° de station	Lieu d'observation	Position (NTF, Lambert I)		Période d'observation	Type de courantomètre
		E (m)	N (m)		
20114	Bouée jetée des Flamands	315 205	1 224 980	5-25 mai 1988	Suber SLS 21
20115	Coffre 1 - petite rade	314 560	1 224 780	5-25 mai 1988	Suber SLS 21

CHAPITRE IX

ÉVALUATION DES NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS DE BATHYMÉTRIE

IX.1. ÉVALUATION DU SONAR DUBM21C

IX.1.1. Présentation

Le SHOM avait commandé en 1981 un sonar dérivé des sonars DUBM21 des chasseurs de mines et destiné à équiper le premier des nouveaux BH2. La maîtrise d'œuvre du projet fut confiée à la DCN et la fabrication fut assurée par Thomson Sintra ASM, à l'exception du mécanisme de hissage de l'antenne réalisé par l'ECAN de Ruelle. Du fait des retards subis par le programme de construction des

nouveaux BH2, l'équipement, disponible dès 1983, ne put être installé sur le BH2 *Lapérouse* qu'à partir de 1987. Les caractéristiques du sonar sont indiquées en annexe 1.

L'évaluation du sonar et la mise au point de sa doctrine d'emploi étaient inscrits au programme de la MHA pour 1988.

IX.1.2. Travaux effectués

La mission participa d'abord aux essais du sonar dans les golfes de Marseille et de Fos-sur-Mer, du 1^{er} au 3 février 1988, pendant la traversée de longue

durée du *Lapérouse*. Cette opération fut conduite avec le concours de la Mission Océanographique de la Méditerranée. Les conditions météorologiques défavorables, l'inexpérience des opérateurs et l'absence d'une partie des périphériques du sonar ne permirent pas d'envisager l'exécution d'un levé même limité. Les essais se limitèrent à une exploration sur des routes bien définies passant à proximité d'épaves ou d'obstructions connues et à l'examen de fonds de natures variées. Ils servirent surtout à se familiariser avec le bâtiment et ses équipements et à dresser un inventaire des essais à prévoir ultérieurement.

Après l'admission au service actif du *Lapérouse*, le mois de mai fut essentiellement consacré à la mise en place, aux essais et réglages des équipements puis à l'entraînement. Le bâtiment bénéficia du concours d'un officier marinier DEASM du centre d'entraînement et de formation à la guerre des mines (CEFGM) du 9 au 11 mai et d'un stage de formation organisé par la société Thomson Sintra du 30 mai au 3 juin.

L'évaluation proprement dite du sonar démarra le 7 juin 1988 dans le cadre du levé au 1:5 000 de la zone d'essais de la baie de Douarnenez (fig. 23). Ce levé interrompu le 30 juin fut repris du 2 au 19 août puis à partir du 29 août. L'opération se poursuivit au sein de la MHR à partir du 1^{er} septembre.

Les travaux de juin furent perturbés par plusieurs avaries qui affectèrent aussi bien le sonar que les capteurs remorqués (sondeur latéral et magnétomètre) utilisés comme référence.

IX.1.3. Commentaires

La description détaillée du levé de la baie de Douarnenez et le bilan des résultats obtenus seront présentés dans le rapport de mission de l'IPA Chimot. On se bornera ici à indiquer quelques observations préliminaires.

La principale difficulté, apparue dès les essais de février, réside dans la mise en œuvre du détecteur. Le nombre très élevé d'échos obtenus même sur des fonds moyennement rugueux (de l'ordre de 20 échos par émission) et leur caractère très fluctuant réduisent la fiabilité d'une exploration systématique avec le sonar, dont les images supportent mal la comparaison avec les enregistrements fournis par un sondeur latéral. Les limitations de l'enregistreur longue durée (ELD) qui n'archive que des images muettes – sans heure, ni marques de distance, ni azimuts des bases, ni cap du bâtiment, ni bien pointés – interdisent tout contrôle en temps différé et, a fortiori, tout rejeu. La désignation des échos est donc exclusivement du ressort de l'opérateur. Dans ces conditions, la portée pratique d'utilisation risque d'être plus proche de 300 m que de la portée maximale affichée (400, 600 ou 900 m).

La qualité des images du sonar classificateur est nettement plus attrayante et permet effectivement, par l'intermédiaire du coffret de mesure de dimensions des objets (MDO) et du système visualisation-acquisition-traitement (VAT), une analyse fine des obstructions détectées. Cette analyse peut néanmoins se révéler délicate pour des objets importants, comme les épaves, dont le classificateur ne peut fournir une image complète. Par ailleurs, les capacités évolutives limitées du bâtiment et le brouillage des sonars par le propulseur d'étrave restreignent les possibilités d'utilisation du classificateur. La mesure de dimension d'objets sur un fond moyennement encombré impose pratiquement une vitesse ne dépassant pas 3 nœuds.

On peut regretter que le SHOM n'ait pas davantage cherché à profiter de l'expérience des chasseurs de mines pour imposer des caractéristiques du bâtiment-porteur mieux adaptées aux performances du sonar et à son utilisation hydrographique. L'affectation à bord du *Lapérouse* de personnels DEASM peu expérimentés constitue un handicap supplémentaire.

IX.2. ÉVALUATION DU SONDEUR LENNERMOR

IX.2.1. Présentation

L'acquisition d'un sondeur multifaisceaux pour petits fonds destiné à équiper l'un des nouveaux BH2 fut décidée en 1984. L'étude et la réalisation du sondeur furent confiées en 1985 à la société Thomson Sintra ASM. Son installation, initialement prévue sur le BH2 n° 3, fut entreprise à bord du *Borda* en novembre 1987. Les caractéristiques du sondeur sont indiquées en annexe 1. La photo 6 montre les baies émission-réception-alimentation et visualisation-enregistrement du sondeur installées dans le PC scientifique du *Borda*.

Les essais de recette à la mer du sondeur furent inscrits au programme de la MHA pour 1988. La mission était en outre chargée de l'étude de la doctrine d'emploi du sondeur.

Les essais de bon fonctionnement du sondeur furent réalisés dans le cadre des essais officiels du bâtiment, qui eurent lieu aux abords de Lorient du 16 au 25 février et du 7 au 11 mars 1988, puis pendant la traversée de longue durée qui se déroula du 25 avril au 20 mai.

Les modalités des essais de recette furent définies en juin, en liaison avec l'EPSHOM et le constructeur. Trois zones furent retenues pour ces essais (fig. 23) : la rade de Brest pour les petits fonds, le talus continental pour les grands fonds, la

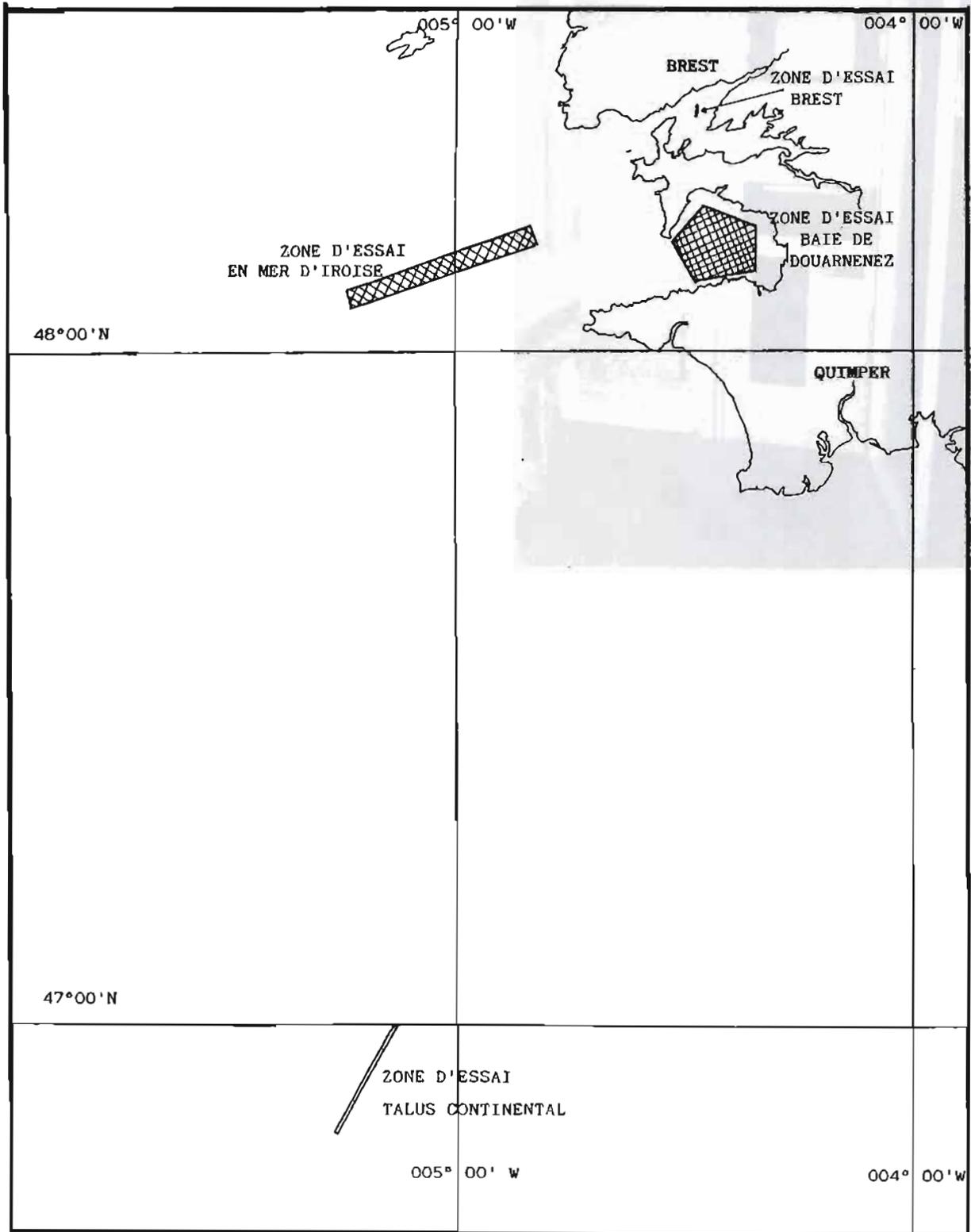


FIG. 23. - Zones d'essais des environs de Brest



Photo 6. Les deux baies électroniques du sondeur Lennermor

zone A1 du polygone d'essais d'Iroise pour les fonds moyens. L'évaluation du sondeur par petits fonds puis par grands fonds se déroula entre le 22 et le 29 juin. Le levé de la zone A1 fut exécuté du 4 au 10 juillet puis du 18 au 28 juillet. Le levé fut achevé malgré les mauvaises conditions météorologiques et de nombreuses avaries. La rupture d'une pièce de l'appareil à gouverner provoqua l'indisponibilité du bâtiment du 11 au 13 juillet. Une nouvelle intervention de l'AMF fut nécessaire le 19 juillet. Une expertise de l'appareil à gouverner effectuée le 27 juillet par des représentants des DCAN de Brest et de Lorient et du constructeur ne mit pas en évidence d'anomalie flagrante.

Mis à part quelques incidents mineurs, le fonctionnement du sondeur Lennermor fut satisfaisant pendant toute la durée des essais. Sa mise en œuvre par l'intermédiaire de consoles présentant des menus clairs est simple et accessible à du personnel non spécialisé. Par contre l'exploitation hydrographique du tracé des isobathes élaboré en temps réel semble difficile : des relèvements significatifs du fond peuvent facilement passer inaperçus, selon le choix des cotes des isobathes tracées et du coefficient de filtrage. Par fond plat, l'image du fond n'est guère

significative : les isobathes sont concentrées sur les côtés, sans doute en raison d'un bruit plus élevé sur les faisceaux obliques.

IX.2.2. Localisation

La localisation en rade de Brest et dans la zone A1 fut assurée à l'aide d'un réseau de balises Trident implantées sur des points connus ou rattachés au système NTF. Un étalonnage optique des balises couvrant la zone A1 fut réalisé le 6 juillet. Les caractéristiques des stations Trident et optiques sont précisées dans le tableau 34. Des fluctuations anormales des distances Trident furent observées et nécessitèrent l'invalidation temporaire des lieux concernés.

Sur le talus continental, on utilisa le système GPS et la chaîne Toran Iroise. Les corrections adoptées pour les phases Toran furent déterminées pendant les créneaux GPS.

IX.2.3. Marée

Un marégraphe Suber SLS13 fut mouillé sur le talus pour les essais grands fonds. Aucune mesure ne put être récupérée, sans que la cause de cette anomalie soit identifiée.

Deux marégraphe furent mis en place dans la zone d'essais d'Iroise. Ils furent récupérés en août par le *Lapérouse*.

Le tableau 35 précise les caractéristiques des observatoires.

IX.2.4. Sondages effectués

Les sondages en rade de Brest et sur le talus continental furent limités à quelques profils espacés respectivement de 25 et 200 m. Seule la zone A1 fit l'objet d'un levé exhaustif. Le levé régulier fut réalisé suivant des profils rectilignes espacés de 50 m. Les indices de relèvement détectés au sondeur vertical firent l'objet de recherches. En outre, un levé croisé au 1:5000 fut effectué à l'intérieur d'un carré de 2 milles de côté.

IX.2.5. Résultats

Le traitement des données n'étant pas achevé, seuls des résultats partiels étaient disponibles lors de mon départ.

Le fonctionnement du sondeur multifaisceaux n'est pas satisfaisant par fonds inférieurs à 25 m : les décrochages sont trop fréquents pour une utili-

Tableau 34. – Stations Trident et optiques - Rade de Brest et Iroise

Nom de la station	Coordonnées (NTF, Lambert 2)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Saint-Mathieu, sémaphore	73 522,44	2 393 902,75	45,0	MHA 1978	Trident optique fiche 145.84.342
	73 524,23	2 393 900,80	45,0		
Pointe du Raz, sémaphore	73 561,44	2 361 422,41	88,4	MHA 1981	Trident optique fiche 145.84.316
	73 561,96	2 361 422,11	88,4		
Pointe du Toulinguet, sémaphore	83 656,7	2 387 469,8	49,0	MHA 1978	Trident fiche 145.84.128
	Cap de la Chèvre, sémaphore	88 141,43	2 374 763,02	60	MHA 1973
88 145,89		2 374 763,81			
CES Portzic, borne	91 137,2	2 395 731,5	61,0	MHA 1987	Trident fiche 145.84.666
Brest, vigie DP	94 549,53	2 397 643,61	17,0	MHA 1987	Trident fiche 145.84.134
Fort du Corbeau	98 003,47	2 393 980,77	50,8	MHA 1985	Trident fiche 145.84.503

Tableau 35. – Observatoires de marée en Iroise

N° de station	Lieu d'observation	Période d'observation	Type de marégraphe	Commentaires
16/88	46° 54,2' N - 005° 13,3' W	28/06 - 09/07/1988	Suber SLS 13	Dossier inexploitable Observatoire non rattaché au réseau de nivellement
17/88	48° 04,9' N - 005° 15,2' W	05/07 - 02/08/1988	Suber SLS 13	
18/88	48° 08,4' N - 004° 59,7' W	18/07 - 02/08/1988	Suber SLS 23	Observatoire non rattaché au réseau de nivellement

sation opérationnelle, malgré les premières modifications introduites par le constructeur à l'issue de la traversée de longue durée. Par contre, la portée maximum observée dépasse largement les spécifications: elle atteint 400 m pour les voies latérales et 600 m pour les voies centrales.

Seule la précision des voies centrales avait été évaluée, par comparaison des données homologues du sondeur Deso 20 et du sondeur Lennermor. Les résultats sont statistiquement satisfaisants: sur plus de 17 000 points de comparaison, 96 % présentent un écart inférieur à 1 % de la profondeur.

CHAPITRE X

TRAVAUX DIVERS

X.1. LEVÉ DANS L'ANSE DE PAIMPOL

X.1.1. Présentation

Le levé de contrôle d'une partie de l'anse de Paimpol fut prescrit à la MHA en septembre 1987. Ce levé devait fournir les données de référence pour l'analyse d'une restitution photobathymétrique effectuée par l'EPSHOM, dans le cadre d'une étude sur la restitution photogrammétrique des fonds faiblement immergés.

Les limites du levé furent définies en accord avec le bureau Photogrammétrie de l'EPSHOM : il devait inclure une partie du chenal de la Jument et une partie des roches de Roho, de manière à couvrir des types de fond différents et représentatifs de la zone étudiée.

Le levé fut réalisé à partir du BH1 *L'Espérance* du 17 au 19 novembre 1987 à l'occasion d'un transit vers la baie de Seine. Les sondages furent effectués par les deux vedettes, le bâtiment étant au mouillage près du phare de Lost Pic.

X.1.2. Localisation

La localisation fut assurée à l'aide d'un réseau de trois balises Trident IIIA implantées autour de l'anse de Paimpol sur des points connus ou facilement rattachés au système NTF (tableau 36).

Les corrections d'étalonnage appliquées à chaque couple interrogateur-balise avaient été déterminées sur base d'étalonnage à Brest en août 1987. Leur validité avait été implicitement confirmée par la qualité des points obtenus tant en baie de Seine que sur la côte ouest du Cotentin. La taille anormale des chapeaux observés lors du levé régulier de Paimpol (résidus atteignant 10 m) conduisit à procéder à un contrôle optique du système. La localisation de ré-

férence fut assurée par deux théodolites et des séries de 10 tops furent effectuées sur les vedettes stoppées, à la dérive. Des contrôles supplémentaires furent effectués à partir d'une vedette amarrée à quai à Pors Even puis en remplaçant une balise par un interrogateur. Les distances observées mirent en évidence un comportement anormal d'une des balises, dont la cause ne put être clairement élucidée par la suite.

Les résidus obtenus avec les corrections déduites du contrôle optique étaient en général inférieurs à 2 m; ils ne dépassent pas 5 m. Quelques portions de profils furent invalidées en raison de décrochages intempestifs d'un des interrogateurs, dont le fonctionnement se dégrada par la suite.

Tous les calculs furent effectués en projection Lambert I, dans le système NTF. Les stations n'ayant pas été matérialisées de manière durable, aucune fiche ne fut établie.

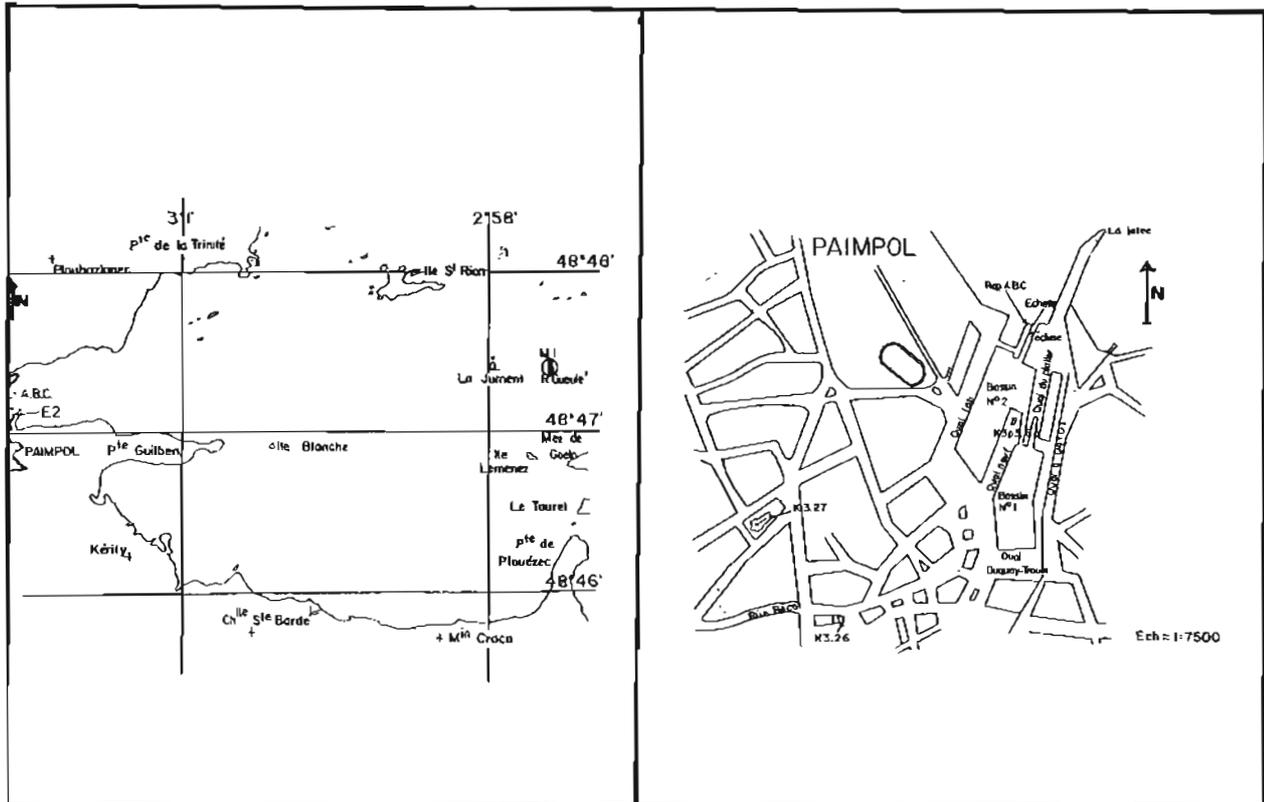
X.1.3. Marée

Un marégraphe Suber SLS 13 fut mouillé sous la bouée La Gueule dans le chenal de la Jument le 13 novembre, à partir d'une embarcation louée à Paimpol par l'intermédiaire du service maritime de l'équipement. Il fut récupéré le 17 décembre par l'*Astrolabe*.

Le zéro instrumental du marégraphe fut rattaché au réseau de nivellement par comparaison des hauteurs calculées et des lectures faites à l'échelle de marée de Paimpol par le service maritime. Le nivellement de l'échelle fut effectué à partir des trois repères IGN les plus proches. La figure 24 donne la description et les cotes des repères. Un écart de 6 cm fut constaté entre la cote obtenue par nivellement pour le repère k3p36a et la cote publiée dans le répertoire IGN (carnet Tréguier VIII-14, édition 1979).

Tableau 36. – Stations Trident et optiques de l'anse de Paimpol

Nom de la station	Coordonnées (NTF, Lambert I)			Origine	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Ty Ar Lann Kerity	207 730,0	1 136 378,2	65,8	MHA 1987	Station Trident (alimentation secteur)
	206 217,0	1 132 760,0	48,6	MHA 1979	Station Trident (alimentation secteur)
	206 216,7	1 132 758,6	45,6	(145.83.87)	Station optique
Craca	209 873,6	1 131 594,9	68,5	MHA 1987	Station Trident (alim. sur batteries)
	209 875,6	1 131 594,6	62,5		Station optique



SITUATION EN ELÉVATION DES REPÈRES D'ALTITUDE ET DES DIFFÉRENTS ZÉROS DE RÉFÉRENCE (Zéro instrumental, zéro de réduction des sondes, zéros IGN, etc...).

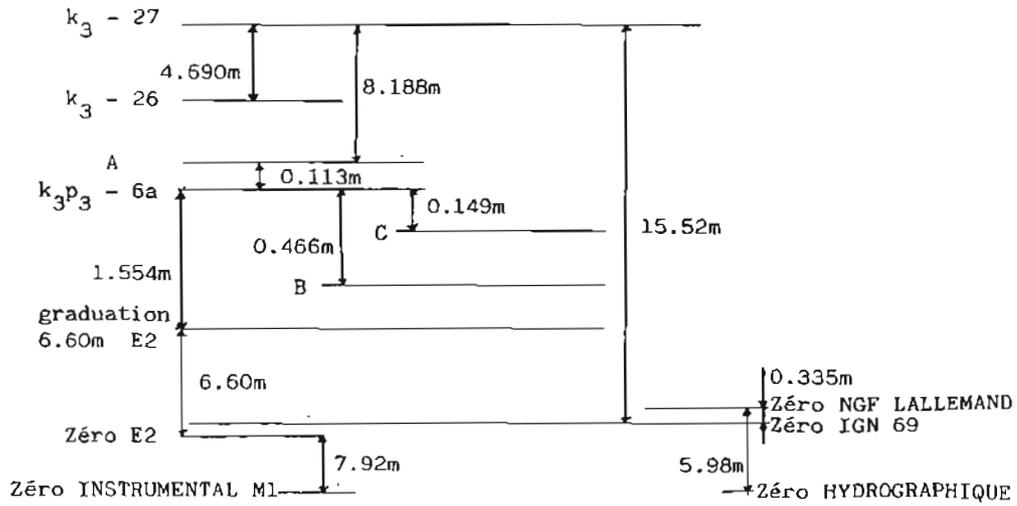


FIG. 24. - Observatoire de marée de Paimpol

Le niveau concordant avec le zéro hydrographique de l'observatoire de référence de Saint-Servan est situé à 5,99 m au-dessous du zéro NGF. Cette valeur est cohérente avec le nouveau zéro hydrographique de Paimpol défini par l'EPSHOM en avril 1987, à la cote 5,98 m au-dessous du zéro NGF. Cette valeur est la cote adoptée pour le zéro de réduction des sondes.

X.1.4. Bathymétrie

Le levé régulier fut effectué suivant des profils rectilignes espacés de 50 m à l'intérieur du chenal. Un sondeur latéral réglé sur l'échelle 0-100 m fut utilisé sur un profil sur deux. Seuls quelques profils de reconnaissance furent réalisés dans la zone des roches de Roho, en navigant à vue. Le sondeur latéral ne fut pas mis en œuvre dans cette zone. La figure 25 indique les limites réelles du levé.

11 recherches furent effectuées sur les indices de relèvement du fond détectés au sondeur latéral. Une recherche fut également entreprise à la position présumée de l'épave d'un sablier coulé le 3 novembre 1987 (n° 145.82.064). Les conditions de marée défavorables puis la dégradation des conditions météorologiques ne permirent pas d'achever cette recherche.

Il était prévu de déterminer à la perche quelques cotes de points remarquables pour rattacher le zéro de réduction des sondes au zéro de la carte 3670. Cinq perches furent effectuées le 19 novembre mais les conditions de marée non optimales ne permirent pas de garantir l'identification des têtes indiquées sur la carte marine. Le positionnement fut assuré à partir des stations de Craça (relèvement théodolite et distance Aga) et de Kerity (relèvement théodolite).

X.1.5. Résultats

Une seule minute définitive fut rédigée au 1:5 000. Elle regroupe les résultats du levé régulier, de l'exploration au sondeur latéral et des recherches au sondeur vertical.

10 sondes interprétées déduites de l'exploitation en temps différé des enregistrements du sondeur latéral furent reportées sur la minute définitive. Elles correspondent à des indices de relèvement non dé-

tectés au sondeur vertical et non retenus lors de la définition des recherches. Quatre d'entre elles auraient en fait mérité une recherche, bien que proches de dangers identifiés (tableau 37).

Les résultats du levé et les données anciennes de la carte 3670 sont globalement cohérents. La comparaison des cotes déterminées à la perche et des sondes correspondantes de la carte marine ne met pas non plus en évidence de décalage important entre le zéro de la carte et le zéro de réduction des sondes adopté (écart compris entre - 0,5 et + 0,6 m). Le tableau 38 résume les principales divergences relatives aux relèvement du fond.

Les documents définitifs suivants furent établis :

- 1 minute B5, 88-36-1
- 1 carte renseignée Cr 3670
- 1 fiche de balisage
- 1 fiche d'observatoire de marée.

La fiche géodésique 145.83.87 fut mise à jour.

X.2. TRAVAUX GÉODÉSQUES

Des travaux de géodésie complémentaire furent réalisés sur demande d'organismes de la 2^e région. Ces opérations ne présentèrent pas de difficulté technique particulière. Elles concernèrent d'une part des antennes Sylédis, dont le pylône support avait été remplacé, et, d'autre part, des repères utilisés par la section Armes-Équipements de la DCAN de Brest. Un nouvel amer du goulet de Brest fut également positionné. Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau 39.

X.3. ÉVALUATION DU SYSTÈME GPS EN MODE DIFFÉRENTIEL

X.3.1. Présentation

Sur demande de la société Sercel et en liaison avec l'EPSHOM, la MHA consacra quelques jours

Tableau 37. – Liste des recherches non effectuées dans l'anse de Paimpol

Coordonnées (NTF, Lambert I)		Sonde interprétée (m)	Profondeur moyenne (m)
E (m)	N (m)		
211 705	1 134 390	3,1	5
210 460	1 135 215	6,2	8
211 655	1 135 180	5,8	9
211 510	1 135 190	7,3	9

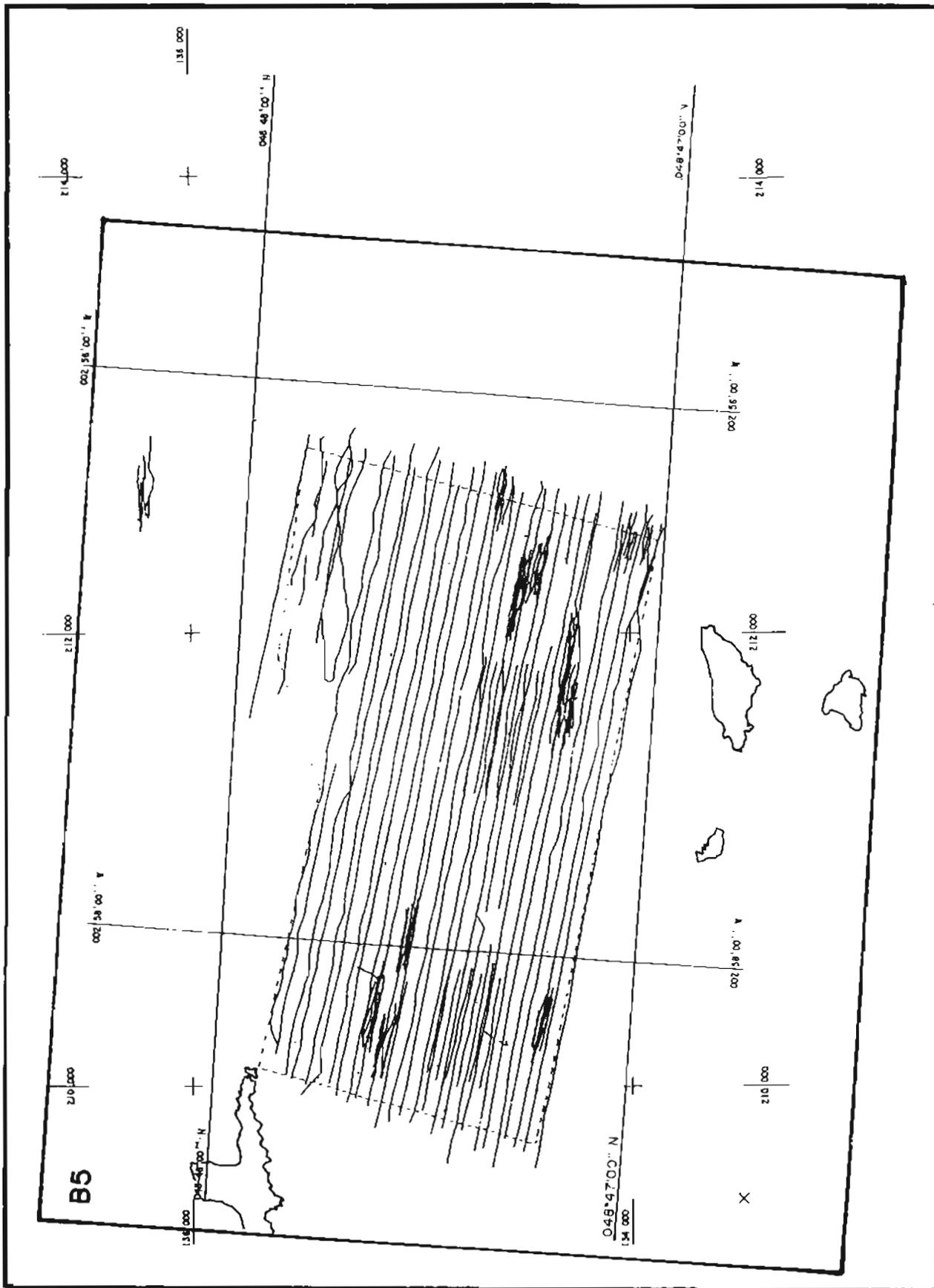


FIG. 25. - Levé dans l'anse de Paimpol

Tableau 38. – Comparaison de la carte 3670 et de la minute B5 (1988)

Sondes CM 3670			Observations
Position (NTF, Lambert I)		Valeur (m)	
E (m)	N (m)		
209 825	1 134 650	0,7	Non retrouvée : fond moyen 1988 : 4 m 0,5 m (1988) Non retrouvée : fond moyen 1988 : 5 m 1,4 m (1988) Non retrouvée : fond moyen 1988 : 4 m 1,1 m (1988) Non retrouvées : fond moyen 1988 : 1,5 m 0,8 m (1988) 1,3 m (1988) 2,5 m (1988) Non retrouvée : fond moyen 1988 : 6 m
210 140	1 135 155	0,7	
210 345	1 134 835	2,8	
210 660	1 135 075	3,8	
210 740	1 134 845	1,2	
210 870	1 134 855	1,8	
211 020	1 135 240	0,6	
211 120	1 135 255	0,3	
211 020	1 135 180	0,4	
211 115	1 135 175	0,2	
211 470	1 134 585	1,0	
211 565	1 134 085	1,8	
211 245	1 134 480	1,3	
212 515	1 135 025	2,4	

Tableau 39. – Travaux géodésiques divers (1987-1988)

Nom du point	Position (NTF, Lambert)			Zone Lambert	Commentaires
	E (m)	N (m)	h (m)		
Toulinguet : pylône Sylédis (antenne omnidirectionnelle)	84 131,9	1 088 056,8	89,9	I	Fiche 145.84.428
Ouessant : pylône Sylédis (antenne omnidirectionnelle)	54 200,44	1 112 622,40	93,7	I	Fiche 145.85.013
Lann-Bihoué : pylône Sylédis (axe et sommet)	166 607,1	2 324 091,2	74,7	II	Fiche 145.73.220
La Pallice : pylône BSM (axe et sommet)	326 311,95	2 134 993,04	52,9	II	Fiche 145.61.170
Le Dellec : tour d'essais (axe et sommet)	87 794,5	1 095 676,5	99,0	I	Fiche 145.84.672
Brest : bassin 10 : hangar					
croix gravée B10S	94 439,92	1 098 055,51	13,5	I	Fiche 145.84.680
croix gravée B10N	94 421,94	1 098 072,43	13,5	I	
bassin 10 : vestiaires					Fiche 145.84.681
douille NE (B10A)	94 473,77	1 098 229,97	16,4	I	
douille SW (B10B)	94 423,53	1 098 174,31	16,4	I	
Brest : hall périscopes P2	94 438,68	1 098 245,83	5,25	I	Station théodolite non matérialisée
Île Longue : collimateur (axe et sommet du support)	93 347,39	1 090 642,52	14,25	I	Fiche 145.84.679
Lanvéoc : balise Kertanguy	97 348,58	1 088 035,33	73,8	I	Fiche 145.84.181 (1973) mise à jour
Lanvéoc : appontement (axe et sommet du voyant)	96 789,77	1 088 520,69	5,3	I	Fiche 145.84.682

d'activité du BH1 *L'Espérance* à l'évaluation à la mer du système GPS en mode différentiel. Ces essais se déroulèrent en baie de Douarnenez et le long de la côte nord de Bretagne, du 4 au 8 juillet 1988.

X.3.2. Description du système différentiel

Le principe du système développé par Sercel, dans le cadre des recommandations générales de la commission RTCM (US Radio Technical Commission for Maritime Services), est basé sur un réseau de stations de référence chargées de déterminer les

corrections observées sur les pseudo-distances et les phases associées aux satellites visibles et de les transmettre en temps réel par liaison HF aux utilisateurs. La précision attendue est de l'ordre de quelques mètres jusqu'à plus de 1 000 km de la station de référence. Pour permettre l'évaluation des performances réelles du système, une station prototype avait été installée par Sercel dans le sémaphore de Quiberon. Cette station construite autour d'un récepteur TR5S est capable de traiter jusqu'à 5 satellites simultanément. Les corrections peuvent être diffusées sur 1 ou 3 fréquences de la gamme 1,6 à 16 MHz. Une fréquence unique ((1,6 MHz) suffit pour les courtes portées (jusqu'à 600 km). Au-delà,

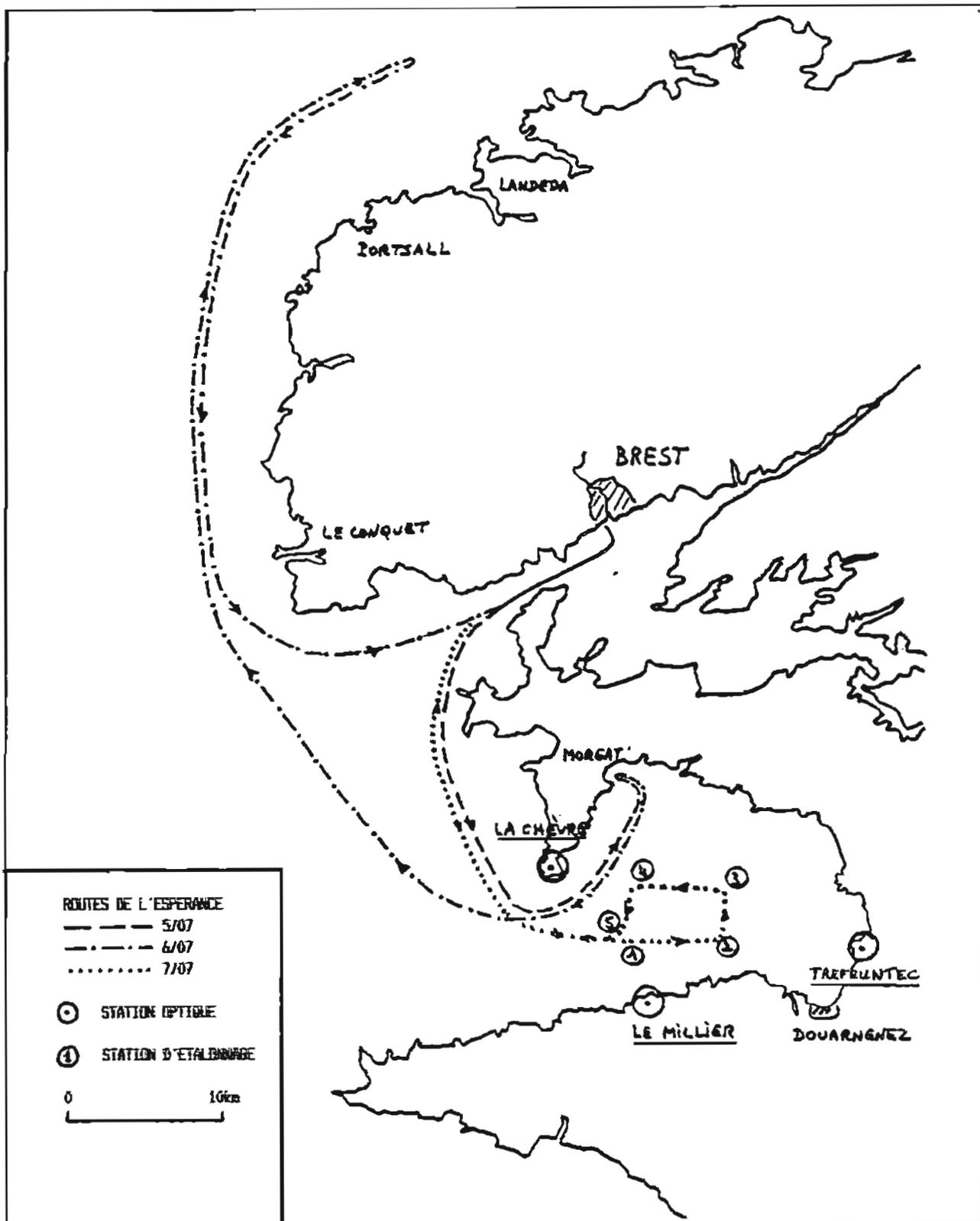


FIG. 26. - Essais de GPS différentiel

la diffusion simultanée sur deux fréquences supplémentaires de la gamme 2,5-16 MHz – choisies en fonction de l'heure du jour et de la saison – est sensée assurer une meilleure fiabilité de la liaison. Un récepteur spécialisé, à un ou plusieurs canaux et couplé au récepteur TR5S de l'utilisateur, assure le décodage des corrections. Celles-ci sont exploitées par une version ad hoc du logiciel interne du récepteur TR5S. La cadence de renouvellement des corrections est comprise entre 1,5 et 6 s, selon le nombre de fréquences utilisées pour la diffusion.

X.3.3. Déroulement des essais

La configuration utilisée à bord de *L'Espérance* comprenait deux récepteurs TR5S connectés à la même antenne. L'un fonctionnait en mode naturel et les données brutes étaient enregistrées sur cassette toutes les 0,6 s. Le deuxième récepteur fonctionnait en mode différentiel et les données calculées étaient enregistrées sur cassette toutes les 6 s. Les messages de corrections étaient analysés en temps réel à l'aide d'un ordinateur couplé au récepteur de corrections.

Pour contrôler la précision du système, deux méthodes avaient été retenues. La première était basée sur une référence indépendante du système GPS fournie par des relèvements optiques à partir de trois stations implantées autour de la baie de Douarnenez. La seconde était basée sur le traitement en temps différé des mesures de phase GPS. Cette trajectographie cinématique assure une précision relative de quelques centimètres et une précision absolue meilleure que le mètre. Par ailleurs, l'acquisition simultanée, toutes les 30 secondes, par le réseau Hydroboucle des données élaborées par un récepteur Sylédis SR3, fonctionnant en mode passif dans le réseau Bretagne de la Marine Nationale, permettait de restituer la trajectoire du bâtiment à mieux que 10 m près.

La zone des essais est représentée sur la figure 26. Les essais débutèrent le 5 juillet, après installation des équipements et contrôle à quai. Des difficultés de réception des signaux différentiels dues aux bruits rayonnés par le bâtiment en route perturbèrent cette première journée. Un montage approprié de l'antenne de réception des corrections permit, après quelques tâtonnements, de s'affranchir de ces difficultés. La journée du 6 fut consacrée à l'étude des conditions de réception des corrections entre la baie de Douarnenez et l'Aber Wrac'h. Le contrôle optique fut réalisé le 7 juillet en baie de Douarnenez : 5 séries de tops espacés de 30 s sur une durée de 15 min environ furent enregistrées. Les équipements furent démontés le 8 juillet.

X.3.4. Traitement des données

Le traitement des données GPS fut assuré par la société Sercel, en liaison avec l'EPSHOM. La MHA fournit seulement les données de localisation de référence (optique et Sylédis).

Les positions géographiques fournies par le récepteur SR3 étaient rapportées au système WGS 72. Elles furent transformées dans le système WGS 84, en projection UTM fuseau 30 – en utilisant les paramètres standard de transformation WGS 72 → WGS 84 – et réduites à l'antenne GPS.

Le traitement des données du contrôle optique exigeait quelques précautions compte tenu du niveau de précision souhaité. Les coordonnées des points stationnés et des origines des visées étaient connues dans le système NTF. Pour obtenir des coordonnées WGS 84 homogènes avec celles de la station de référence de Quiberon, l'EPSHOM effectua un cheminement géodésique avec des récepteurs GPS NR52 entre Quiberon et la borne IGN de Rostudel. Le traitement des mesures de phases par la méthode des doubles différences permit d'obtenir les coordonnées de la borne avec une précision relative meilleure que 0,3 m. Les paramètres locaux de la translation entre les systèmes NTF et WGS 84 furent obtenus par simple différence entre les coordonnées trirectangle calculées dans les deux systèmes. Les coordonnées WGS 84 des stations optiques et des origines des visées furent ensuite déduites des coordonnées NTF par simple translation. Les éléments numériques correspondants sont rassemblés dans le tableau 40.

Les points optiques furent calculés en projection UTM, fuseau 30, dans le système WGS 84, et réduits à l'antenne GPS, située à 8 m de la couronne lumineuse visée par les théodolites. Leur précision estimée est comprise entre 1 et 2 m.

X.3.5. Résultats

Les résultats de cette évaluation furent présentés le 13 octobre 1988 au séminaire « Applications and experiences with GPS » organisé à Londres par The Hydrographic Society (Fourgassié et al, 1988).

La fiabilité de la transmission des corrections différentielles fut excellente : le taux de réceptions correctes fut toujours supérieur à 90 %, même sur la côte nord, jusqu'à 200 km de la station de référence dont 150 km de trajet terrestre.

La précision observée, pour un facteur de dégradation géométrique de la précision (GDOP) compris entre 3,5 et 6, est conforme aux performances annoncées :

— par rapport aux points optiques : la moyenne des écarts sur chaque coordonnée horizontale est

Tableau 40. – Stations optiques de la baie de Douarnenez

Nom de la station	Coordonnées (NTF, Lambert II)				Coordonnées WGS 84 - UTM 30*	
	E (m)	N (m)	h (m)	Origine	E (m)	N (m)
Sémaphore du cap de la Chèvre	88 141,43	2 374 763,02	-	MHA 1973	384 553,16	5 336 355,72
Pointe de Tréfeuntec	107 595,27	2 368 182,49	21,6	MHR 1988	404 398,15	5 331 104,74
Phare du Millier	93 893,21	2 366 315,58	33,5	MHA 1973	390 858,98	5 328 318,63
Clocher de Beuzec	90 262,96	2 364 079,58	127,9	IGN 1965	387 389,18	5 325 843,80
Clocher de Telgruc	103 215,67	2 380 364,79	-	IGN 1965	399 208,87	5 342 958,33
Clocher de Ploaré	104 454,13	2 364 034,04	125,9	IGN 1965	401 545,43	5 326 755,60

* Valeurs déduites des coordonnées NTF par translation en coordonnées trirectangle de vecteur :
 $T_x = - 171,33$ m ; $T_y = - 57,56$ m ; $T_z = 320,76$ m

Ces paramètres de translation ont été calculés pour la borne IGN de Rostudel (point IV-18-6) à partir des éléments suivants :

— coordonnées NTF Lambert II :

(déterminées par l'IGN)

E = 88 042,31 m

N = 2 374 767,15 m

altitude = 96,3 m ; hauteur du géoïde : 2,9 m

— coordonnées WGS 84 :

(déterminées par l'EPSHOM)

L = 48° 10' 11,6790" N

G = 004° 33' 14,7516" W

hauteur au-dessus de l'ellipsoïde : 145,787 m

comprise entre 1 et 2 m, avec un écart type de quelques décimètres. Il apparaît donc que la précision intrinsèque de la localisation optique est à peine suffisante pour la calibration du mode différentiel.

— par rapport à la trajectographie GPS élaborée en temps différé : l'écart quadratique moyen tridimensionnel est de l'ordre du mètre.

RÉFÉRENCES

- BESSERO G. – Logiciel d'ajustement d'un réseau géodésique. Rapport n° 884 ÉPSHOM/E/GG du 10 octobre 1984.
 BESSERO G. – Adaptation de deux réseaux géodésiques. Rapport n° 573 ÉPSHOM/E/GG du 19 septembre 1985.
 BESSERO G. Mission Océanographique de l'Atlantique (janvier - septembre 1987). Edition provisoire, 1988.

DARS M. Mission Hydrographique de l'Atlantique (septembre 1974 - avril 1976). *Annales Hydrographiques*, 5^e série, n° 753, 1979, p. 83 à 133.

FOURGASSIE A., NARD G., BONIN G., GOUNON R. – First experiment with the SERCEL real-time differential GPS system for hydrographic applications. Séminaire « Applications and experiences with GPS », *The Hydrographic Society*, Londres, 1988.

GUYON J.-C. – Mission Hydrographique de l'Atlantique (février 1980 - avril 1983). *Annales Hydrographiques*, 5^e série, n° 760, 1985, p. 41 à 238.

PASQUAY J.-N. – Mission Hydrographique de Dragage (mars 1967 - mars 1969). *Annales Hydrographiques*, 4^e série, n° 738, 1971, p. 161 à 222.

PIERETTI L. – Mission Hydrographique de Dragage (septembre 1969 - février 1972). *Annales Hydrographiques*, 5^e série, n° 747, 1977, p. 65 à 107.

ROUBERTOU A. – Mission Hydrographique de Dragage (mars 1963 - mars 1965). *Annales Hydrographiques*, 4^e série, n° 736, 1969, p. 85 à 142.

SIMON B. – Calcul de la marée au large pour la correction des sondages. Rapport d'étude du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine n° 11/88, 1988.

ANNEXE 1

LES BÂTIMENTS HYDROGRAPHIQUES DE DEUXIÈME CLASSE TYPE *LAPÉROUSE*

par

L'Ingénieur Principal de l'Armement Chimot

Le texte qui suit a été publié dans la *Revue Hydrographique Internationale* (volume 66, n° 1, 1989, p. 26 à 44).

A.1.1. INTRODUCTION

Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) a lancé un important programme de remplacement de ses navires, avec pour étapes essentielles :

- l'élaboration des spécifications d'ensemble en janvier 1985,
- l'admission au service actif :
 - du BH2 *Lapérouse* (photo 1) : le 20 avril 1988,
 - du BH2 *Borda* (photo 2) le 16 juin 1988,
 - du BH2 *Laplace* : prévue en début 1990,
 - du BH2 *Arago* : prévue en 1991.

Par ailleurs, deux équipements majeurs ont été acquis : un sonar d'exploration hydrographique marine (SEHM) et un sondeur multifaisceaux « petits fonds ». Le premier de ces équipements, auquel est associé un système électronique de visualisation de carte marine, est installé sur le *Lapérouse*, le second sur le *Borda*.

A.1.2. CONCEPTION – MISSION – PARTICULARITÉS

Les bâtiments hydrographiques de deuxième classe (BH2) existent en deux versions :

- une version annexe, le BH2 A, destinée à opérer dans la zone économique maritime métropolitaine, et éventuellement en zone chaude, hors de la partie proche de la côte, seulement accessible aux embarcations;
- une version côtier, le BH2 C, destinée à opérer dans les zones économiques maritimes métropolitaine et des départements et territoires d'outre-mer.

Les BH2 A et BH2 C doivent permettre l'exécution des tâches suivantes :

- levés bathymétriques continus, de jour comme de nuit;
- levés bathymétriques surfaciques continus, de jour comme de nuit, avec mise en œuvre d'un sondeur latéral;
- manutention, remorquage et mouillage de senseurs et de capteurs jusqu'à des immersions de 1 500 m;
- hydrologie discrète ou continue jusqu'à 2 000 m d'immersion;
- mise en œuvre de capteurs variés à partir d'un conteneur-laboratoire;
- éventuellement, établissement ou réfection d'un balisage flottant léger.

De plus, grâce à deux vedettes hydrographiques, le BH2 C est apte à l'exécution de levés hydrographiques par petits fonds. Il peut recevoir, par ailleurs, un sondeur multifaisceaux.

Le BH2 A se distingue, quant à lui, par son aptitude à localiser et à identifier les obstructions sur les voies recommandées ou sur les routes réglementées. Il est équipé à cet effet d'un sonar. Ce bâtiment est, de plus, conçu pour recevoir ultérieurement des vedettes et des bossoirs, si le besoin s'en fait sentir. Le BH2 *Lapérouse* est le seul BH2 A du programme.

A.1.3. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

A.1.3.1. Quelques chiffres

longueur hors-tout	: 59 m
largeur hors-tout	: 10,9 m
tirant d'eau	: 3,4 m
déplacement en charge complète	: 970 t
vitesse continue à PMP	: 15 nœuds
distance franchissable à 12 nœuds	: 6 000 milles
rayon de giration à 10 nœuds	: inférieur à 100 m

A.1.3.2. Construction

La direction des constructions navales (DCAN Lorient) a assuré la maîtrise d'œuvre industrielle de la construction. Une simplification poussée des éléments constitutifs de la charpente et l'application des règlements du bureau VERITAS (au lieu des normes usuelles pour les bâtiments de guerre de la Marine Nationale) ont permis une réalisation relativement économique, dont le résultat est un bâtiment spacieux, essentiellement constitué d'une plate-forme simple dont les qualités de robustesse, de tenue à la mer, de manœuvrabilité et de facilité d'entretien autorisent un taux de disponibilité élevé.

Le BH2 a une coque d'acier et des superstructures très résistantes, car il peut être amené à affronter des cyclones tropicaux. Deux ponts concourent à la résistance à la flexion longitudinale : le pont principal pour la partie arrière – il constitue également le pont d'étanchéité – et le pont teugue pour la partie avant.

A.1.3.3. Propulsion et manœuvre

La propulsion des BH2, aux moyennes et grandes vitesses, est assurée par deux groupes propulsifs, installés dans un même compartiment. Chaque groupe est constitué d'un moteur diesel, SACM⁽¹⁾ 175 V12 RVR de 920 kW, qui entraîne par l'intermédiaire d'un réducteur, une hélice à pales orientables.

Ces bâtiments peuvent être dotés, ultérieurement, d'une propulsion auxiliaire adaptée aux faibles vitesses, car des mesures conservatoires ont été prises, à la construction, pour une éventuelle installation de moteurs électriques, attaquant directement les réducteurs.

L'appareil propulsif peut être commandé (vitesse des moteurs, pas d'hélice) à partir de la passerelle.

Le bâtiment est dirigé par l'intermédiaire d'un gouvernail compensé. Un propulseur d'étrave, en tunnel, donne au navire une capacité de manœuvre et de tenue de station accrue. Un pilote automatique de cap, pouvant être connecté aux systèmes de radio-localisation, facilite le suivi des profils.

A.1.3.4. Électricité

L'énergie électrique est produite par trois groupes diesel alternateurs sous forme de courant alternatif 450 V, 60 Hz triphasé. La puissance nominale des deux premiers, identiques, est de 250 kW, celle du

troisième, utilisé pour les mouillages ou comme appoint, est de 120 kW.

La distribution est assurée par deux réseaux « force » (440 V, 60 Hz, triphasé – l'un pour les auxiliaires et équipements du bord et l'autre pour le propulseur d'étrave), un réseau « éclairage » (115 V, 60 Hz, triphasé), un réseau « scientifique » (220 V, 50 Hz, alimentant le PC scientifique, les salles de traitement et le local d'hydrologie), un réseau « spécifique » (115 V, 400 Hz), un réseau « domestique » (220 V, 60 Hz) et des distributions de 28 V CC.

A.1.3.5. Équipage et capacité de logement

Les emménagements sont conçus pour 45 personnes.

Les plans d'armement des quatre BH2 sont légèrement différents en raison de leurs missions et de leurs équipements respectifs. L'effectif moyen d'un BH2 comporte 3 officiers, 10 officiers marins et 18 matelots. Les autres logements sont occupés par l'équipe hydrographique embarquée et, éventuellement, par des stagiaires ou du personnel de renfort.

A.1.3.6. Autonomie, durée de vie et entretien

Les BH2 peuvent effectuer isolément des séjours continus à la mer de 20 jours et supporter un taux d'activité de l'ordre de 160 jours de mer par an.

Leur durée de vie théorique est de 25 ans, pendant lesquels ils doivent pouvoir se satisfaire d'un entretien réduit.

A.1.4. INSTALLATIONS ET ÉQUIPEMENTS SPÉCIFIQUES

A.1.4.1. Les installations spécifiques

Les figures 27 à 29 donnent le plan des emménagements. Les installations spécifiques comprennent :

— sur le pont passerelle : un poste central scientifique, spacieux, situé sur l'arrière de l'abri de navigation avec lequel il communique par une porte coulissante. La plupart des appareils de mesure et les systèmes d'acquisition de données se trouvent dans ce local. Des possibilités d'évolution ont été assurées pour l'installation des matériels nouveaux;

— sur le pont teugue : deux salles de traitement qui accueillent des bureaux et des postes de travail

⁽¹⁾ Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

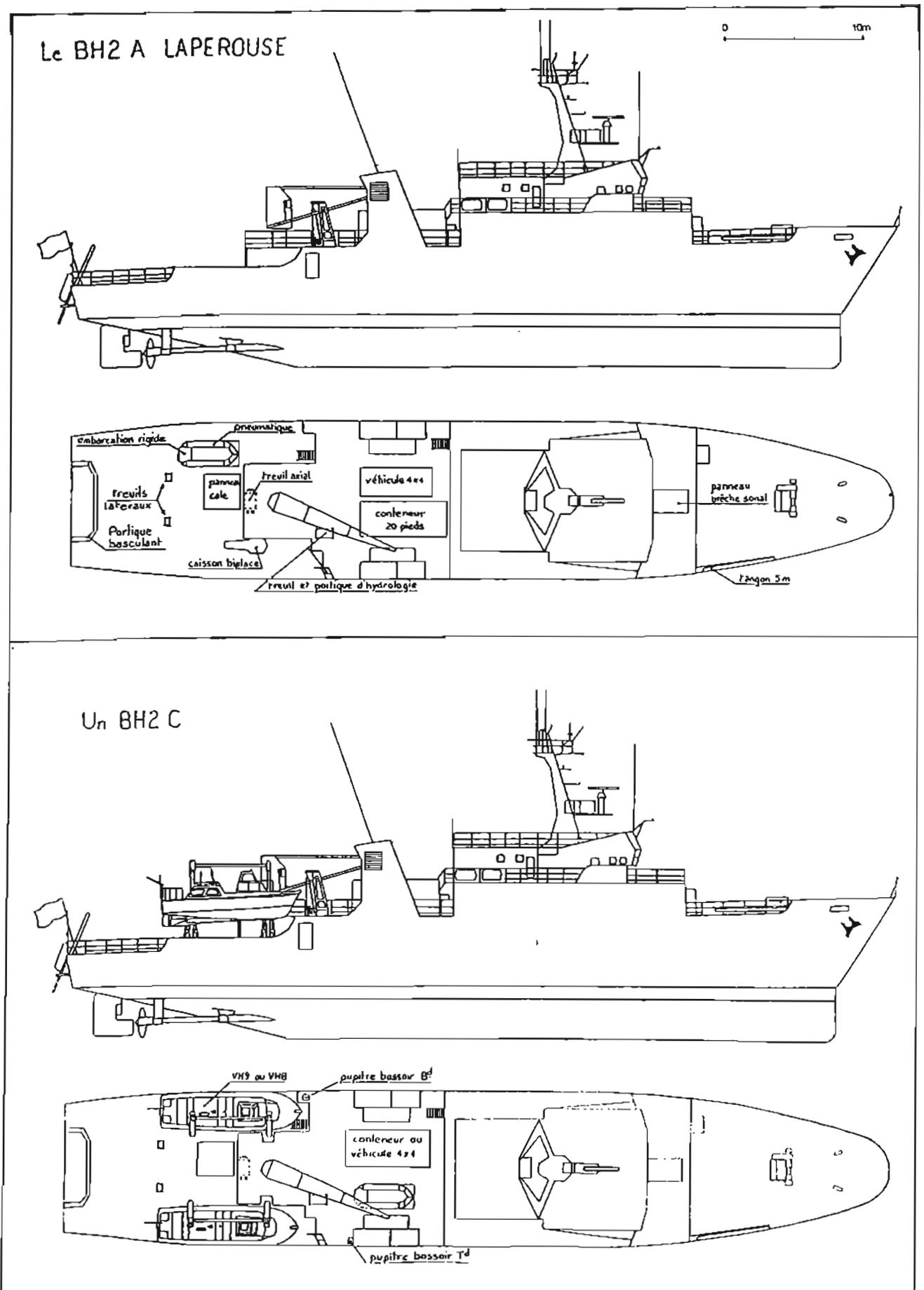


FIG. 27. - BH2 A et BH2 C

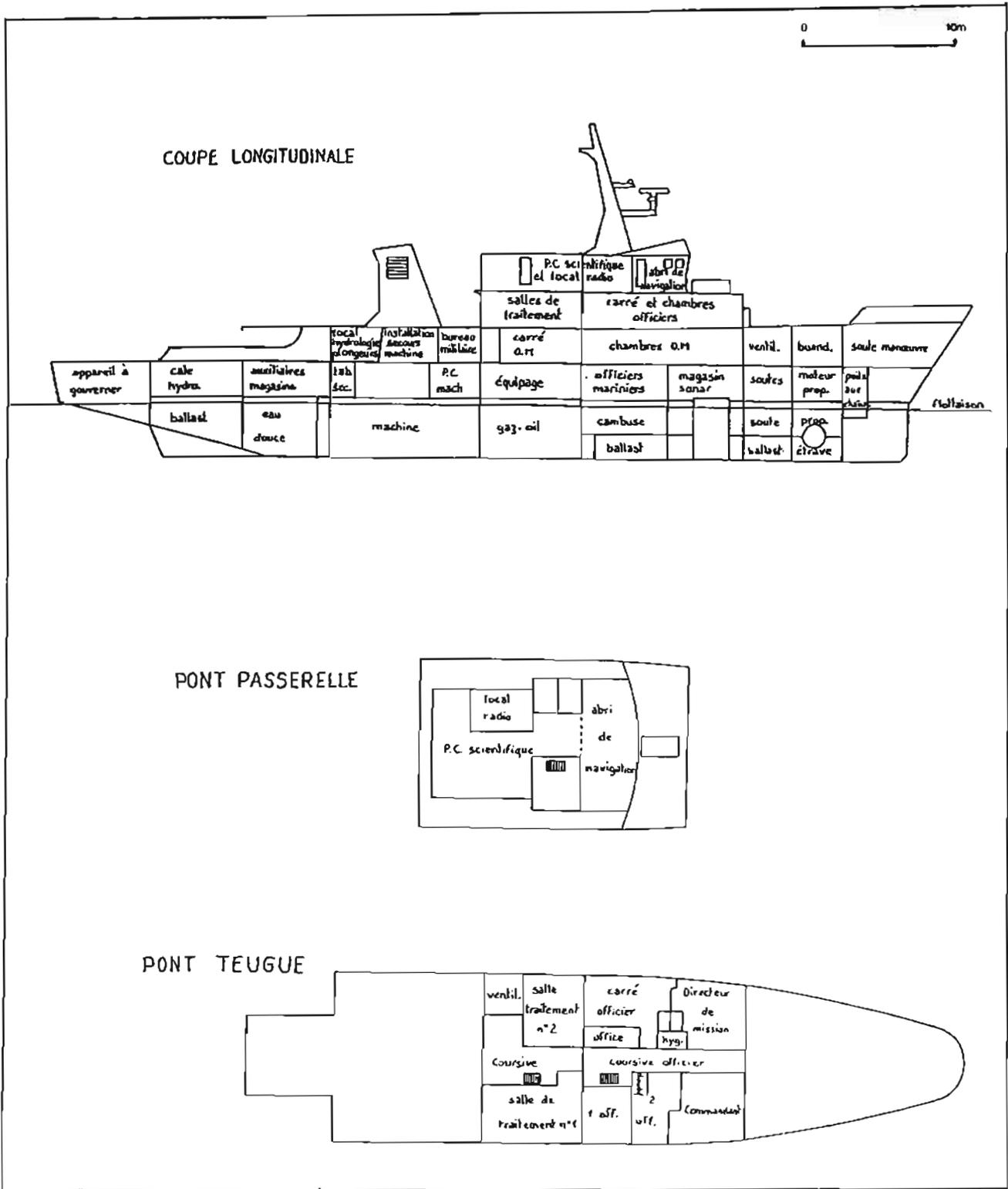


FIG. 28. - Emménagements du BH2 A

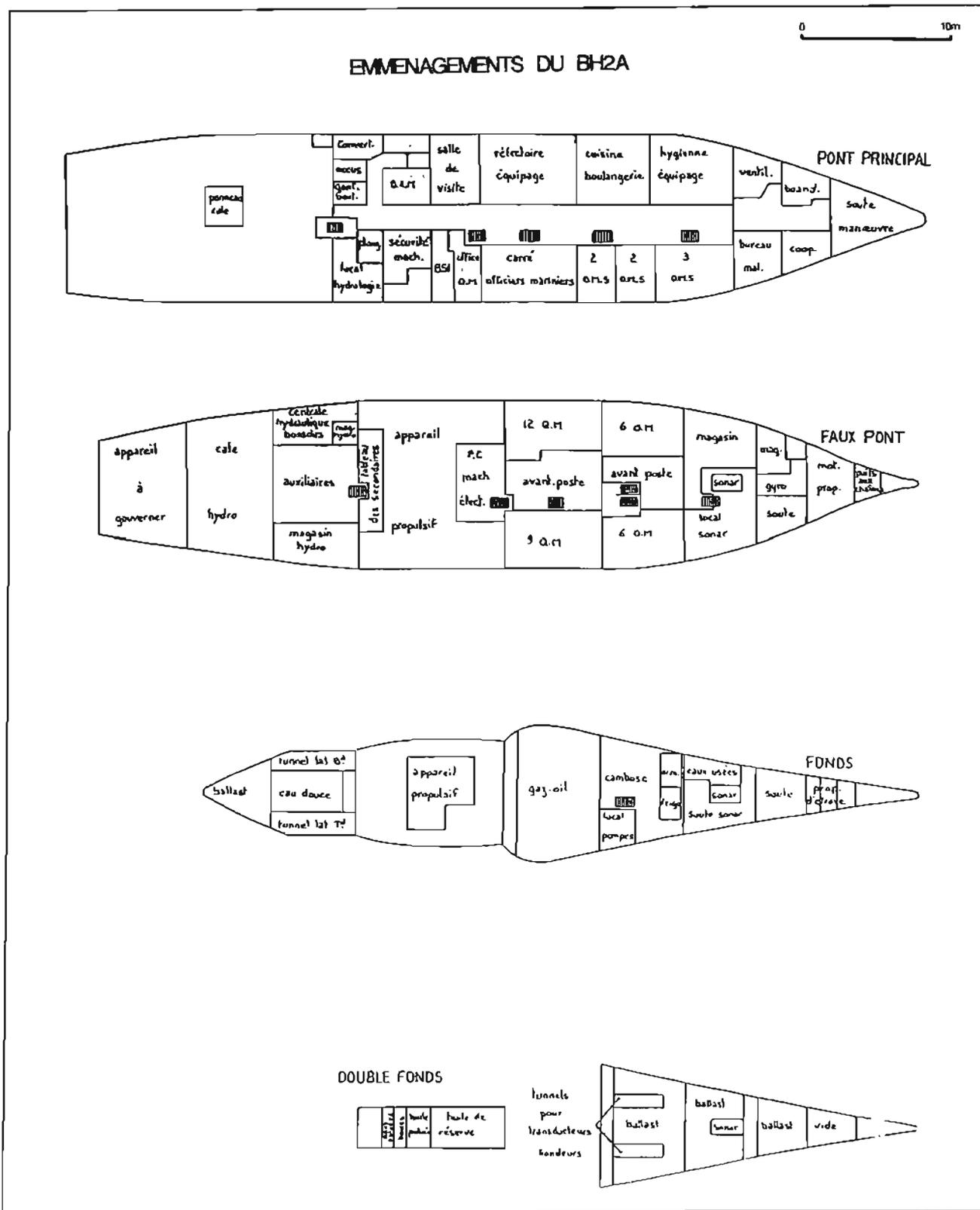


FIG. 29. - Emménagements du BH2 A

adaptés à l'exploitation de systèmes informatiques. La plus grande de ces deux salles abrite de plus une table de dessin de 2,2 m sur 2 m, l'autre, l'infrastructure nécessaire à l'installation d'un traceur de précision et de format A0. Ces deux locaux peuvent recevoir des informations sous forme numérique envoyées à partir du PC scientifique;

— sur le pont principal: un local hydrologie qui abrite un poste de travail adapté à la mise en œuvre éventuelle d'un salinomètre, et divers postes de repos pour une bathysonde, des bouteilles de prélèvement, un sondeur latéral, un bathycélémètre, le matériel des plongeurs... Des locaux sont, par ailleurs, destinés, sur ce pont, au gonflage des bouteilles de plongée et à l'entretien de batteries;

— sur le faux pont: deux magasins pour des instruments scientifiques et des matériels électroniques, et une cale (de 80 m³, avec un panneau d'accès de 2,4 m sur 2,4 m) pour des matériels encombrants qui peuvent être embarqués grâce à la grue installée sur le pont teugue (2 500 daN). Sur le faux pont, on trouve aussi un laboratoire d'électronique, qui reçoit le cas échéant, les équipements de mise en œuvre du sonar et du sondeur multifaisceaux;

— une aire de travail arrière, située sur le pont principal, à 2,6 m au-dessus de la flottaison, et qui comprend:

- un treuil axial (de 1 500 daN) avec une poupée et un tambour débrayable ayant une capacité de 1 500 m de câble d'acier,

- deux treuils latéraux à contacts tournants (de 360 daN), commandés localement ou à partir du PC scientifique, pour le remorquage simultané de deux « poissons » (magnétomètre et sondeur latéral);

- un portique basculant (de 1 500 daN), à manœuvre hydraulique;

— une aire de travail milieu qui comporte:

- sur le pont teugue: un treuil latéral, électrique, à contacts tournants, d'une capacité de 4 000 m de câble (vitesse de 0 à 60 m/min, F = 1 000 daN) qui permet d'exécuter, avec un portique latéral, des stations d'hydrologie discrète ou avec bathysonde;

- sur le pont principal: une plate-forme rabattable, située à proximité du local d'hydrologie, qui permet de surveiller le câble d'hydrologie et de mettre en place ou de récupérer les bouteilles de prélèvement;

— sur les BH2 C uniquement: deux ensembles de bossoirs à gravité disposés symétriquement sur le pont principal, pour la mise à l'eau des deux vedettes hydrographiques;

— sur le BH2 A, une infrastructure prévue pour l'embarquement d'un caisson de recompression biplace.

Un emplacement sur le pont teugue, entre les deux cheminées, est disponible pour l'embarquement d'un conteneur de 20 pieds, destiné à des campagnes de mesure spéciales; il peut être relié par liaison phonique avec le PC scientifique et recevoir des informations sous forme numérique.

Signalons enfin que la mâture a été conçue pour que les interventions sur les antennes de radiolocalisation puissent être effectuées, même à la mer, dans de bonnes conditions de sécurité.

A.1.4.2. La drôme

La drôme du bâtiment comprend une embarcation en alliage léger (4,3 m) et une embarcation pneumatique à fond rigide (6 places) avec moteurs hors-bord.

Celle des BH2 C comporte, de plus, deux vedettes hydrographiques de 8,3 m ou de 9 m.

A.1.4.3. Les équipements spécifiques

Les BH2 reçoivent les équipements spécifiques suivants (hors équipement des vedettes):

— navigation :

- un équipement de compas magnétique (type Noroît),

- un équipement de compas gyroscopique (CGM 4), avec relais de cap et divers répéteurs de route,

- un équipement de loch électromagnétique (BEN LMN 4),

- un pilote automatique de route (BEN EPS 50),

- un réseau de vent,

- un radiogoniomètre (CRM 4215),

- un récepteur Oméga (Sercel M6),

- un radar (Decca 1226),

— radiolocalisation :

L'infrastructure est mise en place pour les récepteurs suivants:

- Trident (III – 230 ou 1200 MHz – ou IV de Thomson CSF),

- Sylédis (SR3 ou STR4 de Sercel),

- Toran (récepteur P de Sercel),

- Loran (LRX22P de MLR),

- GPS (TR5S de Sercel),

- Rana (CK03 de MLR).

Ces équipements, du ressort du SHOM, sont effectivement installés selon la nature de la mission;

— sondeurs et détection sous-marine :

- un sondeur de navigation Atlas Deso 20 – 100 kHz,

- un sondeur petits fonds Atlas Deso 20 – 66 (ou 33) et 210 kHz,

- un compensateur de pilonnement Atlas Heco 10 pour le sondeur petits fonds,

- un sondeur grands fonds Raytheon 12 et 34 kHz,

- l'infrastructure pour un sondeur latéral (EG & G 260 avec poisson 272 TD),

- l'infrastructure pour un magnétomètre (Barringer M123),
- pour le BH2 A, un sonar d'exploration hydrographique marine,
- les BH2 C peuvent recevoir un sondeur multifaisceaux petits fonds.

On trouvera plus loin une description de ces deux équipements majeurs:

— océanographie :

- un bathythermographe Sippican, avec un coffret d'acquisition de données Mk 9.

En outre, le matériel spécifique (SHOM) suivant est embarqué, selon la nature de la mission :

- un bathycélérimètre (Suber SLS 12),
- un ou plusieurs marégraphes plongeurs (Suber SLS 13 ou 23),
- un ou plusieurs courantomètres petits fonds (Suber SLS 11 ou 21),
- une bathysonde (Guildline 8705);

— acquisition et traitement de données :

Des configurations plus ou moins étoffées des systèmes suivants (matériel SHOM) peuvent être embarquées, selon la nature de la mission :

- unité d'acquisition des données numériques de capteurs immergés (marégraphes, courantomètres),
- système d'acquisition de données en temps réel (Hydrac),
- système de traitement en temps différé (Hytraï),
- pour le BH2 A, système de visualisation – acquisition – traitement, associé au sonar,
- pour un BH2 C équipé d'un sondeur multifaisceaux, le système de traitement en temps différé;

— transmissions intérieures :

- plusieurs réseaux d'interphones et de téléphones.

A.1.5. LE SONAR D'EXPLORATION HYDROGRAPHIQUE MARINE (SEHM)

Ce sonar, qui équipe le BH2 A *Lapérouse*, est un sonar DUBM 21 C de Thomson Sintra ASM, conçu à partir d'un sonar de chasse aux mines et incorporant quelques options spécifiques nécessaires à l'exploration hydrographique. Il est complété par un système de visualisation – acquisition – traitement (VAT) développé par le SHOM.

A.1.5.1. Caractéristiques générales

Ce sonar de coque est destiné à l'exploration des fonds compris entre 10 et 60 mètres de profondeur. Il permet la détection, l'investigation et la classifica-

tion des objets ayant un maître-couple au moins égal à 1 m², par analyse de la forme de l'ombre acoustique.

Dans sa fonction exploration, ce sonar doit pouvoir être mis en œuvre normalement par mer de force inférieure ou égale à 3 et pour des vitesses du bâtiment égales à 8 nœuds.

Dans sa fonction investigation et classification, ce sonar doit pouvoir être mis en œuvre pour des vitesses du bâtiment au moins égales à 6 nœuds.

Ce sonar peut être utilisé, éventuellement avec des performances dégradées, pour explorer des fonds compris entre 60 et 100 m de profondeur et par mer force 4.

Il est équipé de dispositifs permettant l'exploitation en temps réel, la mesure sur écran des dimensions des dangers détectés et l'enregistrement des données nécessaires à une exploitation en temps différé.

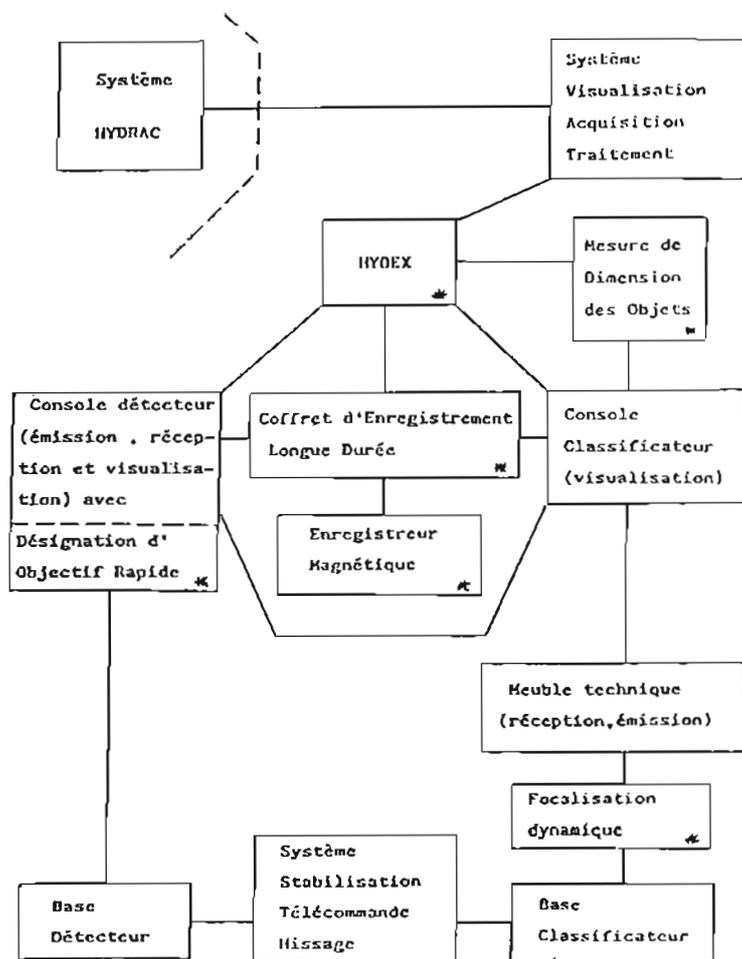
A.1.5.2. Description

Le schéma synoptique de la figure 30 présente l'équipement, qui se compose :

— d'un sous-ensemble de « stabilisation – télécommandé – hissage », réalisé par l'Établissement des Constructions et Armes Navales (ECAN) de Ruelle, monté dans un puits situé aux environs du tiers avant du bâtiment (point giratoire). Ce système permet le hissage, la stabilisation en roulis (jusqu'à 15°) et en tangage (jusqu'à 5°) et l'orientation de façon indépendante en gisement (+/- 175°) et en site (de - 5 à 40°) des bases du classificateur et du détecteur. Il est complété par un système d'obturation du puits;

— d'un sous-ensemble de détection, constitué par un sonar actif à balayage manuel ou automatique (secteur de 30° sur 400, 600 ou 900 m) et fonctionnant à 100 kHz. Ce sonar se compose des bases émission et réception (32 colonnes de 6 transducteurs, traitées en 20 voies préformées) et d'une console assurant les fonctions électroniques d'émission-réception et de visualisation. Un dispositif de pointage rapide permet à l'opérateur de désigner des échos pour une analyse au classificateur ou pour envoyer les informations correspondantes (azimut-distance) au système VAT;

— d'un sous-ensemble de classification constitué par un sonar actif à balayage manuel (secteur de 10° sur 200 ou 300 m) et fonctionnant à 420 kHz. Ce sonar se compose des bases d'émission et réception (100 colonnes de 6 céramiques élémentaires, traitées en 80 voies préformées), d'un coffret réalisant une focalisation dynamique entre 50 et 300 m, d'un meuble technique assurant les fonctions électroniques d'émission et de réception, d'une console de visualisation permettant à l'opérateur de classifier l'écho par analyse de l'ombre, au besoin



* Option spécifique au DUBM 21 C

FIG. 30. – Schéma synoptique du sonar DUBM 21 C

avec utilisation d'une loupe (10° sur 25 m), de procéder à des mesures de dimensions horizontales et verticales des objets et d'envoyer les informations correspondantes au système VAT;

— d'un dispositif d'enregistrement du signal vidéo des images visualisées sur les consoles du détecteur et du classificateur;

— d'un coffret interface (Hydex) par lequel transitent toutes les informations sous forme numérique;

— du système VAT, système électronique de visualisation de carte marine, adapté au sonar et destiné à assurer les fonctions suivantes :

- acquisition et archivage sur un support informatique de toutes les informations provenant des sonars (états des sonars, azimuth-distance des échos pointés au détecteur ou au classificateur, résultats des mesures de dimensions d'objets),

- acquisition et archivage des informations heure-position-profondeur d'eau, élaborées par le système temps réel Hydrac, ainsi que des caractéristiques des routes à suivre,

- présentation sur écran graphique couleur de ces informations (position du bâtiment, zones insonifiées par les sonars, échos pointés) en superposition sur un fond de carte marine,

- possibilité d'introduire, pour archivage, des commentaires sur le déroulement des opérations ou des renseignements sur la nature des échos pointés et du fond,

- possibilité d'interrogation de la base de données utilisée pour créer le fond de carte marine visualisé,

- impression des informations et des commentaires sur une imprimante rapide et report de la route et des échos pointés sur un traceur à plat.

A.1.5.3. Performances

Le système est encore actuellement en cours d'essais, et les procédures d'utilisation et la doctrine d'emploi ne sont pas arrêtées. Toutefois, en hiver,

au sud de la Bretagne, et dans les conditions favorables suivantes :

- mer force 2, vent de 20 nœuds;
- fonds de sable à 30 m;
- vitesse du bâtiment : 4 nœuds;

les distances de prise de contact de cibles cylindriques, ayant un maître-couple de 1 m², ont été d'environ 600 m pour le détecteur et d'environ 280 m pour le classificateur. Un pouvoir séparateur de 15 m à plus de 400 m a été observé pour le détecteur et de 1 m à plus de 200 m pour le classificateur.

A.1.6. LE SONDEUR MULTIFAISCEAUX PETITS FONDS

Le sondeur multifaisceaux Lennermor, qui a été installé sur le BH2 C *Borda*, a été développé, sous contrat du SHOM, par la société Thomson Sintra ASM.

A.1.6.1. Caractéristiques générales

Cet équipement (photo 6) est destiné aux relevés bathymétriques sur les plateaux continentaux, c'est-

à-dire par petits fonds (portée égale à 250 m). Il doit pouvoir être mis en œuvre normalement par mer de force inférieure ou égale à 4 et pour des vitesses du bâtiment allant jusqu'à 15 nœuds.

La fréquence de travail est de 100 kHz et la bande insonifiée a une largeur égale à 2,4 fois la profondeur. Le sondeur mesure simultanément 20 distances obliques perpendiculairement à l'axe du navire. La résolution angulaire est de 5°; la précision doit être inférieure à 0,5 % de la profondeur avec un minimum de 30 cm.

Toutes les données brutes sont enregistrées sur support magnétique pour un traitement en temps différé - développé par le SHOM. Le système fournit en temps réel un tracé provisoire des isobathes.

Par ailleurs, des possibilités d'extension, d'évolution, et permettant des études ont été prévues. Ainsi, par exemple, il est possible d'enregistrer tous les signaux de réception, après échantillonnage à grande cadence par le calculateur associé.

A.1.6.2. Description

La figure 31 présente le schéma fonctionnel du sondeur. Limitons-nous à signaler certains points particuliers :

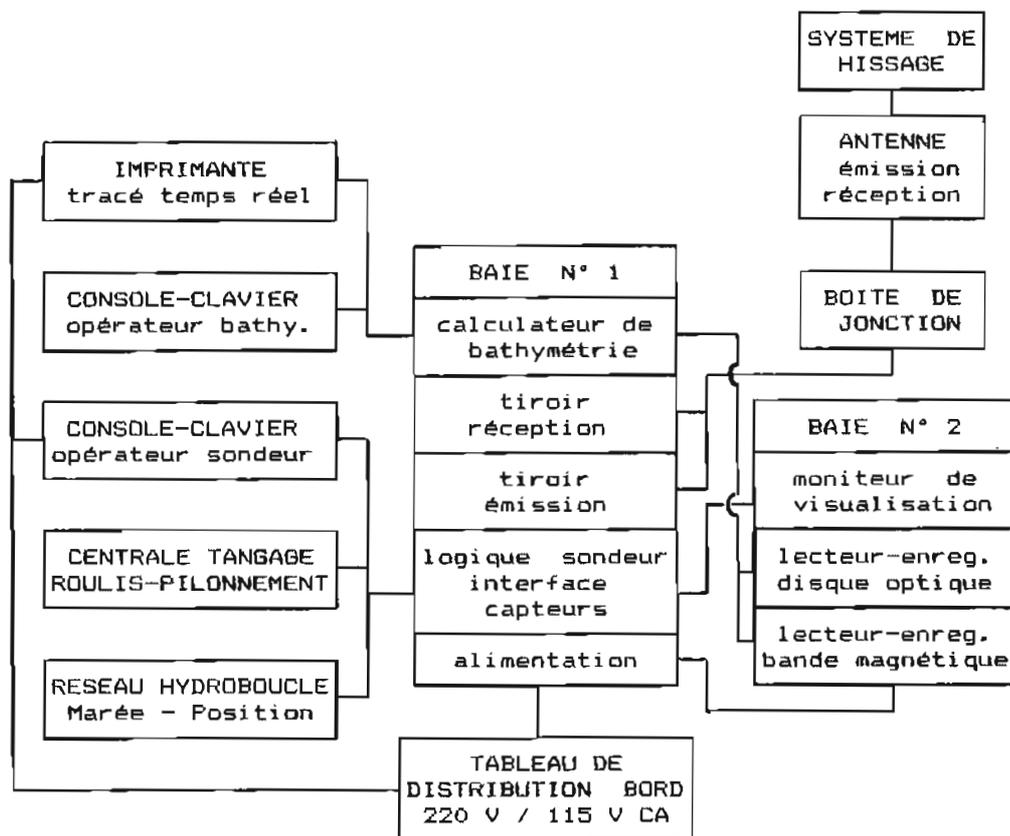


FIG. 31. - Schéma fonctionnel du sondeur multifaisceaux Lennermor

— le sondeur utilise la technique des faisceaux croisés. Le transducteur d'émission est directif dans le sens longitudinal du navire et plus large dans le sens transversal afin d'insonifier toute la zone à couvrir. Il n'émet qu'un seul faisceau ($5^\circ \times 40^\circ$).

Le transducteur de réception a un diagramme de rayonnement large dans le sens longitudinal, mais étroit dans le sens transversal. Il permet de former 20 voies directives transversalement au bâtiment ($5^\circ \times 30^\circ$). Le bloc antenne est fixé rigidement à la coque par l'intermédiaire d'un système de hissage.

Le faisceau d'émission est stabilisé électroniquement en tangage ($\pm 10^\circ$) tandis que les 20 faisceaux de réception sont stabilisés en roulis ($\pm 20^\circ$);

— les technologies numériques ont été largement utilisées, introduisant ainsi une très grande souplesse :

- des logiciels permettent de tester chaque fonction en temps réel et de réaliser simplement la maintenance,
- les techniques et méthodes de traitement utilisées en temps réel et en temps différé peuvent être rodées plus aisément et améliorées sans refonte du matériel,
- les interfaces et périphériques, notamment ceux destinés au contrôle visuel, pourront évoluer au gré des besoins;

— le sondeur est, par ailleurs, d'une part connecté au système Hydrac qui lui fournit en temps réel les informations heure, cap, vitesse, position, marée prédite, ainsi que les instants de début et de fin de profil. D'autre part, il reçoit du compensateur de houle (Atlas Heco 10 RS) les informations de roulis, tangage et pilonnement;

— de manière à permettre l'archivage d'un volume très important de données, notamment dans le cas où l'on désire enregistrer, après échantillonnage à grande cadence, les signaux de réception sur les 20 voies, une unité de disque optique numérique a été connectée au système.

A.1.6.3. Performances

Le sondeur est actuellement en cours de recette et n'est donc pas encore admis au service actif. Ce n'est qu'après ces essais et une évaluation poussée que pourront être données ses performances.

Toutefois, on peut déjà signaler qu'il a permis d'observer à plusieurs reprises des distances obliques supérieures à 500 m.

ANNEXE 2

LE FORMAT ACQ88

A.2.1. INTRODUCTION

Dans les chaînes de logiciels Hydrac-Hytrai mises en service par l'EPSHOM en 1985, l'acquisition et le traitement des données nécessitent deux types de fichiers différents. L'acquisition automatique des données (localisation et sonde) et la validation des données de localisation (contrôle, rejeux et corrections éventuelles) sont assurées avec des fichiers de type ACQ, bruts puis reformatés (un fichier par profil). Après le contrôle et la sélection des sondes, on obtient des fichiers de type TRAVAL dans lesquels ne sont conservés que les couples positions – sondes validées et les éléments de réduction des sondes. La gestion de ces deux types de fichiers paraissant lourde, le développement d'une nouvelle chaîne, dans laquelle les fichiers ACQ étaient conservés pour tous les traitements précédant le tracé des minutes, avait été entrepris par la MHA. Après concertation avec l'EPSHOM, il fut décidé de poursuivre dans cette voie et de définir un format de fichier véritablement adapté à la nouvelle chaîne. Ce format, mis en service à la fin de 1987, fut baptisé ACQ88.

A.2.2. STRUCTURE

Le format ACQ88 correspond à un fichier séquentiel contenant tous les éléments nécessaires aux traitements intermédiaires, à la validation des données et à l'élaboration automatique des fichiers de tracé et d'archivage.

Le format dit « brut » est utilisé pour l'acquisition des données en temps réel. Les données correspondant aux profils successifs sont archivées à la suite dans un fichier unique. Après reformatage, chaque profil conservé correspond à un fichier différent.

Dans les deux cas, les enregistrements sont groupés par paire : chaque enregistrement de données est précédé d'un enregistrement d'identification. La longueur de chaque enregistrement est variable. La structure adoptée se prête facilement à la prise en compte de nouveaux capteurs.

A.2.3. DESCRIPTION DES ENREGISTREMENTS

A.2.3.1. Enregistrements « type »

Les enregistrements de rang impair contiennent l'identificateur du type de l'enregistrement pair suivant. Cet identificateur est défini par une variable entière avec les conventions suivantes :

- 1 : en-tête de profil ou changement de date
- 2 : en-tête localisation
- 3 : données de localisation
- 4 : en-tête sondeur
- 5 : sondes
- 6 : en-tête marée
- 7 : données de marée
- 8 : en-tête gravimètre
- 9 : données de gravimètre
- 10 : en-tête magnétomètre
- 11 : données de magnétomètre
- 12 à 99 : disponible
- 10x : commentaires capteur (x : identificateur de l'enregistrement d'en-tête correspondant)

A.2.3.2. Enregistrements « en-tête »

- en-tête de profil ou changement de date :
 - numéro de profil (réel)
 - date (JJMMAA, réel)
 - heure du début de profil, ou 0 si changement de date (HHMM.SS, réel)
 - décalage horaire par rapport à l'heure UTC (en heures, entier relatif)
- en-tête localisation :
 - numéros des réseaux observés (tableau de 8 entiers)
 - corrections à ajouter aux valeurs observées (tableau de 8 réels)
 - précisions des réseaux observés (tableau de 8 réels)
 - concaténations des validations et des numéros

d'antennes (tableau de 8 entiers de la forme : $100 \times (a - 1) + v$, où a est le numéro d'antenne associé au réseau considéré et v la validation - $v = 0$ pour un réseau invalide, $v = 1$ pour un réseau validé)

cadence des tops de localisation (en secondes, entier)

Nota : les précisions et les corrections sont exprimées dans la même unité que les valeurs observées correspondantes

— en-tête sondeur :

code du sondeur (entier) :

- 1 : pas de sondeur
- 0 : sondeur Raytheon
- 1 : sondeur Deso 20

numéro de canal (entier) :

- 1 : Deso 20 : 30 ou 33 ou 66 kHz
Raytheon : 12 kHz
- 2 : Deso 20 : 210 kHz
Raytheon : 34 kHz

seuil de validation des sondes (en décimètres, réel)

numéro de base (entier)

cadence d'acquisition des sondes (en secondes, entier); remplacé au reformatage par la taille réservée pour le tableau des sondes des enregistrements de type 5 suivants.

Nota : on ajoute 10 au code du sondeur pour identifier les sondes issues de la numérisation d'enregistrements analogiques.

— en-tête marée :

numéro de port (entier)

type de marée (entier) : 1 : prédite
2 : observée
3 : modèle

type de capteur (entier) : 1 : marégraphe à flotteur
2 : marégraphe immergé

niveau de référence (entier) :

- 1 : zéro hydrographique
- 2 : zéro provisoire
- 3 : zéro instrumental

date (JJMMAA, réel)

cadence d'acquisition (en secondes, entier)

décalage horaire par rapport à l'heure UTC (en heures, entier relatif)

— en-tête gravimètre :

type de gravimètre (entier) :

- 1 : pas de gravimètre
- 0 : KSS 5
- 1 : KSS 30

numéro du filtre en service (entier)

variable disponible (réel)

variable disponible (entier)

taille du tableau des valeurs des enregistrements de type 9 suivants.

— en-tête magnétomètre :

format non défini

A.2.3.3. Enregistrements de données

— données de localisation :

code du top (entier) : x0 : début de profil
x2 : point courant
x5 : fin de profil
x6 : top isolé

avec $x = a - 1$ où a est le numéro de l'antenne de référence

heure du top (HHMM.SS, réel)

valeurs observées (tableau de 8 réels)

coordonnées du top (en mètres - abscisse et ordonnée, ou en DDDMM.mm - longitude et latitude, 2 réels)

cap surface du bâtiment (en degrés, réel)

vitesse surface du bâtiment (en nœuds, réel)

moyenne quadratique des résidus (en mètres, réel)

concaténation en binaire des indicateurs de validation instantanée des réseaux (entier)

précision théorique à 95 % (en mètres, entier)

variables disponibles (2 entiers)

— sondes :

tableau des sondes enregistrées entre deux tops de localisation successifs (réels)

a) fichier brut

valeur archivée = heure \times 1 000 000 + sonde
(s) (dm)

la reconstitution de l'heure de chaque sonde nécessite de combiner l'heure du top qui précède l'enregistrement (pour avoir les heures et minutes) et les premiers chiffres de la valeur archivée (pour avoir les secondes)

b) fichier reformaté :

valeur archivée = écart \times 1 000 000 + sonde + code/10
(s) (dm)

avec : écart : écart en temps entre l'heure de la sonde et l'heure du top (enregistrement de type 3) qui précède

code : code de sélection ou de numérisation :

- 0 : début de profil
- 1 : sonde au top (numérisation)
- 2 : point courant
- 3 : interruption d'enregistrement analogique
- 4 : reprise d'enregistrement analogique
- 5 : fin de profil
- 6 : top isolé (hors profil)
- 7 : sonde modifiée
- 8 : sonde insérée
- 9 : sonde invalidée ou non retenue

— données de marée :

heure (HHMM.SS, réel)

hauteur (cm, entier)

— données du gravimètre :

tableau des données enregistrées entre deux tops de localisation successifs

Nota : les conventions sont analogues à celles adoptées pour les sondes. L'unité adoptée est le milligal.

- données du magnétomètre :
format non défini.

A.2.3.4. Enregistrements de commentaires

- commentaires localisation :
nom du porteur (bâtiment ou embarcation, 8 caractères)
numéro du cahier de localisation (8 caractères)
variable disponible (8 caractères)
système géodésique (8 caractères)
projection (8 caractères : UTM NORD, UTM SUD, LAMBERT ou SANS si on utilise les coordonnées géographiques)
numéro de zone ou de fuseau (entier, 0 si on utilise les coordonnées géographiques)
- commentaires sondeur :
nom du porteur (bâtiment ou embarcation, 8 caractères)
numéro du cahier de sonde (8 caractères)
numéro de la bande de sonde (8 caractères)
variable disponible (8 caractères)
célérité instrumentale (en m/s, réel)
correction instrumentale d'immersion de la base (en mètres, réel)
inverse de l'échelle du choix de sonde (réel)
- commentaires marée :
origine des données de marée (8 caractères)
variable disponible (8 caractères)

- commentaires gravimètre :
nom du porteur (8 caractères)
numéro du cahier de gravimétrie (8 caractères)
numéro de la bande d'enregistrement analogique (8 caractères)
variable disponible (8 caractères)
coefficient d'étalonnage du gravimètre (réel)
retard du gravimètre (en secondes, réel)
variable disponible (réel)
- commentaires magnétomètre :
format non défini

A.2.4. REMARQUE

Les enregistrements de type 10x sont insérés après chaque enregistrement de type x correspondant. En général, les enregistrements de marée ne sont pas utilisés en temps réel; ils sont alors créés lors du reformatage, avec en principe une cadence identique à celle de la localisation. Après reformatage, l'ordre des enregistrements est normalement le suivant :

1, 2, 102, 4, 104, 6, 106, (8, 108, 10, 110),
n fois 3, 7, 5, (9, 11)

En cas de modification d'un des paramètres concernés, deux enregistrements de type x et 10x sont insérés avant les enregistrements de données affectés par la modification.

ANNEXE 3

DÉTECTION AUTOMATISÉE DES SONDES ANORMALES DANS UN LEVÉ RÉGULIER

A.3.1. INTRODUCTION

L'inventaire exhaustif des sondes anormales qui nécessiteront des investigations complémentaires est sans doute la phase la plus importante de l'exploitation d'un levé régulier. Les contraintes d'exécution des levés (maintien de l'infrastructure nécessaire à la localisation et à la détermination de la marée) imposent souvent d'établir cet inventaire au fur et à mesure de l'avancement du levé régulier. Si l'examen quotidien des bandes de sonde doit permettre d'identifier les relèvements les plus marqués, il se prête mal à l'exploitation rationnelle de l'ensemble des informations du levé régulier lorsque celui-ci est un peu étendu. En outre, toute révision des critères de sélection en fonction de la morphologie des fonds nécessite un nouvel examen des bandes de sonde.

Il a donc paru intéressant d'exploiter les possibilités offertes par l'automatisation de l'acquisition et du traitement des données pour mettre au point une méthode de détection automatique des sondes anormales à partir des fichiers de type ACQ issus d'un levé régulier. L'utilisation d'une marée prédite de bonne qualité, calculée avec les modèles disponibles à l'EPSHOM, permet de traiter les données sans attendre l'achèvement de l'exploitation des observations de marée.

L'analyse de la procédure et la mise au point des logiciels correspondants furent confiées en janvier 1988 à M. Gibaud, affecté à la mission scientifique du contingent. Cette étude n'ayant été achevée qu'en juillet, les logiciels n'avaient pas encore été testés sur un levé complet lors de mon départ.

A.3.2. PRINCIPE

Il s'agit de détecter les reliefs ou obstructions dont le levé régulier – caractérisé par un espacement donné des profils – ne fournit pas une description suffisamment précise. Ces structures sont caractérisées par au moins une sonde anormale, c'est-à-dire une sonde inférieure de plus de x % aux valeurs que l'on pourrait déduire des sondes voisines par interpolation. Le seuil x peut être ajusté en fonction des objectifs du levé, de la morphologie du fond et du potentiel disponible pour les recherches. L'automati-

sation de la procédure permet d'apprécier facilement l'influence du seuil retenu sur le nombre de recherches à effectuer. Inversement, le nombre de sondes anormales détectées pour un seuil donné fournit une indication sur l'adéquation de l'échelle du levé régulier à la morphologie réelle du fond.

Deux logiciels distincts ont été développés. Le premier – RECH_SOMMET – assure la détection des sondes anormales correspondant à un ensemble de fichiers ACQ reformatés et à une zone déterminée. Le second – TRACSOM – permet d'éditer et de visualiser à l'écran ou sur un tracé les sondes anormales relatives à une coupure donnée pour différentes valeurs du seuil, supérieures ou égales au seuil adopté pour la sélection initiale.

A.3.3. FONCTIONNEMENT DES PROGRAMMES

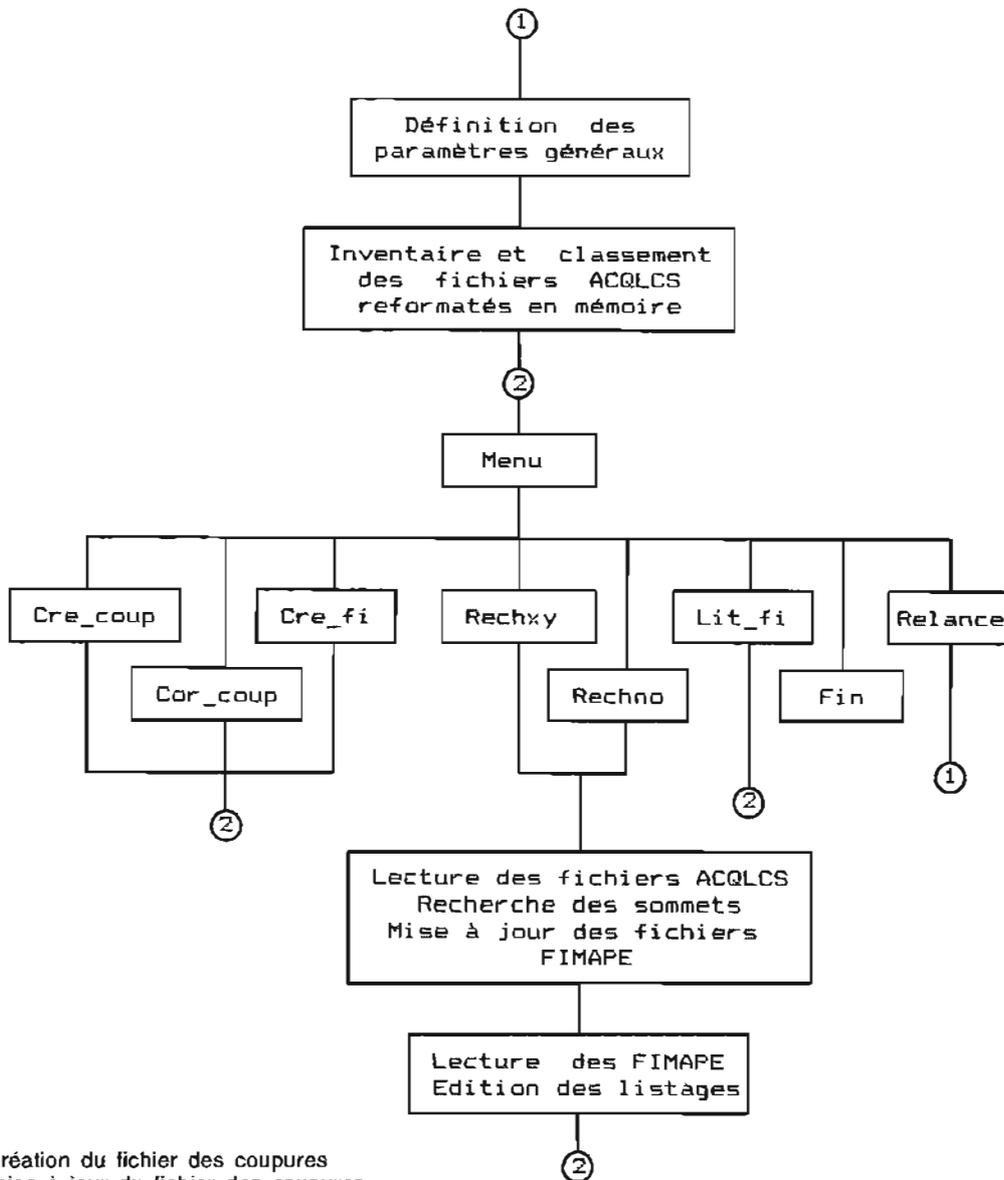
A.3.3.1. Recherche des sondes anormales

La figure 32 décrit l'organigramme simplifié du programme RECH_SOMMET.

Ce programme permet de traiter un ensemble de fichiers ACQ reformatés correspondant à des profils parallèles entre eux. Le classement des fichiers est basé sur les règles d'identification en vigueur à la MHA. Seuls les profils dont le baptême commence par P (profil régulier) ou I (profil intercalaire) sont traités. Ils sont classés dans l'ordre croissant des numéros qui doivent donc être attribués de telle sorte que deux numéros consécutifs correspondent à deux profils adjacents. Les fichiers associés à des reprises d'un profil donné (baptême obtenu à partir de celui du profil de base en ajoutant un suffixe de la forme n avec $n = 1$ à 9) sont regroupés et leurs points sont réordonnés dans le sens de parcours du profil de base.

Le seuil de détection est fixé par l'opérateur. La valeur par défaut est de 5 %. Les sondes anormales sont archivées dans des fichiers de type FIMAPE correspondant aux différentes coupures du levé. Outre les enregistrements descriptifs de la coupure considérée, les données archivées pour chaque sonde anormale sont les suivantes :

- abscisse et ordonnée de la sonde;
- valeur de la sonde;



Cre_coup : création du fichier des coupures
 Cor_coup : mise à jour du fichier des coupures
 Cre_fi : création des fichiers FIMAPE
 Rechxy : recherche des profils appartenant à une zone de recherche
 Rechno : recherche des profils par numéros
 Lit_fi : lecture des fichiers FIMAPE et édition des listages

FIG. 32. – Organigramme général du programme RECH_SOMMET

- date et heure de la sonde;
- numéro du profil correspondant;
- nombre de sondes voisines;
- surélévation minimum par rapport à l'interpolation entre les sondes voisines (en pourcentage de la sonde);
- indice de la sonde voisine dont la direction fournit la surélévation minimum;
- pour chaque sonde voisine :
 - abscisse, ordonnée et valeur de la sonde.

L'algorithme de recherche des sondes voisines et de calcul des surélévations est décrit au paragraphe A.3.4.

A.3.3.2. Visualisation des sondes anormales

Le programme TRACSOM permet de traiter un ou plusieurs fichiers FIMAPE relatifs à une coupure donnée élaborés par le programme RECH_SOMMET.

Un tableau à double entrée donne la répartition des sondes anormales en fonction de leurs surélévations absolue et relative minimum par rapport aux sondes voisines. 9×9 classes sont définies en déterminant, pour chacun des deux critères, neuf valeurs formant une progression géométrique entre les valeurs par défaut (30 cm et 5 %) et les valeurs maximum observées dans la coupure considérée.

Après examen de ce tableau, l'opérateur fixe les surélévations absolue et relative minimum retenues. Une grille donnant le nombre de sondes retenues par case de 10 cm × 10 cm (à l'échelle fixée par l'opérateur) est alors affichée à l'écran. Un tracé à l'écran ou sur traceur permet de visualiser les sondes retenues et les sondes voisines dans une zone définie par l'opérateur à partir de cette grille.

A.3.4. ALGORITHME DE DÉTECTION DES SONDES ANORMALES

La détection des sondes anormales est effectuée profil par profil. Une recherche le long du profil courant permet d'identifier les points hauts du profil. Chaque point haut est alors comparé aux sondes voisines des profils précédent et suivant.

A.3.4.1. Recherche des points hauts d'un profil

Soient

Sb la sonde courante du profil considéré,
 Sa la sonde précédente du profil,
 Sc la sonde suivante du profil,
 r la surélévation minimum fixée par l'opérateur (en %),
 Da la distance horizontale entre la position de la sonde courante et celle de la sonde précédente,
 Dc la distance entre la position de la sonde courante et celle de la sonde suivante.

L'estimation de la sonde courante à partir des sondes encadrantes du profil est donnée par la formule :

$$Se = \frac{Sa \cdot Dc + Sc \cdot Da}{Da + Dc}$$

La sonde Sb est un point haut du profil si les trois conditions suivantes sont réunies :

$$Sb < Se (1 - r/100)$$

$$Sb < Sa \text{ et } Sb < Sc$$

La surélévation relative dans la direction du profil est alors donnée par la relation

$$dp = (Se - Sb) / Sb$$

A.3.4.2. Comparaison avec les profils adjacents

Lorsqu'un point haut a été identifié sur un profil, on détermine sur chacun des profils adjacents les deux sondes dont les positions encadrent le pied de la perpendiculaire au profil considéré. On vérifie d'abord que la sonde du point considéré est inférieure à toutes les sondes voisines.

Soit Sv1 l'une des sondes voisines ainsi définie. Si les sondes voisines de l'autre profil adjacent sont du même côté de la droite joignant les positions des sondes Sv1 et Sb, on choisit celle qui est la plus proche de cette droite, soit Sv2.

Soient d1 et d2 les distances entre les positions des sondes Sb et Sv1, Sb et Sv2.

L'estimation de la sonde courant Sb à partir des sondes voisines Sv1 et Sv2 est donnée par la formule :

$$Se = \frac{Sv1 \cdot d2 + Sv2 \cdot d1}{d1 + d2}$$

Si les sondes voisines de l'autre profil adjacent sont situées de part et d'autre de la droite joignant les positions des sondes Sv1 et Sb, l'estimation est effectuée en deux temps :

soient Sv2 et Sv3 les sondes voisines de l'autre profil adjacent,

d2 et d3 les distances entre les positions des sondes Sb et Sv2, Sb et Sv3,

$$Se1 = \frac{Sv2 \cdot d3 + Sv3 \cdot d2}{d2 + d3}$$

$$de = (d2 + d3) / 2$$

$$Se = \frac{Sv1 \cdot d2 + Se1 \cdot d1}{d1 + de}$$

La sonde Sb est retenue si elle vérifie pour toutes les sondes voisines Sv la condition :

$$Sb < Sv$$

et $Sb < Se (1 - r/100)$

La surélévation relative dans la direction définie par Sv est donnée par la relation :

$$dp = (Se - Sb) / Sb$$

L O U I S - J E A N
avenue d'Embrun, 05003 GAP cedex
Tél. : 92.53.17.00
Dépot légal : 688 — Octobre 1992
Imprimé en France

AVIS AUX AUTEURS

Les auteurs sont priés de se conformer aux indications suivantes :

Texte

1) Les manuscrits doivent être remis dactylographiés de préférence avec double interligne et sur le recto seulement de feuilles format 21 × 29,7 cm.

2) Les noms propres, les noms de lieu et les noms d'instruments doivent être écrits en bas de casse (minuscules) avec la première lettre en capitale (majuscule).

Par exception à la règle ci-dessus, les noms propres sont écrits en capitales dans la bibliographie.

Les noms de navires, les références à des ouvrages et les noms des espèces animales ou végétales doivent être écrits en italique ou soulignés d'un trait continu.

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 en anglais.

5) Les références bibliographiques seront groupées à la fin du manuscrit ; elles seront classées dans l'ordre d'apparition dans le texte. Ces références comporteront : nom de l'auteur, initiales des prénoms, date, titre complet de l'article, titre du périodique abrégé selon les règles internationales, volume, pagination complète.

6) Les manuscrits dactylographiés et les planches ne doivent pas excéder 25 pages.

Illustration

1) Les dessins doivent être exécutés à l'encre de Chine sur papier calque de préférence, sinon sur bristol ou carte grattage (les tirages Ozalid, photocopies ou tout autre moyen de reproduction ne peuvent être acceptés).

2) Ils doivent être envoyés roulés ou à plat, mais jamais pliés.

3) Ils peuvent être présentés à grande échelle ; des réductions, exécutées par l'atelier de photographie, les ramèneront au format exigé de la publication : 16,5 × 25 cm ; ils ne devront en aucun cas être présentés à une échelle nécessitant un agrandissement. Lettres et chiffres seront écrits soigneusement et suffisamment grands pour qu'ils demeurent facilement lisibles une fois la réduction effectuée. Il est demandé de tenir compte dans la préparation des planches de la présentation du texte sur deux colonnes.

4) Pour les cartes et plans, il convient de faire figurer une échelle linéaire dont l'unité de mesure sera évidemment indiquée, et de ne pas mentionner d'échelle numérique susceptible d'être modifiée par réduction du cliché.

Tirés à la suite

Les auteurs d'une même communication reçoivent collectivement vingt-cinq exemplaires de leur article. Les tirés à la suite supplémentaires doivent être commandés à l'envoi du manuscrit en précisant le nombre d'exemplaires ainsi que l'adresse à laquelle doivent être envoyées les factures.

SOMMAIRE

	Pages
Premlère partie	
Le Dépôt des cartes, plans et journaux de la Marine sous l'Ancien Régime (1720-1789), par M. B. LE GUIQUET, Ingénieur en Chef des Études et Techniques d'Armement (e.r.).....	5
Étude de la doctrine d'emploi du sonar d'exploration hydrographique marine (SEHM), par M. J.M. CHIMOT, Ingénieur Principal de l'Armement (hydrographe).....	33
Passage de la marée au-dessus d'un talus en océan stratifié, par M ^{me} A. PICHON, Service Hydrographique et Océanographique de la Marine et M. R. MAZÉ, Laboratoire de Physique des Océans, Université de Bretagne Occidentale.....	65
Deuxième partie	
Mission Océanographique de la Méditerranée (6 octobre 1985 – 1 ^{er} septembre 1988), par M. J.C. GAILLARD, Ingénieur Principal de l'Armement (hydrographe).....	89
Mission Hydrographique de l'Atlantique (12 octobre 1987 – 7 septembre 1988), par M. G. BESSERO, Ingénieur Principal de l'Armement.....	167