

Annales Hydrographiques

5^e série - vol. 22

N°769

150 ANS D'ANNALES
HYDROGRAPHIQUES

1848 - 1998



150 ANS

D'ANNALES

HYDROGRAPHIQUES



5^e Série - Vol. 22 - 1998

N° 769

© S.H.O.M. 1998 — Tous droits réservés.

ISBN 2-11-088219-0

ANNALES HYDROGRAPHIQUES

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Introduction/ <i>Introduction</i>	3
Rétrospective de l'hydrographie française, <i>par J. BOURGOIN</i>	5
• Annexe 1 : chronologie d'événements ou inventions intéressant directement ou indirectement l'hydrographie française	23
• Annexe 2 : chronologie des travaux hydrographiques français de 1800 à 1997	29
Les annales hydrographiques, <i>par J. BOURGOIN</i>	35
• Morceaux choisis des annales hydrographiques avant 1900	52
Aperçu sur le personnel du service hydrographique et océanographique de la marine. Ses fonctions, son recrutement, sa formation, <i>par F. MILARD</i>	91
Le personnel du SHOM en 1998, <i>par J.-C. GUYON</i>	107
Quelques figures marquantes du corps des ingénieurs hydrographes, <i>par</i> <i>A. COMOLET-TIRMAN</i>	113
• Annexe : liste des ingénieurs hydrographes	129
Levés hydrographiques et campagnes océanographiques : évolution, état de l'art et perspectives, <i>par J.-M. CHIMOT, P. MOUSCARDÈS, H. BISQUAY, P. GRENARD et</i> <i>Y. GUILLAM</i>	133
• Annexe : description des campagnes océanographiques réalisées par le SHOM durant les vingt dernières années	170
Évolutions scientifiques et techniques du service hydrographique, <i>par M. LE GOUIC</i>	179
Le service hydrographique français et la coopération nationale, <i>par P. SOUQUIÈRE</i>	213
Le service hydrographique français et la coopération internationale en hydrographie, <i>par J.-N. PASQUAY</i>	223
Perspectives/ <i>Perspectives</i>	239

INTRODUCTION

Ingénieur général de l'armement François MILARD
Directeur du service hydrographique et océanographique de la marine

C'est en 1848, il y a donc cent cinquante ans, qu'est paru le premier numéro des annales hydrographiques. La décision de réaliser à cette occasion ce numéro spécial n'a pas été prise pour sacrifier à la manie des commémorations dont la multiplication abusive agace quelque peu. Il se trouve, hasard du calendrier, que cet anniversaire coïncide avec l'année internationale de l'océan et suit de peu le 25^e anniversaire de la transformation du service central hydrographique en service hydrographique et océanographique de la marine, le SHOM, intervenue en 1971.

J'ai donc estimé que cette conjonction méritait quelques réflexions sur notre histoire et sur le chemin parcouru.

Les contributions réunies dans ce numéro ne se limitent pas strictement aux cent cinquante dernières années. Pour autant, elles ne sauraient prétendre à l'exhaustivité. Cela aurait représenté une tâche considérable dont la seule bonne volonté n'aurait pu venir à bout dans des délais raisonnables. Le parti pris est celui de quelques coups de projecteur correspondant aux sujets d'intérêt de ceux qui ont bien voulu répondre aux sollicitations du comité de rédaction, tout en s'efforçant de ne passer sous silence aucun thème important.

Trois anciens directeurs du service ont accepté de mobiliser leur mémoire et leur temps pour contribuer à ce numéro, renouant ainsi avec une revue qu'ils ont « alimentée » à plusieurs reprises au cours de leur carrière. Nul n'était mieux placé que l'ingénieur général Jean Bourgoin pour rappeler le cadre historique de l'action du service, depuis les lointaines origines de l'école de Dieppe jusqu'à la création du centre militaire d'océanographie. Il a en outre accepté le redoutable devoir d'analyse originale de 150 ans d'annales hydrographiques. Il a su en extraire un tableau vivant et riche et identifier des pistes de recherches plus approfondies. Le « patchwork » de morceaux choisis de l'époque ancienne (de 1848 à 1900), qu'il a également constitué, illustre de manière magistrale la vision si différente de la nôtre que les marins et les hydrographes de cette période ont eue des pays qu'ils exploraient et de leurs habitants. L'ingénieur général André Comolet-Tirman a pris le risque de mécontenter quelques-uns de ses pairs en sélectionnant parmi les 153 ingénieurs hydrographes affectés au service de 1814 à 1969 quelques grandes figures de l'hydrographie française. Son choix est naturellement judicieux. Les éléments qu'il a su réunir et exploiter avec art invitent non seulement à en savoir plus sur les ingénieurs du SHOM, mais aussi à explorer les archives des autres catégories de personnel

It was in 1848 - exactly a hundred and fifty years ago - that the first issue of the " Annales Hydrographiques " was published. The decision to make this special issue on that occasion was not taken to conform to the fashion of commemorating which annoys somewhat as it becomes excessive. Owing to the hazards of the calendar this anniversary happens to coincide with the International Year of the Ocean and closely follows the twenty-fifth anniversary of the transformation of the " Service Central Hydrographique " into the " Service Hydrographique et Océanographique de la Marine " (SHOM) which occurred in 1971.

Thus I considered that this conjunction deserved a few thoughts on our history and the distance covered.

The contributions collected in this issue are not strictly limited to the one hundred and fifty past years. Yet they cannot be seen as exhaustive. It would have represented such a considerable task that good will alone could not have succeeded in completing it in due course. The deliberate choice is to spotlight only the subjects interesting those who were kind enough to answer the requests of the editorial board while striving not to ignore any major theme.

Three former Hydrographers have accepted to summon up their memories and time to contribute to this issue, coming back to a journal they had already " fed " on several occasions during their career. No one was in a better position than Ingénieur Général Jean Bourgoin to set the historical background of the Service action, from the distant origins of the " Ecole de Dieppe " to the establishment of the " Centre Militaire d'Océanographie ". Moreover, he accepted the formidable task to analyse for the first time one hundred and fifty years of " Annales Hydrographiques ". He managed to draw out a very rich and vivid picture, identifying directions for more thorough researches. The " patchwork " of selected passages from the old days (from 1848 to 1900), he has also prepared, masterfully illustrates how differently from us mariners and hydrographers of that time perceived the countries they explored and their inhabitants. Ingénieur Général André Comolet-Tirman took the risk to displease some of his peers by selecting among the one hundred and fifty three hydrographers assigned to the Service from 1814 to 1969 a few major characters of French hydrography. His selection is obviously judicious. The elements he was able to gather and exploit artfully invite not only to understand more about SHOM engineers but also to explore the archives of other personnel categories in the Service. I am also

du service. Je suis enfin reconnaissant à l'ingénieur général Jean-Nicolas Pasquay d'avoir proposé de traiter le sujet de la coopération internationale en hydrographie. Son article montre, si besoin en était, que la coopération n'est pas une préoccupation récente des hydrographes français mais qu'ils agissent depuis longtemps dans ce domaine avec pragmatisme et efficacité.

Les autres articles ont été rédigés par des ingénieurs en activité. L'ingénieur général Patrick Souquière a bien voulu dresser un panorama de la coopération nationale, dont la matière est également ancienne et abondante. L'article sur le personnel du SHOM, que j'ai rédigé, rappelle la composition et l'organisation de la principale ressource du service et quelques grandes étapes de leur évolution. Il est complété par un article de l'ingénieur en chef Jean-Claude Guyon sur la situation actuelle des effectifs du SHOM. L'article sur les levés hydrographiques et les campagnes océanographiques réunit des contributions de messieurs Hervé Bisquay, Yves Camus, Jean-Marc Chimot, Patrick Grenard, Yves Guillam et Pierre Mouscardès. Il décrit les techniques mises en œuvre par le SHOM, pour les travaux à la mer nécessaires à l'exercice de ses attributions, et leurs évolutions récentes. A travers quelques campagnes de la période récente, il montre les progrès technologiques réalisés tout en soulignant que le succès de ces opérations à la mer repose autant sur les performances des équipements que sur la compétence et la persévérance du personnel qui les met en œuvre. Les hydrographes se sont toujours attachés à améliorer leurs méthodes et leurs moyens afin de satisfaire les besoins des usagers de la mer et surtout d'anticiper leur évolution. Ils ont ainsi largement contribué aux développements scientifiques liés à la connaissance de l'océan que ce soit en matière d'instrumentation, de compréhension ou de modélisation. Enfin, l'article rédigé par l'ingénieur en chef Michel Le Gouic illustre 150 années d'évolutions et parfois de révolution en matière de « recherche et développement ».

Je remercie vivement les auteurs qui ont consacré beaucoup de temps et d'effort à ce numéro, malgré leurs multiples occupations professionnelles ou personnelles. Je remercie également les autres ingénieurs qui ont assisté le comité de rédaction, notamment les ingénieurs généraux Marc Eyriès et Pierre Mannevy, ainsi que tous ceux qui, à la direction du SHOM comme à l'établissement principal du SHOM, ont contribué à la préparation et à l'impression de ce numéro spécial des annales hydrographiques.

grateful to Ingénieur Général Jean-Nicolas Pasquay for proposing to deal with the subject of international cooperation in hydrography. His article shows, if needed, that cooperation is not a recent concern of French hydrographers but that they have been acting in this field pragmatically and efficiently for quite a long time.

The other articles have been written by engineers on active duty. Ingénieur Général Patrick Souquière was so kind as to draw up a panorama of national cooperation which provides also ancient and abundant material. The article about SHOM staff which I have written recalls the composition and organization of the main resource of the service and a few major phases in their evolution. It is supplemented by the article of Ingénieur en Chef Jean-Claude Guyon about the current situation of SHOM workforce. The article on hydrographic surveys and oceanographic campaigns has been jointly authored by Messrs Hervé Bisquay, Yves Camus, Jean-Marc Chimot, Patrick Grenard, Yves Guillam and Pierre Mouscardès. It describes the techniques used by SHOM for the operations at sea required to fulfil its aims and their recent evolutions. Through the examples of a few recent campaigns it shows the technological progress achieved and at the same time stresses that the success of these operations at sea is based as much on equipment performance as on the competence and perseverance of the personnel who operates them. Hydrographers have always strived to improve their methods and means so as to meet the requirements of seafarers and above all anticipate their evolution. Thus, they have largely contributed to the scientific development associated with the knowledge of the Ocean, be it in the instrumentation, comprehension or modelling fields. Finally the article written by Ingénieur en Chef Michel Le Gouic illustrates some 150 years of evolution and sometimes revolution in the "research and development" area.

I gratefully thank the authors who have devoted much time and energy to this issue in spite of their own numerous professional or private pursuits. I also thank all the other engineers who have assisted the editorial board, specially Ingénieurs Généraux Marc Eyriès and Pierre Mannevy, as well as all those who at SHOM Head Office and Main Establishment have taken part in the preparation and the printing of this special issue of the "Annales Hydrographiques".

RÉTROSPECTIVE DE L'HYDROGRAPHIE FRANÇAISE

Jean BOURGOIN

Ingénieur général de l'armement (hydrographe) (2^e S)

IL ÉTAIT UNE FOIS UNE ÉCOLE D'HYDROGRAPHIE A DIEPPE

Jusqu'au 15^e siècle, les marins de l'Europe du nord et de l'ouest firent reposer leur navigation sur des ouvrages d'instructions nautiques plutôt que sur des cartes. Les « *routiers de mer* », qu'une traduction corrompue transformait en anglais en « *rutters* », contenaient le savoir accumulé par des générations de marins sur la description des côtes et des accès aux mouillages et aux ports, sur les bancs et les hauts-fonds, sur les amers et sur les courants. Des vues des côtes gravées sur bois complétaient les descriptions. Dans la deuxième moitié du 15^e siècle, l'usage de cartes marines, analogues aux portulans méditerranéens, avec leurs rhumbs et roses, se répandit en Europe.

En France, c'est à Garcie dit Ferrande, pilote de Saint-Gilles-sur-Vie, que revient sans doute le mérite d'avoir établi le premier document nautique. Son recueil de croquis, spécialement exécutés en vue de la reconnaissance des côtes par les marins, intitulé « *Grand routier, pilotage et encrage en mer* », conçu en 1483 et imprimé seulement en 1520, connut un succès extraordinaire jusque vers la fin du 16^e siècle. Son auteur avait compris que « *ce qu'il fallait à l'ignorance du matelot, c'était un dessin figuré du rivage, la représentation palpable des amers qu'on pouvait reconnaître facilement du large* ». L'ouvrage renseignait donc sur les mouillages, l'orientation des chenaux et la nature des fonds, répondant ainsi aux besoins courants des navigateurs armés d'une ligne de sonde et d'une boussole. Garcie dit Ferrande continuait la tradition portulane d'une cartographie marine en bande dessinée et commentée, une forme de document nautique qui ne se perdit jamais et aboutit à la moderne instruction nautique avec ses vues de côtes.

Dieppe fut à la fin du 15^e siècle le berceau d'une École d'hydrographie privée d'une grande renommée. Les pilotes dieppois rapportaient de leurs expéditions lointaines des informations qu'un prêtre du village d'Arques, nommé Pierre Desceliers, eut l'idée de mettre en forme dans un enseignement pratique. Fils d'un archer du château d'Arques, il naquit en 1487 et mourut après 1553. La tradition en fait le premier auteur de cartes marines en France et le fondateur de l'hydrographie française. Il est probable qu'il était pourvu d'une commission royale l'autorisant à délivrer aux navigateurs un brevet de capacité. On connaît de lui un planisphère sur velin en quatre feuilles, de 1550. Le fait que, sous le règne de François 1^{er}, le roi d'Angleterre ait pris à son service l'hydrographe dieppois Jean Roze, ou

bien encore que, lors de son fameux voyage autour du monde, Francis Drake embarquât deux peintres cartographes dieppois pour représenter les côtes, atteste la réputation de l'École de Dieppe. L'École dieppoise fournit à la marine royale de l'époque ses meilleurs pilotes : Guillaume Le Testu, Jean Cossin, Jacques de Vaulx, Guillaume Le Vasseur, Pierre de Vaulx, Jean Guérard. Ils étaient aussi de brillants cartographes, tels : Jean Cossin, avec son originale projection sinusoïdale ; Guillaume Vasseur, auteur d'un important « *Traité de la géographie ou art de naviguer* », et surtout promoteur des « *cartes réduites* » (1601) établies sur un canevas de latitudes croissantes¹ ; Jean Guérard, auteur d'un « *traité de la navigation* », et peut-être le découvreur de l'inclinaison magnétique. Ces navigateurs, explorateurs, commerçants, cartographes tout à la fois, sont aussi des témoins de leur temps. Leurs cartes nous rappellent les fondations de la « *France antarctique* » au Brésil et du village de Québec, par Champlain en 1608, la fréquentation du Spitzberg par les pêcheurs de baleines basques. Leurs routes recoupaient celles des Portugais et des Hollandais, et leurs informations aussi. Les succès des marins dieppois furent cependant mal exploités et il faut reconnaître que les Hollandais récupérèrent à leur profit et jusque vers le milieu du 17^e siècle les résultats de leur magnifique effort hydro-cartographique. Peuple de marins, les Hollandais avaient aussi un goût marqué pour les arts graphiques et le commerce.

Avec l'École de Dieppe, le coup d'envoi de la carte marine est donné en France. Sa contribution à l'établissement d'une cartographie à très petite échelle des côtes du globe, - avec la seule aide de la boussole, du loch et du quadrant -, malgré ses insuffisances, est une initiative sans équivalent dans le domaine terrestre, à l'époque. Elle a stimulé l'effort de représentation de la sphère terrestre et de mensuration des dimensions de la Terre.

QUAND COLBERT RÊVAIT D'UN SERVICE HYDROGRAPHIQUE

La continuité du savoir faire hydrographique de l'École dieppoise fut assurée par une dynastie de prêtres qui succédèrent à Desceliers (Breton, Prescott, Cauderon, Denis). Sous l'administration du Cardinal de Richelieu, des « *Ingénieurs* », recrutés en majorité parmi les Dieppois, furent officiellement chargés d'étudier les côtes de France avec des directives bien vagues, il est vrai (« *Ils feront les descriptions des côtes et hauteurs des isles* »), et des moyens financiers très réduits

(1) « Les chartes géographiques requérant toujours les droictes lignes, à cause du pointage et de la rose des vents, et que les méridiens et les parallèles fassent toujours angles égaux aux angles d'atouchement du globe, il est nécessaire que les degrez de latitude augmentent leur longueur à mesure que leurs parallèles raccourcissent ».

(950 livres !). Pour accomplir son grand dessein d'expansion de la France, Colbert créa en 1666 l'Académie des Sciences (*la Royal Society* avait été créée en 1660) et chargea en 1669 l'astronome Jean-Dominique Cassini, réputé pour ses travaux sur la détermination des longitudes, de diriger l'Observatoire de Paris. Poursuivant et renforçant l'action de Richelieu, Colbert associa l'hydrographie à l'immense effort qu'il déploya pour réorganiser la Marine. En 1661, il prit au compte de son département l'École d'hydrographie de Dieppe et la création d'établissements analogues dans d'autres ports (Toulon, Bayonne, Le Havre, Brest, Rouen, Le Croisic, Marseille), où essaimèrent les pilotes dieppois. « *Le Roy veut qu'il soit fait une description exacte de toutes les côtes du Royaume* », avait dit Colbert. Pour y parvenir, il fit appel à des officiers capables de lever des plans et à des ingénieurs experts en travaux maritimes. C'est ainsi que furent effectuées les premières missions hydrographiques sur les côtes nord, ouest et sud de France, ainsi que celles d'Espagne et d'Italie, pendant la période des années 1670. Selon l'expression de Colbert, ces « *ingénieurs de la Marine* » et leurs adjoints « *Maîtres d'hydrographie* » devaient être parfaitement au courant des « *travaux à faire contre les efforts de la mer, capables de bien reconnoître les ports et de nous faire des cartes de toutes les costes* ». En 1689 les missions furent interrompues et la moisson de leurs travaux fut mise en forme et publiée par Charles Pène en 1693, - dix ans après la mort de son promoteur, Colbert -, dans un atlas sous l'appellation de « *Neptune François* », « *description exacte de toutes les côtes de la mer Océane, et de la mer Baltique, depuis la Norwege jusques au détroit de Gibraltar, où sont exactement marquées les routes qu'il faut tenir, les bancs de sable, rochers et brasses d'eau ; et généralement tout ce qui concerne la navigation* »². Ainsi qu'il était dit dans la préface : « *Après tout ce que le Roy a fait pour mettre la Marine dans l'estat florissant où elle est aujourd'huy, il ne manquait à la perfection de ce grand ouvrage que des cartes fidèles. Et pour y parvenir, Sa Majesté a non seulement établi une Académie composée des plus grands scavants Mathématiciens et Astronomes, qui ont déterminé par leurs observations, les latitudes et les longitudes des principaux lieux de la terre ; mais elle a en même temps employé plusieurs habiles Ingénieurs et Pilotes, à lever les côtes, tant de son Royaume que des Pays Etrangers, et a fait ramasser de toutes parts, les Cartes et Mémoires qui pouvaient servir à ce dessein. Sur ces déterminations de latitude et de longitude, et sur ces Cartes et Mémoires on a dressé ce recueil que sa Majesté a bien voulu qu'on donnât au public. On y a apporté tout le soin et l'exactitude possible, et on a tâché de ne rien omettre de ce qui en pouvait rendre l'usage plus facile* ».

De fait le « *Neptune François* » connut un grand succès... non pas en France, mais à l'étranger. Il fut jugé supérieur à son rival anglais, le « *Great Britain Pilot* », publié la même année, et recopié et publié également la même année par les Hollandais. On retiendra en particulier qu'il bénéficia de la projection de Mercator et du canevas astronomique, établi par Picard et La Hire dans

L E
NEPTUNE FRANCOIS,
O U
ATLAS NOUVEAU
DES
CARTES MARINES.
LEVÉES ET GRAVÉES PAR ORDRE EXPRÉS DU ROY.
POUR L'USAGE DE SES ARMÉES DE MER.

Dans lequel on voit la description exacte de toutes les Côtes de la Mer Océane, & de la Mer Baltique, depuis la Norwege jusques au Detroit de Gibraltar. Où sont exactement marquées les routes qu'il faut tenir, les Bancs de sables, Rochers & Brasses d'eau ; & généralement tout ce qui concerne la Navigation.

Le tout fait sur les observations & l'expérience des plus habiles Ingénieurs & Pilotes.

Reçu & mis en ordre par les Sieurs PENE, CASSINI & autres.



A PARIS,

Chez HUBERT JAILLLOT aux deux Globes.

M. DC. LXXXIII.

AVEC PRIVILEGE DU ROY.

Le Neptune François

les années 1670-1680 à partir de l'observation des satellites de Jupiter, lequel avait changé de façon spectaculaire le tracé des côtes de France. La superficie du Royaume s'en était trouvée diminuée, ce dont le Roi s'était amusé. Les éditions successives du Neptune, en 1753 et 1773, profitèrent pour les côtes de France du premier réseau de triangulation primordiale, qui fut présenté à l'Académie des Sciences en 1745. Cependant, pour un usage militaire - pressant à cause de l'insécurité des côtes françaises pendant tout le 18^e siècle - il était indispensable d'établir d'autres documents à grande échelle (1/14 400), et secrets, donc manuscrits. C'est ce à quoi s'employèrent les ingénieurs géographes, à partir de 1771, qui établirent de très beaux documents topographiques d'une bande côtière d'une partie du littoral français. Il y manquait malheureusement des données bathymétriques pour en faire des documents hydrographiques. Cette cartographie servit à Beaupré lorsqu'il entreprit le levé des côtes de France en 1816.

LA LONGUE HISTOIRE DU SERVICE HYDROGRAPHIQUE

[Voir : [Annexe 1](#) : Chronologie d'événements ou inventions intéressant directement ou indirectement l'hydrographie française ;

[Annexe 2](#) : Chronologie des travaux hydrographiques français de 1800 à 1997]

(2) L'échelle des cartes des côtes de France était voisine de 1/ 100 000.

Les instruments de la découverte des côtes du globe et de leur cartographie

De tout temps, le problème le plus important qu'ait eu à résoudre le navigateur est celui de la détermination de sa position sur le globe terrestre. Schématiquement, pour y parvenir, deux méthodes sont envisageables :

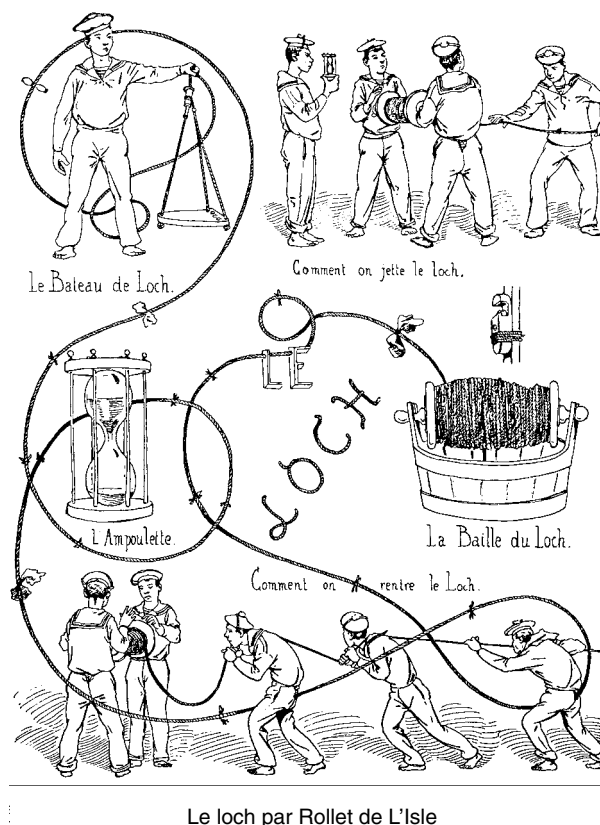
- partant d'un point connu, le navigateur estime sa vitesse et son cap, ce qui lui permet de fixer sa position à tout moment : c'est le procédé de l'« *estime* » ;
- il peut aussi s'appuyer sur les données de l'estime mais en les corrigeant par des observations astronomiques, si leur précision est supérieure à celle de l'estime.

L'estime :

Jusqu'à la fin du 18^e siècle, toutes les grandes navigations furent faites à l'estime, rectifiée par l'observation de la latitude. L'estime permettait, à partir de la mesure de la vitesse et du cap, d'évaluer la route parcourue en 24 heures, le « *travail de la journée* » comme disaient les marins anglais. Mais comment mesurait-on ces paramètres ?

Le gabier comptait le nombre de noeuds de la ligne de loch qui filaient entre ses mains, le temps que s'écoule en 30 secondes, la coquille d'oeuf pulvérisée contenue dans le sablier. Il obtenait ainsi directement sa vitesse en noeuds (milles par heure). La rusticité de cette opération ne doit pas faire perdre de vue qu'elle posait l'important problème des unités de mesure de longueur et leur rattachement à la valeur du rayon terrestre. En France, jusqu'à l'adoption officielle du système métrique en 1799, l'unité de mesure était la « *toise de Paris* » dont l'étalon était matérialisé par la « *toise du Châtelet* » (1,95 m) où les drapiers étaient tenus de comparer leurs règles de mesure. La mesure par Picard de l'arc de méridien Paris-Amiens (1669-1671) précisa la valeur de la minute sexagésimale. Elle marqua le point de départ d'une longue controverse sur la forme de la Terre, qui se développa pendant toute la première moitié du 18^e siècle. Pour départager les partisans de l'allongement et ceux de l'aplatissement, il fallut attendre les résultats des campagnes de Bouguer, La Condamine, au Pérou (1735-1744) et Maupertuis, en Laponie (1736-1737). Comme l'avait prédit Newton, le globe terrestre était bien un ellipsoïde aplati, ce dont les marins eurent à tenir compte dans le calcul des latitudes croissantes de leur chère projection de Mercator. Les valeurs systématiquement minimisées de l'unité de mesure³ voulaient tenir compte, il est vrai, de l'entraînement par le navire de l'« *eau morte* » qui l'entourait ; elles faisaient aussi la part de l'accélération, au cours du temps, de la durée d'écoulement des sabliers à cause de l'usure des grains. Ces derniers pouvaient être étalonnés grâce à des pendules battant la demi-seconde ; mais prenait-on ces précautions ? Au total, pendant tout le 18^e siècle, des erreurs moyennes systématiques importantes affectaient la mesure des vitesses qui faisaient souvent parcourir plus de route aux navires que

dans la réalité ; les pilotes en étaient souvent conscients en pensant que c'était là le moyen de prévenir les dangers. Ainsi s'explique, au moins en partie, la persistance d'errements anciens. A la fin du siècle apparurent des lochs mécaniques à moulinet, beaucoup plus fiables et précis. La « *machine approuvée par l'Académie pour mesurer la vitesse des eaux et des bateaux* » (le tube de Pitot), inventée en 1732, ne connut aucune application à la mer au 18^e siècle. Et que dire de la référence de temps, la seconde de temps moyen ? Elle ne posait pas de problème à la fin du 18^e siècle, compte tenu de la précision requise sur la vitesse.



La mesure du cap était soumise à l'imperfection des boussoles... et aux préjugés. « *Des mariners sont si ignorants qu'ils sont persuadés que leur aiguille regarde toujours le nord* », déclare le Père Fournier dans son « *Traité d'hydrographie* » (1643), en trouvant « *la chose impertinente et ridicule* ». L'amélioration des compas et la mesure des variations furent à plusieurs reprises l'objet de prix de l'Académie, mais la question ne fut pratiquement bien résolue que vers 1775.

L'estime ne tenait pas compte de la dérive due aux courants généraux, qui ne furent réellement connus qu'au 19^e siècle. Pendant tout le 18^e siècle, la navigation à l'estime demeura fort imprécise, tout au moins en longitude, entraînant sur des traversées de l'Atlantique nord des erreurs pouvant atteindre ou même dépasser

(3) Elles permirent au capitaine de vaisseau Radouay d'affirmer en 1727 que la ligne de loch des pilotes était 1/8 trop petite, ce qui augmentait d'autant, en apparence, la vitesse des navires. En 1750, Chabert se plaint de ce que « *quantité de pilotes donnent encore 41 pieds 8 pouces au noeud au lieu de 47 pieds 7 pouces, mesure que le ministre Maurepas a pourtant prescrit d'adopter* ». En 1781, l'hydrographe Gaigneur, dans son « *Pilote instruit* », dénonce encore les valeurs de la ligne loch utilisées par les navigateurs, comprises entre 42 et 45 pieds, alors que la valeur jugée exacte est de 45 pieds 6 pouces.

la demi-douzaine de degrés de longitude. En ce qui concerne les périodes antérieures, le Père Fournier déclare avec sagesse que lorsque l'écart entre les latitudes observées et estimées devenait trop grand, le mieux était de s'en remettre au « *saint patron du navire* ». Il nous apprend aussi, dans son « *Traité d'Hydrographie* », qu'en 1643 la marée est « *le mystère le plus grand qui soit dans la marine* », tout en pensant que « *la lune soulève des choses humides et les éléments* ». La théorie des marées fut élaborée par Newton, Bernouilli et Laplace et le premier annuaire de marée, publié en France, le fut en 1839.

Le point astronomique

Il faut distinguer les deux problèmes de la latitude et de la longitude. Depuis très longtemps les marins savaient déterminer approximativement leur latitude par des observations de hauteurs méridiennes (soleil, étoiles) ou de la hauteur de la Polaire. A la fin du 16^e siècle, Bourne avait en effet dressé des tables donnant la déclinaison du soleil et de quelques étoiles ; Wright, vers 1610, avait établi des tables de correction de hauteur de la Polaire pour différentes orientations du segment Polaire - β Petite Ourse. Ces méthodes furent largement utilisées et complétées, après 1753 (année de la publication du « *Traité de la navigation* » de Bouguer), par celle des circumméridiennes, qui permettait d'observer le soleil quelques heures avant ou après son passage au méridien.

La détermination de la longitude posait un problème d'une toute autre difficulté. La détermination exacte de la longitude fut la préoccupation majeure du monde savant s'occupant de la navigation au 18^e siècle. Les difficultés techniques et scientifiques à surmonter ne permirent d'aboutir à la solution définitive du problème que dans le dernier quart du siècle. L'objectif fut désigné à peu près dans les mêmes termes et simultanément en France et en Angleterre. En 1714, un Acte du Parlement anglais offrit des prix de valeurs croissantes pour des déterminations de la longitude en mer de précisions respectives 1°, 2/3°, 0,5° après une traversée de 42 jours (correspondant à la durée moyenne des traversées de l'Atlantique ou de l'océan Indien). Des prix analogues furent proposés en France par l'Académie des Sciences, sur des fonds privés, tel le legs en 1715 de Rouillé de Meslay. Le problème de la détermination de la longitude consiste à trouver l'angle entre deux méridiens, dont l'un est considéré comme le méridien origine. On sait que cet angle est égal à la différence des heures locales (heure au méridien inconnu moins heure au méridien origine). Il est facile en principe de connaître l'heure locale, mais il faut avoir au même instant celle au méridien origine. Les principales solutions du problème firent appel à l'observation des éclipses et des distances lunaires, et finalement au chronomètre.

La *méthode des éclipses* est basée sur l'observation de phénomènes astronomiques instantanés en deux points différents où sont connues les heures locales, ce qui donne directement la différence de longitude. Les éclipses de lune ou de soleil sont trop rares pour avoir été utilisées couramment (elles donnaient une précision sur la longitude de 1° environ). Par contre, la mesure de la longitude au moyen des éclipses des satellites de Jupiter fut largement développée au 18^e siècle. La

méthode n'était cependant pas sans inconvénient. Il y avait des périodes de trois mois pendant lesquelles, Jupiter étant trop près du soleil, on ne pouvait observer les éclipses. Mais surtout l'observation des émergences ou immersions des satellites demandait des lunettes de grossissement 40 (c'est d'ailleurs Galilée qui avait découvert en 1610 les satellites de Jupiter avec la lunette qui porte son nom) ; autrement dit, il était pratiquement impossible d'utiliser cette méthode à la mer, qui fut par contre d'usage courant à terre. Dès 1690, la « *connaissance des temps* » donna les instants des éclipses du premier satellite, calculés d'après les tables de Cassini. La qualité des déterminations de longitude par ce procédé était très bonne pour l'époque et sans équivalent : la précision de l'observation du premier satellite donnait la dizaine de minutes sexagésimales sur la longitude.

La *méthode des distances* lunaires est basée sur le fait que la lune est un « *astre errant* » se déplaçant sur fond d'étoiles d'ouest vers l'est à raison de 0,5° par heure, accomplissant donc une révolution complète en un mois environ. Dès 1514, Johann Werner avait saisi qu'elle pouvait ainsi servir d'horloge pour déterminer la longitude en mesurant la distance angulaire qu'elle faisait avec des étoiles situées dans le voisinage de sa trajectoire (encore qu'il ait omis les effets de la réfraction et de la parallaxe). Pour passer à la pratique, il fallait avoir des éphémérides donnant les coordonnées des astres et de la lune et disposer d'instruments précis de mesures angulaires à la mer. On se rend compte facilement qu'un facteur 30 affecte la précision de la longitude comparée à celle de la distance angulaire astre-lune (15°/ 0,5° par heure). Les observations à la mer comprenaient trois mesures : celle de la distance angulaire lune-astre (ou soleil), et celles des hauteurs respectives de la lune et de l'astre (ou du soleil).

Dans la *méthode du chronomètre*, ce dernier étant réglé sur le temps moyen du méridien origine, il suffit de mesurer la hauteur de l'astre et l'heure de l'observation pour en déduire l'heure locale et donc la longitude.

Les éphémérides

Pour la méthode des distances lunaires, on pouvait s'appuyer dès 1725 sur le catalogue d'étoiles de Flamsteed et sur l'octant de Hadley, éprouvé à la mer en 1740. Mais de grands progrès restaient à accomplir dans la connaissance et la prédiction à long terme (plusieurs années en raison des navigations de l'époque) des mouvements de la lune. Les tables de Flamsteed comportaient des erreurs de l'ordre de 10' entraînant sur la longitude des erreurs de l'ordre de 5°.

En utilisant la méthode de Clairault (1750), perfectionnée par La Caille en 1765, l'astronome Tobie Mayer, de Göttingen, dressa en 1753 des tables des mouvements de la lune qui permettaient d'atteindre une précision meilleure que le degré pour la longitude, comme le confirmèrent les mesures de Maskelyne lors de sa mission à l'île Sainte-Hélène en 1761, pour observer le passage de la lune devant le soleil. Pingré obtint une précision voisine lors de sa campagne à l'île Rodrigues pour l'observation de Vénus, en 1761. Le « *Nautical Almanac* » de 1767 contenait des tables établies par Maskelyne pour calculer la longitude à partir des distances lunaires au soleil et à un certain nombre d'étoiles (La Caille avait

suggéré la disposition de ces tables qui permettaient au navigateur de calculer la longitude en une demi-heure). La « *Connaissance des Temps* » inséra ces tables en 1774.

Les tables de Maskelyne, les premières réellement adaptées aux besoins des navigateurs, étaient naturellement établies en prenant le méridien de Greenwich comme méridien origine (La « *Connaissance des Temps* » fit de même jusqu'en 1788), ce qui contribua largement à le faire adopter par la communauté internationale des navigateurs, et par conséquent par les cartographes. Malheureusement, l'exactitude des tables de Mayer concernant la lune ne devait pas se maintenir longtemps, car il avait négligé l'accélération séculaire du mouvement moyen de la lune qui fut découverte par Laplace en 1786. Alors seulement fut entièrement maîtrisée la prédiction de cet astre errant.

Les systèmes de projection et les dimensions de la Terre

La découverte cartographique capitale du 16^e siècle fut la projection de Mercator, illustrée par son célèbre planisphère, publié en 1569. Elle apportait une solution définitive au problème de la représentation plane de la sphère terrestre dans le cas de la carte marine, en permettant au navigateur de reporter facilement sa route sur un réseau orthogonal de méridiens et parallèles. La projection étant conforme, conserve les angles et les routes à cap constant (les loxodromies sont des droites sur la projection). Les distances se mesurent directement sur l'échelle des « *latitudes croissantes* ». On sait aujourd'hui que l'échelle des latitudes de Mercator fut élaborée de façon empirique, que Wright apporta en 1594 une solution graphique correcte au problème, avant que James Gregory en établisse la théorie en 1695, basée sur les logarithmes, inventés par Napier en 1614. Malgré ses insignes avantages pour le marin, la projection de Mercator tarda à s'imposer et Bouguer signale encore, en 1753, l'emploi de la « *projection plate* »⁴, une vieille projection qui ne conservait pas les angles en dehors du centre de la zone représentée, et donc d'utilisation malcommode et dangereuse.

La carte marine ou terrestre montre des zones géographiques sur un fond de carroyage de méridiens et parallèles. La cohérence entre la zone cartographiée et son carroyage n'est assurée que si l'on s'est servi des mêmes unités de mesure de longueur dans les deux cas. Ainsi se trouve posé le problème des dimensions de la Terre mesurées dans le même système que celui du navigateur. Les principales étapes de mesure d'un arc de méridien sont jalonnées par celles de Wright en 1599 (12 % par défaut), de Snellius en 1617 (3 % par défaut), de Norwood en 1635 (1 % par excès), de La Hire et Picard en 1670 (1 % par excès).

La mesure des angles

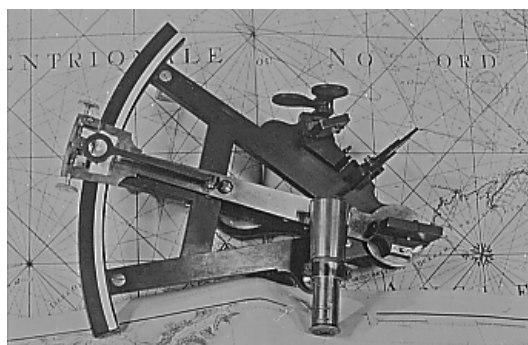
La mesure des angles à la mer, qu'elle concerne des distances angulaires entre astres (lune, soleil, étoiles), des hauteurs d'astres au-dessus de l'horizon, ou l'écart

angulaire entre des points remarquables à la côte, est à la base de l'instrumentation nautique.

Le record d'ancienneté revient sans doute à l'arbalétrille (ou rayon astronomique, ou bâton de Jacob, ou verge d'or), destinée à mesurer la hauteur du soleil à la mer⁵. Inventée au début du 16^e siècle (Werner, 1514), elle fut en usage jusqu'au milieu du 18^e siècle. Sa précision, du demi degré en moyenne, pouvait aller jusqu'au quart de degré ; elle était suffisante pour la détermination de la latitude approchée, mais insuffisante pour la détermination de la longitude (précision de 15° en longitude pour une observation au demi-degré).

Le quartier de Davis⁶, inventé en 1594, fit également une longue carrière jusqu'à la fin du 18^e siècle. Sa précision était du 1/10^e de degré et pouvait même atteindre 2'.

L'ancêtre de notre sextant actuel vit le jour en 1731, simultanément des deux côtés de l'Atlantique. John Hadley (1682-1844), vice-président de la Royal Society, présenta son fameux quadrant, appelé aussi octant (1/8 de cercle, rayon voisin de 50 cm), à double réflexion en même temps que l'astronome amateur de Philadelphie Godfrey (1704-1749). L'invention de Godfrey fut transmise à la Royal Society par son secrétaire, Halley, qui était le dépositaire d'un manuscrit de Newton, datant de 1699, et qui décrivait l'octant. Le principe de l'octant était entièrement nouveau : le rayon lumineux provenant de l'astre se réfléchissait d'abord sur un miroir supporté par un bras mobile, puis sur un miroir fixé au bâti laissant voir aussi l'horizon. La mise en coïncidence de deux points était insensible aux mouvements de plateforme. La précision était de l'ordre de la minute sexagésimale.



Sextant ancien

Le passage de l'octant au sextant, et sous une forme légèrement différente au cercle à réflexion, ne fut qu'une affaire d'adaptations portant sur les dimensions, la couverture angulaire, la graduation des limbes, la construction des miroirs.

La mesure des angles à la mer avec une précision de la minute sexagésimale, grâce à l'octant, était donc accessible aux marins dès le milieu du 18^e siècle. Elle fut décisive pour les progrès de la détermination du

(4) Dans la « *projection plate* », le réseau des méridiens et parallèles est orthogonal ; les degrés de longitude et de latitude sont égaux et respectivement dans le rapport $\cos \varphi_m$, la grandeur φ_m étant la latitude moyenne.

(5) Elle avait la forme d'une croix à plusieurs traverses ou marteaux, gradués, dont chacun permettait de viser simultanément l'astre et l'horizon.

(6) Construit en bois, l'instrument comporte deux arcs de cercle dont le centre coïncide avec une fente de visée ménagée dans un marteau, et deux pinules mobiles, dont l'une (soleil) munie d'un « *verre ardent* » matérialisant l'angle mesuré ; l'image du soleil se fait sur la fente du marteau par laquelle l'observateur voit l'horizon.

point astronomique ; elle fut également à l'origine de l'hydrographie moderne.

Les corrections instrumentales et les autres corrections dans la mesure des hauteurs d'astre au-dessus de l'horizon furent ignorées pendant longtemps. Bouguer publia en 1753 des tables de corrections pour la dépression de l'horizon, la réfraction, le demi-diamètre du soleil et la parallaxe. L'ensemble de ces corrections, pour l'Atlantique nord et des hauteurs de soleil de 40° est d'environ 12 minutes sexagésimales, c'est-à-dire non négligeable vis-à-vis de la précision de l'octant. Au moins jusque vers 1730, les pilotes négligèrent toutes ces corrections, aussi bien d'ailleurs que les erreurs instrumentales.

Les chronomètres

Dans tout chronomètre, on trouve les principaux organes suivants :

- un moteur (poids ou ressort) mettant en action un certain nombre de roues dentées engrenant les unes avec les autres (roue en prise sur le moteur ; aiguilles des heures, minutes et secondes) ;
- un oscillateur de période constante, qui est l'organe régulateur (système balancier, ressort spiral) ;
- un organe de couplage entre le moteur et le régulateur : l'échappement. L'échappement a une double fonction : fractionner la rotation des rouages selon la période du pendule (balancier), c'est le rôle du « *dégagement* » ; entretenir la force vive du balancier consommée par le frottement, c'est le rôle de l'impulsion.



Chronomètre de marine

C'est à Huyghens que revient le mérite de l'invention en 1675 du ressort spiral comme régulateur des montres. Mais il fallut attendre les années 1760 pour surmonter les deux principales difficultés :

- l'absence d'isochronisme dans le cas du ressort spiral, dont le centre de gravité ne pouvait être rigoureusement confondu avec l'axe de rotation, ce qui faisait dépendre sa période de son amplitude de rotation ;
- l'effet de la température sur la période du ressort spiral.

En Angleterre, Harrison (1693-1776), en soumissionnant pour le prix de l'Acte du Parlement britannique

de 1714, consacra en fait sa vie entière à la mise au point d'horloges pour l'obtenir. L'année 1763 fut un tournant dans sa vie. Encore que son modèle H4 ait satisfait à l'Acte dans une croisière à la Jamaïque (1761-1762), le « *Board of Longitude* », probablement stimulé par la concurrence des progrès des mesures lunaires accomplis par Maskelyne, qui avait publié ses premières tables dans le « *British Mariner's Guide* » (précurseur du Nautical Almanac), précisément en 1763, lui demanda des explications sur son secret de fabrication et les preuves de la reproduction de son exploit. Son fils prit sa relève en réalisant un modèle H5 tandis qu'une réplique du modèle H4 faite par Kendall (K1) fit remarquablement ses preuves pendant le second voyage de Cook (1772-1775) : au cours des trois années que dura la campagne, la marche n'excéda jamais huit secondes. Harrison en eut connaissance, car il mourut le 24 mars 1776, huit mois après le retour de Cook. Il avait également reçu les récompenses promises par l'Acte du Parlement. La diffusion des chronomètres se fit très progressivement : en 1840, les bâtiments de la Marine affectés aux « *home waters* » n'en disposaient pas tous.

En France, deux artistes horlogers produisirent les premières horloges marines en France : Pierre Le Roy (1717-1785) et Ferdinand Berthoud (1727-1807). Les étapes marquantes de la chronométrie française furent les suivantes :

- Le Roy présenta au roi Louis XV en 1766 sa magnifique « *montre à longitude* », désignée par la lettre A (comme ancien), puis réalisa l'année suivante un deuxième prototype, désigné par la lettre S (comme second). Les montres A et S furent testées en 1768 sur la frégate l'« *Enjouée* », au cours d'un voyage de 161 jours à Terre-Neuve, aller et retour, auquel participèrent Pierre Le Roy et Jacques-Dominique Cassini. Leurs performances rivalisaient avec celles des constructeurs anglais et Le Roy obtint de l'Académie le prix Rouillé.

- Quelques mois après le retour de l'« *Enjouée* », l'« *Isis* » entreprit une campagne de 12 mois (1768-1769) en Atlantique, avec les horloges n°s 6 et 8 de Ferdinand Berthoud. Fleurieu et Pingré étaient respectivement les responsables de l'expédition et de l'Académie. Borda, dans ses conclusions sur la campagne de l'« *Isis* », affirma que les horloges de Berthoud satisfaisaient à peine à l'Acte de 1714.

N'importe, après la campagne de l'« *Isis* », le roi accorde à Berthoud une pension annuelle de 3 000 livres et le privilège exclusif de la fourniture des horloges marines aux vaisseaux du roi, avec le titre d'Inspecteur des horloges marines. Le Roy avait du génie, Berthoud le sens des affaires et une grande puissance de travail.

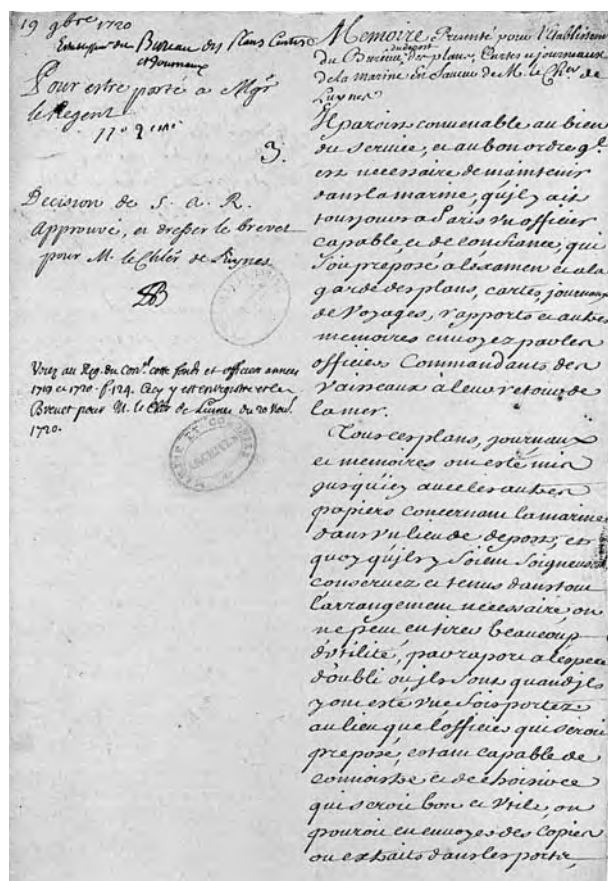
La rétrospective des sciences et techniques propres à la navigation attire l'attention sur l'importance de l'investissement scientifique et technique en cartographie marine. La sous-exploitation des informations concernant le Pacifique tant que l'on n'a pas su résoudre le problème de la longitude, comme la nécessité de la connaissance du rayon terrestre pour exploiter judicieusement les instruments de l'estime (sablier, compas, loch), montrent la dépendance des progrès de la cartographie de ceux de la physique et de la géophysique. Les découvertes scientifiques et techniques, et surtout

leurs mises en application furent souvent laborieuses (de l'ordre du siècle) : ce fut le cas de la projection de Mercator (découverte en 1569 et mise en application dans la deuxième moitié du 17^e siècle), des instruments à réflexion (1620, quartier de Davis ; 1731 quadrant de Hadley), de la détermination de la longitude (1714, Acte du Parlement anglais ; 1770, solution du problème).

Le 18^e siècle : le temps d'explorer les côtes du Globe et de vaincre les secrets de la longitude

Du temps de Colbert, en 1680, les premières archives de la Marine, sous l'appellation de « *cartes et plans du roi* » furent confiées à Charles Pène. En 1699, un Dépôt des archives de la Marine fut créé (dans un pavillon du jardin des Petits-Pères, place des Victoires, à Paris)⁷ pour rassembler les papiers de la Marine, des galères, des colonies, du commerce et de la Maison du Roi. Sa direction fut confiée au célèbre érudit Pierre de Clairambault. Le Conseil de la Marine s'avisa, pour distinguer les « *documents nautiques* » des autres archives de la Marine, de créer, le 19 novembre 1720, le « *Dépôt des plans, cartes et journaux de la Marine* ». Un arrêt du lendemain, le 20 novembre 1720, en donnait la direction au chevalier de Luynes, capitaine de vaisseau. Il était ainsi le premier des officiers de marine qui se succédèrent jusqu'en 1901 à la tête d'un établissement qui devait prendre l'appellation de Service Hydrographique de la Marine en 1886. Les directeurs du Dépôt avaient pour adjoints des ingénieurs et le premier d'entre eux, Jean Nicolas Bellin (1703-1772) y entra en 1721, à l'âge de 18 ans. Le personnel du Dépôt dressait alors des cartes à partir des renseignements contenus dans les journaux de navigation et des observations faites par les marins, sans procéder eux-mêmes à des travaux sur le terrain. Comme l'explique Bellin : « *Il faut rassembler un nombre considérable de journaux de navigation, les lire tous avec soin, en faire des extraits, pointer et réduire les routes, rapprocher les diverses observations astronomiques reçues et connues pour les plus exactes* » (1749). Compileur objectif et consciencieux, Bellin fut un parfait « *Hydrographe de cabinet* ». Sa carte de la Méditerranée en trois feuilles, publiée en 1737, fut la première carte du Dépôt. Il fut aussi le premier « *Ingénieur hydrographe de la Marine* », en 1741, avant de devenir membre de l'Académie des Sciences. En 1751, la Marine fit l'acquisition des planches de cuivre du « *Neptune François* », restées propriété de l'éditeur, et Bellin fut chargé de les mettre à jour pour une nouvelle édition, en 1753. Il publia à cette occasion des commentaires détaillés sur chacune des cartes composant l'« *Hydrographie française* », dont les éditions successives aboutirent en 1800 au « *Neptune Français* », qui couvrait en 11 volumes le monde entier. Son « *Petit Atlas maritime* », publié en 1764, fut considéré à l'époque comme un chef d'œuvre de clarté et de précision.

Le caractère étatique du service hydrographique apparaît clairement dès la création du Dépôt, en 1720. Il



Arrêt du conseil du roi (extrait)

est rappelé à plusieurs reprises, et notamment dans l'« *Arrêt du Conseil du Roi* » du 5 octobre 1773, défendant la construction et la publication des cartes marines par les personnes qui n'en sont pas expressément chargées, qui déclare : « *Sa Majesté étant en son conseil, a ordonné et 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 de Sa Majesté par des personnes capables de s'en bien acquitter et que ces ouvrages soient toujours accompagnés d'analyses imprimées et indicatives des autorités dont on se sera appuyé, non seulement afin d'inspirer aux navigateurs une juste confiance, en leur exposant au vrai le degré d'exactitude ou de doute que comporte ces cartes dans chacune de leurs parties ; mais encore, afin de les garantir de l'incertitude dangereuse où les jetterait un amas de cartes que pourraient publier sans cela, des particuliers qui, quoique dénués de matériaux suffisants pour les construire, les annoncent cependant sous des titres fastueux et exagérés, pour en activer la vente : qu'en conséquence, nul particulier, savant, géographe, hydrographe, officier de marine, pilote ne pourra publier ces tels ouvrages, sans commission expresse. Entend*

(7) Le Dépôt, puis le Service Hydrographique, occupèrent successivement les emplacements suivants :

Hôtel de la Guerre à Versailles (de 1763 à 1775) ; prieuré royal de Saint-Louis de la Culture, rue Saint-Antoine à Paris (aujourd'hui, lycée Charlemagne) de 1775 à 1794 ; place des Piques (place Vendôme), à Paris, 1795 ; 11 rue de la place Vendôme (Hôtel Egmont-Pignatelli), de 1795 à 1817 ; 13 rue de l'Université, à Paris, de 1817 à 1970 ; 3 avenue Octave Gréard, à Paris, depuis 1970, pour la seule direction.

cependant Sa Majesté que ceux qui ayant des matériaux neufs dont ils pourraient produire les détails des observations et des opérations faites sur les lieux et en justifier la supériorité sur tous les autres déjà connus, aient le droit de prétendre à l'honneur et au profit de leur première publication ».

La Marine fit en sorte, d'ailleurs, que les informations de qualité, qui ne provenaient pas de ses vaisseaux, fussent drainées vers le Dépôt. C'est ainsi que d'Après de Manneville, chargé le 10 février 1762 des documents nautiques de la Compagnie des Indes entreposés à Lorient, fut placé sous les ordres du Commandant de ce port. L'État était justement soucieux de ce secteur capital de l'économie française, vivant depuis Colbert du commerce et des manufactures, dont les fournisseurs et les principaux marchés se trouvaient dans les territoires d'outre-mer, côte à côte avec ceux des Anglais.

En somme, avec la création du « *Dépôt général des cartes et plans, journaux et mémoires concernant la navigation* » (1720), la longue tradition de tutelle de l'État sur la cartographie marine se précise, s'étend et se codifie dans un strict monopole de caractère officiel, qui ne changera pas à l'avenir. Ce monopole en matière de cartographie marine est d'abord fondé sur une exigence de qualité, directement en rapport avec celle de sécurité du navigateur. L'exigence de qualité s'étend directement en amont à celle de la collecte des données, qui est le levé hydrographique proprement dit, opération coûteuse correspondant à des investissements lourds en personnel et en matériel. De plus, bien qu'entièrement distinctes, les opérations de levé et d'établissement des cartes marines sont étroitement liées, et il est difficilement concevable que l'organisme qui a la charge de dresser la carte n'ait pas aussi la responsabilité du levé hydrographique correspondant. En résumé, les servitudes de qualité et les coûts des opérations aboutissant à l'établissement des cartes marines sont trop élevés pour trouver des solutions indépendantes de l'État. Sur le plan juridique, les cartes marines produites par les services hydrographiques sont des documents officiels qui engagent la responsabilité de l'État.



L'entrée du SCH, 13, rue de l'Université

La création, en 1720, d'un « *Dépôt des plans, cartes et journaux de la Marine* », contrairement aux apparences, avait correspondu à une vision dynamique de la gestion des Archives de la Marine pour établir et tenir à jour les documents nautiques (cartes marines accompagnées de commentaires) de l'époque, en l'absence de missions de levés hydrographiques. L'appellation de *Dépôt* n'est pas péjorative ; la cartographie et les disciplines scientifiques qui lui sont associées sont particulièrement prestigieuses. Une tâche énorme attendait le *Dépôt*. En effet, si l'École de Dieppe avec Guillaume Le Vasseur, avait bien dominé le problème des projections par l'introduction des latitudes croissantes, elle était restée en échec devant le lancinant problème de la détermination des longitudes. Ce fut d'ailleurs la hantise des navigateurs de l'époque et il fallut attendre le 18^e siècle pour voir triompher les méthodes astronomiques en navigation. Les Français et les Anglais jouèrent un rôle de premier plan dans ce domaine, mais la solution du « *transport du temps à la mer* » ne fut acquise que vers 1770. La contribution des hommes de sciences avait été primordiale pour la compréhension des phénomènes et la mise au point des méthodes instrumentales et de calcul. Il avait aussi fallu que l'élite des officiers de Marine participe à ce grand mouvement scientifique. Jusqu'au milieu du 18^e siècle, et malgré l'effort déployé par les Jésuites pour enseigner l'« *hydrographie* » dans les Écoles royales de Brest, Rochefort et Toulon, aux « *gardes de la Marine* » (les aspirants d'alors), le niveau d'instruction fut moyen. La situation changea vers 1750 lorsque Bouguer publia son remarquable « *Traité de navigation* », et surtout lorsqu'un groupe d'officiers se réunit à Brest en 1752 pour fonder l'Académie de Marine, chargée d'« *éclairer la pratique de la navigation en la soumettant à l'épreuve d'une théorie rigoureuse* ». Elle comptait parmi ses membres d'éminents spécialistes des choses de la mer, comme d'Après de Manneville (Hydrographe de la Compagnie des Indes, auteur du « *Neptune Oriental* », publié en 1745), Bellin, Borda, Bouguer, Chabert, Fleurieu, Lalande, Pingré, et s'occupait de sujets aussi variés que l'architecture navale, la manoeuvre des vaisseaux, l'astronomie nautique, l'hydrographie, etc. Elle fut, en quelque sorte, à cette époque, la branche « sciences de la mer » de l'Académie des Sciences. D'autres institutions scientifiques furent mises en place ou se renforcèrent, ce fut le cas du « *Bureau des Longitudes* », fondé par la Convention le 25 juin 1795, pour renforcer le dispositif de l'Académie des Sciences, du service hydrographique et de l'Académie de Marine. Il fut chargé de la publication de la « *Connaissance des Temps* », mais aussi de perfectionner les méthodes de détermination des longitudes et de progresser dans l'étude du magnétisme terrestre et de l'horlogerie. Entre autres, les noms de Lagrange, Laplace, Cassini, Méchain, Delambre, Borda, Bougainville l'illustrèrent. Le « *Dépôt de la Marine* » fut aussi vers 1775, un centre de documentation nautique remarquable. Il était alors animé par le chevalier de Fleurieu. Mais tout progrès suscite une grande résistance et, à côté des marins qui avaient pleinement participé aux conquêtes scientifiques dans leur domaine, que pouvait-on dire des autres ? Fleurieu déclarait en 1773 qu'on ne saurait trop inviter les officiers à se familiariser

L'estime sur de longues traversées, même complétée par des mesures de latitude, comportait de grandes erreurs sur les longitudes (plusieurs degrés n'étaient pas rares), dont les îles isolées au milieu des océans ont été les principales victimes en se multipliant sur leur propre parallèle. Par contre, les mêmes moyens employés près des côtes donnaient des résultats acceptables dans des zones limitées, surtout lorsque les travaux pouvaient s'appuyer sur un réseau de points astronomiques déterminés avec une certaine précision. Le nombre des positions astronomiques était limité, puisque la « *Connaissance des Temps* » en donne 140 pour 1745, 205 pour 1749 et 228 en 1778. Le cas le plus favorable était celui où le réseau de positions astronomiques était complété par une ossature géodésique de triangles comme ce fut le cas en France, après 1744. Alors que la méthode des satellites de Jupiter, utilisable seulement à terre, donnait des résultats d'une excellente précision dès le début du siècle, il fallut attendre la deuxième moitié du 18^e siècle pour mesurer à l'approximation du degré les longitudes à la mer par la méthode des distances lunaires. Vers la fin du siècle, les chronomètres s'imposèrent progressivement. En fait, souvent les distances lunaires et les satellites de Jupiter étaient réservés aux déterminations absolues lors de longues traversées, et les chronomètres servaient à des interpolations sur de plus courtes distances.

énigmes et les incertitudes qu'il était vain de vouloir lever avant d'avoir résolu le problème de la localisation. Préciser les contours d'un supposé immense continent austral, ainsi que ceux des confins américano-asiatiques ; vérifier les hypothèses concernant une mer de l'Ouest, située quelque part à l'ouest du Mississippi, et d'un passage du nord-ouest qui arrangerait bien des choses, apparaissent comme des objectifs aussi politiques et commerciaux que scientifiques. Les voyages de reconnaissance se transforment en expéditions scientifiques pluridisciplinaires dont la toile de fond est une description géographique localisée avec précision. Les bâtiments sont plus importants et plus fonctionnels ; les conditions de vie s'améliorent et aussi la santé des équipages avec la découverte de la « limonade » (jus de citron), pour traiter le scorbut. On peut se consacrer pleinement aux objectifs scientifiques, ce qui n'empêche pas des rapports souvent difficiles entre les « bords » et les « missions ». « *Ces soi-disant savants sont des êtres diaboliques qui excèdent ma patience* » s'exclame le bon Lapérouse. Pour éviter les frictions entre « savants », une hiérarchie détermine leurs prérogatives : par exemple, les dessinateurs sont subordonnés aux naturalistes et les astronomes aux « ingénieurs ». Les voyages, sauf exception, suivent à peu près les mêmes grands itinéraires. Les circumnavigations se font d'est en ouest. Les expéditions françaises appareillent de Brest où sont rassemblés les principaux moyens logistiques et scientifiques (Académie de Marine). Après une escale de « rafraîchissements » à Madère ou aux Canaries, on met le cap sur le Brésil avant de contourner l'Amérique du sud. Les routes dans le Pacifique diffèrent beaucoup d'une expédition à l'autre, mais elles remontent généralement rapidement vers l'équateur après le franchissement du Cap Horn (ou du détroit de Magellan). Le retour en France se fait le plus souvent par la Nouvelle-Guinée, les Indes Néerlandaises, l'Île de France et le Cap de Bonne Espérance. Par précaution, les navires naviguent de conserve, ce qui peut poser des problèmes lorsqu'ils ont des performances différentes.

Le voyage de Bougainville autour du monde (1766-1769) fut le premier du genre accompli officiellement par

un Français. La circumnavigation qu'il entreprit avec la « *Boudeuse* » et l'« *Etoile* » avait comme objectif initial la restitution aux Espagnols de la colonie française des îles Malouines, mais il voulut en profiter pour reconnaître la fameuse Terre Australe, véritable idée fixe des géographes de cabinet. Ayant rapidement gagné les latitudes tropicales, il ne vit pas les côtes de la Nouvelle-Hollande (Australie) et son voyage, peut-être insuffisamment préparé, laisse après coup le souvenir d'un reportage dont le temps fort fut l'épisode tahitien. Malgré tout, il avait ouvert les yeux du monde occidental sur l'exotisme et Diderot put s'écrier : « *le voyage de Bougainville est le seul qui m'ait donné un goût pour une autre contrée que la mienne* ».

Avec le voyage de Lapérouse (1785-1788), les objectifs scientifiques s'étaient précisés. Les navigations de Cook laissaient deux grandes inconnues dans le Pacifique : les côtes septentrionales de l'Amérique, qui n'avaient pas été vues par Cook, et la région située entre le Kamchatka et le Japon. Lapérouse, qui commandait l'expédition, composée des frégates jumelles la « *Boussole* » et l'« *Astrolabe* », se vit confier plus particulièrement l'exploration du Pacifique dans sa partie nord-ouest. On connaît les faits saillants qui marquèrent les étapes de l'expédition : le renvoi de Lesseps, au Kamchatka, vers l'Europe à travers la Sibérie, chargé des documents hydrographiques de la mission ; le massacre de de Langle, commandant de l'« *Astrolabe* » et douze de ses compagnons à Manua (îles Samoa) ; le naufrage de la « *Boussole* » et de l'« *Astrolabe* », après une escale à Botany Bay (Australie) le 26 janvier 1788, et la perte de toute trace de l'expédition jusqu'à ce que le capitaine anglais Dillon, en 1826, ayant acheté à un indigène de Tikopa une poignée d'épées marquées aux initiales de Lapérouse, apprit qu'elles provenaient de Vanikoro, l'une des îles Santa Cruz (Nouvelles-Hébrides), où Dumont d'Urville retrouva effectivement les débris de la « *Boussole* » et de l'« *Astrolabe* », en 1828. Sur le plan scientifique, la mission de Lapérouse fut une réussite. Après avoir parcouru les côtes de l'Alaska à la Californie, il put démystifier l'existence d'un détroit assurant une communication avec l'occident. De même, la reconnaissance du nord-est asiatique fut un succès.

Vers 1800, une cartographie générale du globe commença à se mettre en place. Cook avait prouvé l'inexistence d'un continent austral et localisé la Nouvelle-Zélande ; Flinders délimita les contours de l'Australie ; Vancouver et Lapérouse complétèrent les travaux de Cook dans le nord du Pacifique ; d'Entrecasteaux précisa les parages sud-ouest du Grand Océan. Ce fut aussi l'époque où l'atlas de marine disparut au profit de cartes séparées devenues instrument de travail et pas seulement de consultation. Les cartes, qui ne comportaient guère que le trait de côte et la toponymie littorale, se débarrassèrent des rhumbs et des roses, et portèrent des cadres gradués en longitudes et latitudes, ainsi qu'un réseau de méridiens et de parallèles ; les sondes et les natures de fond se firent plus nombreuses ; l'indication de la déclinaison devint systématique.

La naissance de l'hydrographie moderne : Beautemps-Beaupré (1766-1854)

Charles-François Beautemps-Beaupré est né le 6 août 1766, au milieu des terres, à Neuville-au-Pont (Marne), où ses parents étaient fermiers. Rien ne paraissait le destiner à une carrière maritime si ce n'est que Jean-Nicolas Buache [voir Compléments], géographe du roi, était son propre cousin et eut l'attention rapidement attirée par la vive intelligence du jeune Charles-François lorsque, vers l'âge de ses dix ans, il l'emmena à Paris avec l'intention d'en faire un commis de son magasin de cartes. Constatant que Beautemps-Beaupré avait du goût et des dons pour la cartographie, il l'initia aux mathématiques, à l'astronomie, à la navigation et à l'art de dresser les cartes. Buache, qui avait été précepteur de géographie des petit-fils de Louis XV depuis 1773, ne fut admis comme sous-garde, puis comme hydrographe du Dépôt des cartes et plans de la Marine, qu'en 1780. Il fit entrer son cousin au Dépôt, trois ans plus tard, en 1783, comme élève, sans rémunération. Beautemps-Beaupré, qui avait alors 17 ans, en profita pour compléter son bagage scientifique et eut l'occasion de participer à la préparation du voyage de Lapérouse. En effectuant des travaux de compilation des journaux de navigation pour dresser des cartes, il mesura la médiocrité des informations de position provenant de mesures à la boussole et conçut l'avantage d'employer des méthodes plus précises de mesures angulaires grâce au cercle hydrographique. Il souhaitait vivement mettre ses idées en pratique, mais à l'époque les ingénieurs embarquaient rarement et l'autorisation de faire partie de l'expédition de Lapérouse lui fut heureusement refusée. Cependant, et sans doute en compensation, le marquis de Fleurieu, directeur adjoint du Dépôt, le fit nommer ingénieur le 1^{er} septembre 1785 et le prit directement sous ses ordres, en lui confiant notamment l'exécution des cartes du « *Neptune de la Baltique* ». L'expédition de Lapérouse avait quitté Brest le 1^{er} août 1785 pour entreprendre l'exploration du Pacifique mais n'avait plus donné de nouvelles depuis 1788. Aussi Louis XVI, sur les propositions de l'Assemblée Nationale, décida en 1791 d'envoyer une nouvelle expédition à la recherche de Lapérouse, commandée par Bruny d'Entrecasteaux. Parti de Brest en 1791 avec les frégates l'« *Espérance* » et la « *Recherche* », il atteignit les abords de l'Australie, où il apprit que Lapérouse avait fait naufrage aux îles de l'Amirauté. Il s'y rendit en juillet 1792, reconnut l'archipel Santa Cruz (sans visiter Vanikoro où se perdit Lapérouse), la Nouvelle Calédonie et la Tasmanie, et mourut du scorbut sur le chemin du retour le 20 juillet 1793.



Fig. 15. Portrait de Beautemps-Beaupré.

Beautemps-Beaupré

Beautemps-Beaupré avait été choisi par d'Entrecasteaux, sur la recommandation du marquis Fleurieu, devenu ministre de la Marine dans l'intervalle, pour faire partie de l'expédition comme ingénieur hydrographe. Il avait alors 25 ans. C'est au cours de ce voyage qu'il mit au point et éprouva les méthodes d'une nouvelle hydrographie, suivie par toutes les nations maritimes. Les conditions de travail furent certainement très dures. 89 hommes sur le total de 219 que comprenait l'expédition succombèrent à la maladie, dont les commandants de la « *Recherche* » (Amiral d'Entrecasteaux) et de la « *Espérance* » (capitaine de vaisseau Huon-Kermadec). Et il fallut aussi compter avec les tensions politiques qui opposèrent au sein des équipages et états-majors les tenants et adversaires de la Révolution. Sous le titre d'« Appendice » à la « *Relation du voyage du contre-amiral Bruny d'Entrecasteaux* », publiée en 1808, les « *Méthodes pour la levée et la construction des cartes et plans hydrographiques* » étaient un véritable traité, entièrement inédit à l'époque, résumé dans les règles suivantes :

- substitution du cercle à réflexion à la boussole pour la mesure des angles et des directions ;
- dessin des vues de côtes sur lesquelles sont reportées directement les observations aux instants des stations ;
- construction de la carte en « *temps réel* », comme nous dirions aujourd'hui ;
- combinaison des observations de latitude et de longitude, respectivement avec des relèvements de points remarquables dans les directions est-ouest et nord-sud ;
- combinaison optimale de l'ensemble des observations faites à terre et à la mer, qui relève de l'art et de l'expérience de l'hydrographe.

Au cours de son voyage de retour, Beautemps-Beaupré séjourna plusieurs mois au Cap, avant de regagner la France à bord d'un navire suédois. Il arriva à Paris le 31 août 1796. De 1799 à 1812, il effectue des levés, pour le compte de l'Empereur, sur les côtes septentrionales de l'Empire, de Dunkerque jusqu'à l'Elbe, ainsi que des levés dans l'Adriatique. Le 24 septembre 1810, lorsqu'il fut élu à l'Institut, à l'âge de 44 ans, Arago, qui avait suivi sa carrière bien remplie, put s'écrier : « *Mais, Monsieur, vous devez avoir cent ans !* ». Pourtant, l'œuvre maîtresse de Beautemps-Beaupré, le levé régulier des côtes nord et ouest de France, restait à accomplir. En 1814, Louis XVIII succède à Napoléon et décide la réfection complète de l'hydrographie désuète des côtes de France ; il en confie la charge à Beautemps-Beaupré. Les travaux, qui durèrent 23 ans, sont retardés par les Cent Jours, et ne commencent qu'en 1816. Ils s'achèvent sur le terrain en 1838, et sont complétés par les successeurs de Beautemps-Beaupré, de 1839 à 1841, pour la côte sud. C'est avec deux goélettes de 50 tonneaux (la « *Recherche* » et la « *Astrolabe* »), quelques bâtiments de servitude et canots, 7 ingénieurs, 2 élèves et 35 marins, que Beautemps-Beaupré accomplit l'immense travail du levé des côtes nord et ouest de la France. Il en résulte la publication en 6 volumes du « *Pilote Français* », dont le dernier paraît en 1844. Cent cinquante cartes et plans composaient

PILOTE FRANÇAIS

(ENVIRONS DE BREST)

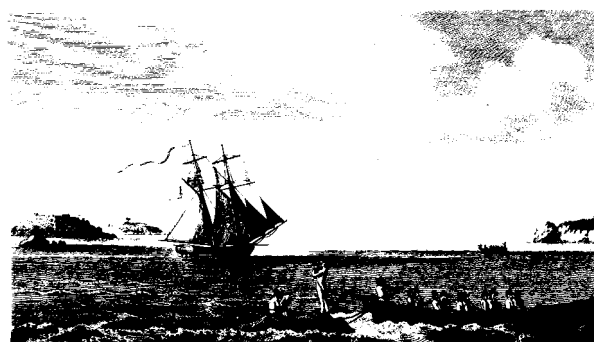
Rédigé

Par M. Beautemps-Beaupré, Ingénieur Hydrographe en Chef de la Marine,
Membre de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France
et de la Société Royale des Sciences de Göttingen.

PUBLIÉ PAR ORDRE DU ROI

Sous le Ministère de Son Excellence M.le Marquis de CLERMONT-TONNERRE
Pair de France, Secrétaire d'Etat au Département de la Marine et des Colonies.

Au Dépôt-général de la Marine
en 1822.



Vue du Gaulle de Brest.

sur par Schœder

gravé

Le Pilote Français

cet ensemble, qui fit l'admiration du monde maritime de l'époque. Les informations portées sur les cartes, trait de côte et sondes, sont exactes et à leur juste place. Les levés avaient fait de tels progrès qu'ils constituèrent jusqu'à la deuxième guerre mondiale, dans bien des cas, la toile de fond de la carte en service. Une différence radicale par rapport aux époques antérieures était que les ingénieurs avaient pris part directement aux travaux sur le terrain, en les dirigeant. Lorsque Beautemps-Beaupré est admis à la retraite, le 15 septembre 1844, il a 78 ans. Son extrême modestie ne l'empêche pas de se voir honoré de son vivant des plus hautes distinctions, françaises et étrangères, pour une carrière exceptionnelle.

De 1800 à la période contemporaine

Le 19^e siècle n'apportera pas beaucoup de changements dans les techniques de levé, une fois que furent reconnues et adoptées les méthodes nouvelles imaginées par les Français et les Anglais. Par contre, le développement du trafic et la relève progressive de la propulsion à voile par la propulsion à vapeur vont créer de nouveaux besoins. Pour des navires plus nombreux, manoeuvrant mieux et marchant plus vite, il va falloir entreprendre des levés systématiques des côtes, avec recherche des hauts-fonds, délimitation des chenaux, report du balisage, et tenir à jour les documents nautiques (à partir de 1850 environ) par des avis aux navigateurs. L'hydrographie de terrain, dirigée par les ingénieurs hydrographes, se développe au cours des

guerres napoléoniennes, d'abord, puis sur les côtes de France, et en accompagnement des conquêtes de l'Empire colonial français. On peut considérer que 1800 marque la naissance du portefeuille français de cartes marines [voir Compléments], à la transition entre l'hydrographie ancienne de « *cabinet* » et l'hydrographie « *moderne* », que vient de codifier Beautemps-Beaupré. Vers 1875, à l'apogée de la technique de la gravure cartographique sur cuivre, le portefeuille plafonne à 3000 cartes environ. La propulsion à vapeur a remplacé celle à voile, ce qui facilite considérablement le suivi des profils de sonde. Pendant la période 1864-1895, les travaux de levé des côtes de France sont repris systématiquement, et l'on s'intéresse beaucoup aux accès estuariens des ports. La mise en service des torpilleurs, appelés à naviguer près des côtes, et plus tard, des sous-marins, justifie la mise sur pied d'un programme d'hydrographie militaire, entre 1895 et 1914. Les triangulations ou les cheminements topographiques servent d'ossature au positionnement en mer effectué au moyen du sextant ou du cercle hydrographique ; la mesure des profondeurs continue de se faire à l'aide du plomb de sonde.

Dans le même temps où Beautemps-Beaupré entreprend un levé systématique des côtes de France, des voyages de circumnavigation et de découvertes, à finalité scientifique, prolongent ceux du siècle précédent et donnent lieu à de nombreuses publications, notamment sous la forme d'atlas cartographiques. Tel est le cas des voyages du « *Géographe* » et du « *Naturaliste* » (Baudin, 1800-1802), de l'« *Uranie* » (Freycinet, 1817-1820), de la « *Coquille* » (Duperrey, 1822-1825), de l'« *Astrolabe* » (Dumont d'Urville, 1826-1829), de la « *Bonite* » (Vaillant, 1835-1837), de la « *Vénus* » (Dupetit-Thouars, 1836-1839), de l'« *Astrolabe* » et de la « *Zélée* » (Dumont d'Urville, 1837-1840).

Pendant tout le 19^e siècle, mais spécialement pendant la première moitié du siècle, des missions dans diverses parties du monde étendent la documentation cartographique provenant des travaux devant nos côtes ou résultant des grandes circumnavigations. Le phénomène le plus marquant est cependant sans doute la naissance et le développement d'une hydrographie coloniale qui donne lieu à l'établissement d'une cartographie originale restée le plus souvent en vigueur après l'accession à l'indépendance des pays concernés.



Une minute de Beautemps-Beaupré

En 1815, il ne reste à la France qu'un empire colonial composé de territoires morcelés et épars dont la Marine n'est pas capable d'assurer la défense et les liaisons avec la métropole. Le Traité de Paris de 1814 a rendu à la France la Guadeloupe, la Martinique et leurs dépendances, la Guyane, l'île Bourbon, Saint-Pierre et Miquelon, les cinq comptoirs de l'Inde et les postes du Sénégal. La contestation grandissante de l'esclavage, la suprématie à partir de 1840 de la betterave sur la canne à sucre, le développement des explorations, sont autant de signes de la fin du vieux système colonial. L'expédition d'Alger (juin-juillet 1830) est le point de départ d'un nouvel empire colonial. Dans le cadre d'une guerre de conquête de l'Algérie, qui durera jusqu'en 1848, les hydrographes reconnaissent de 1831 à 1833 ce nouveau littoral. A Tahiti, après l'intervention de l'Amiral Dupetit-Thouars en 1841 contre Pritchard et l'établissement d'un protectorat, des levés sont entrepris à Tahiti et aux îles Marquises. De nouvelles motivations apparaissent avec le Second Empire : l'essor des banques coloniales va de pair avec un développement industriel se traduisant par un excédent de la production vis à vis du marché intérieur ; les ministres de la Marine appuient donc la création d'un véritable Empire ; les grandes compagnies de navigation se développent (ouverture du canal de Suez en 1869). La création du port de Dakar par Faidherbe, en 1857, concrétise le besoin de bases navales outre-mer. L'annexion de la Nouvelle-Calédonie en 1853 s'accompagne de levés hydrographiques (1854-1858). Dès 1857, des hydrographes accompagnent les corps expéditionnaires de Chine et de Cochinchine et entreprennent le levé des côtes récemment acquises de la Cochinchine au Tonkin, qui est poursuivi de façon pratiquement continue jusqu'en 1887. La poussée en direction de l'intérieur des terres vers le Sahara, le Niger, le bassin du Congo (Savorgnan de Brazza) donne à la France un domaine colonial de un million de km² vers 1880, quand se prépare une nouvelle expansion coloniale sans précédent destinée à répondre à des impératifs économiques et à affirmer la présence française. L'établissement d'un protectorat sur la Tunisie, en 1883, est accompagné d'un levé complet et cohérent des côtes de ce pays entre 1882 et 1886. De même, les reconnaissances effectuées sur les côtes de Madagascar se transforment en levé systématique (1887-1895) au moment où la France établit son protectorat (1895) sur la grande île ; après une interruption en 1895, ils reprennent de 1899 à 1904. En Indochine, les levés reprennent en 1902, alors que la résistance armée s'affaiblit, et se poursuivent jusqu'en 1914. La conquête du Sahara et de la Mauritanie est réalisée par étapes. Elle est suivie, en 1912, par l'établissement d'un protectorat sur le Maroc, sans intervention des hydrographes.

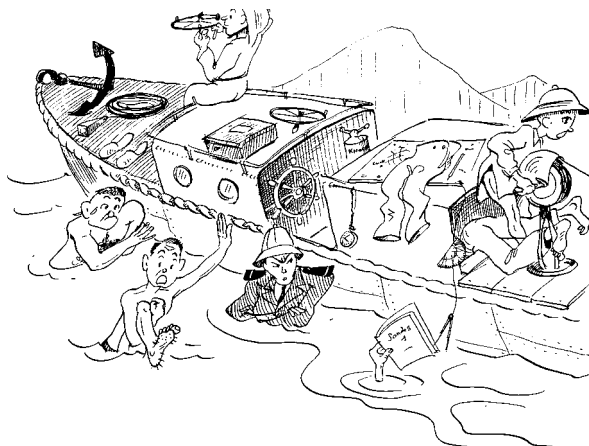
En 1914, l'Empire colonial français s'étend sur 14 416 000 km² et compte près de 48 millions d'habitants. Il s'accroît encore après la première guerre mondiale, puisque la Société des Nations accorde à la France des mandats sur le Togo, le Cameroun, la Syrie et le Liban. La France récupère aussi des territoires d'AEF abandonnés à l'Allemagne en 1911. La fin de la guerre marque la reprise des levés hydrographiques outre-mer dans les secteurs où le besoin se fait le plus sentir :



Caravane géodésique à Madagascar
(croquis de Rollet de L'Isle)

l'Indochine, où des travaux continus de 1922 à 1939 aboutissent à une cartographie d'ensemble très satisfaisante ; l'Algérie où des levés continus de 1921 à 1932 donnent lieu à une couverture cartographique complète des côtes et du plateau continental ; la Tunisie où des travaux côtiers entre 1933 et 1939 complètent ceux entrepris entre 1882 et 1886 ; la côte ouest d'Afrique, où des levés ponctuels jalonnent les rivages du Maroc, de la Mauritanie, du Sénégal, de la Guinée, de la Côte d'Ivoire, du Togo, du Dahomey, du Cameroun, du Gabon et du Congo, de 1930 à 1938 ; Madagascar, la Côte des Somalis et les Kerguelen, qui font l'objet de levés de détail entre 1924 et 1938 ; la Nouvelle-Calédonie où les abords de Nouméa sont levés de 1935 à 1939 ; la Martinique et la Guyane où quelques travaux de détail sont à signaler entre 1936 et 1939.

En 1939, l'Empire colonial français n'est pas très différent de celui de 1914, mais la situation va évoluer rapidement après la seconde guerre mondiale. La conférence de Brazzaville (1944) sert de base à l'Union Française établie en 1946. La guerre d'Indochine, qui s'achève le 21 juillet 1954, est suivie par la guerre d'Algérie, qui commence le 1^{er} novembre 1954. La Communauté créée en 1958 remplace l'Union Française, mais ne résistera pas longtemps à la poussée vers l'indépendance : à partir de 1960, tous les



Séance de sonde des officiers élèves
(croquis de Luc-Marie Bayle)

États qui en faisaient partie ont acquis leur souveraineté. Puis l'Algérie (1962), les Comores (1975, sauf Mayotte), les Afars et les Issas (1977) accèdent à l'indépendance. L'activité des missions hydrographiques, qui avait été interrompue en 1939 à l'exception de quelques travaux au Maroc (1943-1944), en Guinée (1942-1943), en Côte d'Ivoire (1942), à Madagascar (1943), en Guyane et Martinique (1942), reprend activement dès la fin de la guerre avec la création de quatre missions lourdes, qui prennent en charge des levés systématiques des côtes de France (nord et ouest, à partir de 1947, sud à partir de 1968) ; des côtes du Maroc (1950-1959) ; de la côte ouest d'Afrique (1946-1965) ; des côtes de Madagascar (1946-1964). Une mission légère effectuée de 1947 à 1970 des travaux de géodésie et des sondages en Polynésie. Des travaux de faible ampleur, liés à des activités militaires ou d'assistance technique, sont menés à bien en Indochine entre 1949 et 1958. A partir de 1960, le développement économique de la Nouvelle-Calédonie et particulièrement l'exploitation du nickel, justifient la reprise systématique d'un levé d'ensemble qui se poursuit actuellement, en alternance avec des travaux divers en Polynésie, dont ceux liés aux expériences nucléaires dans le Pacifique (1962-1996).

Alors que la première moitié du 19^e siècle n'a pas apporté de nouveautés techniques majeures en hydrographie, il n'en est pas de même après la deuxième guerre mondiale. On peut même parler de révolutions technologiques, directement issues de la guerre en ce qui concerne la mesure des profondeurs et le positionnement⁽⁸⁾.

L'accession à l'indépendance des pays de l'ex-Union Française (1960) est suivie, en 1965, de la dissolution des missions hydrographiques en Afrique Noire et à Madagascar. Quelques années plus tard, une loi du 2 janvier 1970 a fait disparaître en tant que tel, le corps des ingénieurs hydrographes. Les principaux corps d'ingénieurs militaires sont fusionnés dans le corps des ingénieurs de l'armement.

(8) Le sondeur à ultrasons remplace progressivement le « plomb-poisson » dans les missions à partir de 1940. De ponctuel, le sondage devient linéaire sur les profils de sonde, puis surfacique avec les sondeurs latéraux (à partir de 1973) et les sondeurs multifaisceaux (à partir de 1988). Le positionnement radioélectrique se développe au cours des années 1950 et 1960 (Decca, 1952 ; Rana, 1954 ; Derveaux, 1959 ; Toran, 1961 ; Trident, 1996). Le système Transit de localisation par satellites est implanté sur le D'Entrecasteaux en 1971. Les distancemètres électroniques (géodimètre, telluromètre) entrent en service dans les missions en 1958-1960, et le Global Positioning System (GPS) en 1986.

Le développement dans les années 70 d'une composante sous-marine nucléaire stratégique dans la Marine a été à l'origine d'un profond changement des activités du service hydrographique, qui devient dans le décret de 1971 « *service hydrographique et océanographique de la marine* ». Outre des attributions spécifiques en océanographie militaire, ce décret apporte des nouveautés importantes :



L'EPSHOM en construction

- le service est décentralisé : un « *établissement principal* » (EPSHOM) est créé à Brest, la direction du service demeurant à Paris ;
- les ingénieurs hydrographes et les ingénieurs de direction de travaux dépendent statutairement de la délégation générale pour l'armement (DGA), sous l'appellation d'ingénieurs de l'armement (IA) et d'ingénieurs des études et techniques d'armement (IETA) ;
- les IA sont formés à l'École nationale supérieure de techniques avancées (ENSTA) et les IETA à l'École nationale supérieure des ingénieurs des études et techniques d'armement (ENSIETA).

La lutte sous la mer conduit les marines à étudier les facteurs affectant la propagation du son dans l'eau, dans le contexte de la forte variabilité spatio-temporelle des phénomènes liant la météorologie et l'océanographie. Après un lent démarrage, la situation s'est brusquement débloquée avec les lancements des satellites équipés d'altimètres (SEASAT en 1978, ERS I et II, et surtout Topex-Poseidon, 1992). Une nouvelle organisation de l'océanographie militaire voit le jour en 1990, dans laquelle le SHOM est désormais responsable de toute la chaîne allant des recherches de base à la diffusion des données opérationnelles météo-océanographiques : il est placé pour ses activités de recherche et développement sous la double tutelle du chef d'état-major de la marine (CEMM) et du délégué général pour l'armement (DGA) ; un comité directeur de l'océanographie militaire est institué, présidé alternativement par le CEMM et le DGA, et assisté par un comité scientifique composé de personnalités scientifiques civiles et militaires. Un centre militaire d'océanographie (CMO) est créé ; il comporte des éléments à Brest (EPSHOM) et à Toulouse (BRESM, puis CELENV).



Le centre militaire d'océanographie de l'EPSHOM

COMPLÉMENTS

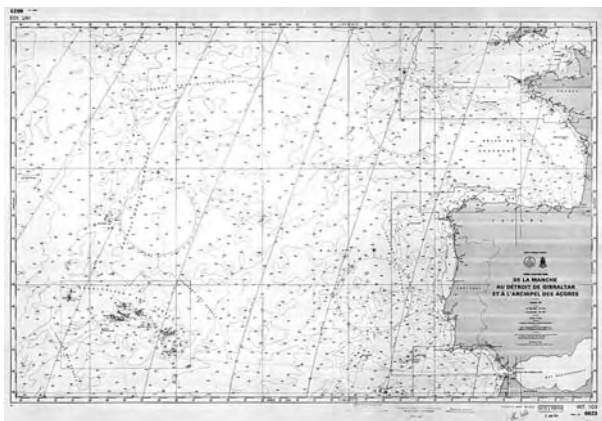
Tableau : Le service hydrographique : chronologie sommaire

1720	Création du « <i>Dépôt général des cartes et plans, journaux et mémoires concernant la navigation</i> » confié au chevalier de Luynes.
1721	Jean-Nicolas Bellin entre au Dépôt.
1772	Mort de Bellin - Jean-Nicolas Buache (membre du Bureau des Longitudes, ancien premier géographe du Roi), lui succède comme chef du Dépôt Général des Cartes et Plans (DCP),
1795	Le vice-amiral de Rosily-Mesros est nommé directeur général du DCP, poste qu'il occupera jusqu'en 1827 - J.N. Buache prend le titre de conservateur ; en 1804, il est nommé « <i>hydrographe de la marine</i> ».
1814	L'Ordonnance du 6 juin crée un « <i>corps des ingénieurs hydrographes de la marine</i> ». Le capitaine de vaisseau Rossel est nommé directeur adjoint du DCP. J.N. Buache et Beautemps-Beaupré deviennent « <i>hydrographe en chef</i> » avec les titres respectifs de conservateur et conservateur adjoint.
1825	Mort de J.N. Buache. Beautemps-Beaupré lui succède avec le titre de conservateur. Cette organisation est maintenue jusqu'en 1848.
1827	Le capitaine de vaisseau Rossel (promu contre-amiral depuis 1822) succède au vice-amiral de Rosily-Mesros ; il meurt en 1829.
1829	P. Daussey devient ingénieur en chef et conservateur adjoint.
1830	Beautemps-Beaupré est nommé directeur adjoint.
1886	L'appellation « <i>service hydrographique de la marine</i> » devient officielle. Le service hydrographique est sous les ordres d'un ingénieur hydrographe en chef ; il est directement rattaché à l'état-major général de la marine.
1890	Le service hydrographique devient un organisme indépendant de l'état-major général de la marine ; il est directement rattaché au ministre, et dirigé par un amiral.
1901	Le service hydrographique repasse sous l'autorité directe de l'état-major de la marine, avec un ingénieur hydrographe à sa tête.
1923	Le service hydrographique devient le service central hydrographique (SCH) ; il dépend de nouveau directement du ministre de la marine.
1939 1945	Mise en sommeil du SCH pendant la deuxième guerre mondiale. En 1942, la direction s'installe à Toulon, mais revient à Paris après l'occupation de la « <i>zone libre</i> ».
1971 (25 mai)	Un décret change l'appellation et l'organisation du service, qui devient sous l'autorité du chef d'état-major de la marine « <i>service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM)</i> ». Entre autres attributions, il lui revient : • d'élaborer des documents répondant aux besoins militaires en matières d'océanographie ; • d'établir des documents nautiques nécessaires à la sécurité de la navigation ; • de centraliser et traiter les informations nautiques, les diffuser ou en contrôler la diffusion ; • de diriger ou contrôler, à la mer et sur le terrain, l'exécution des études et travaux nécessaires à l'accomplissement de sa mission.
1990	Un protocole, au sein de la Défense, entre la délégation générale pour l'armement et l'état-major de la marine (EMM) renforce les attributions du SHOM en océanographie militaire. Création par arrêté d'un comité directeur de l'océanographie militaire.

Le portefeuille français de cartes marines

La carte marine n'est qu'un document parmi bien d'autres (instructions nautiques, livres des feux, radiosignaux, annuaires de marée, etc.), produit par les services hydrographiques, mais il est sans doute le plus symbolique et le plus représentatif des activités hydrographiques.

Le portefeuille des cartes marines d'une nation maritime se compose des cartes originales et des autres cartes. Les cartes originales résultent directement des levés hydrographiques effectués par cette nation ; elles constituent donc le noyau du portefeuille. Les autres cartes comprennent des cartes de compilation, établies à partir de cartes originales d'autres pays en changeant quelque peu l'échelle et les limites de la coupure ; les fac-similés, qui sont des reproductions de cartes étrangères dans lesquelles on a procédé à quelques adaptations des symboles et du titre ; et récemment (1972) les cartes internationales, qui correspondent à un schéma reconnu par l'organisation hydrographique internationale (OHI) et qui peuvent être reproduites par tout pays membre de l'OHI. Les portefeuilles de cartes marines peuvent ne concerner que les zones de souveraineté du pays (ils sont composés dans ce cas de cartes originales exclusivement), ou bien déborder de ces zones pour couvrir une région, ou bien encore couvrir plus ou moins l'ensemble des côtes du globe et ils sont dits mondiaux. Le portefeuille français est de type mondial incomplet ; il est adapté aux ambitions maritimes de la France. Sa composante « *cartes originales* » reflète directement l'ensemble des levés hydrographiques exécutés sur les côtes de France et les DOM/TOM, ainsi que ceux effectués dans l'ex-Union française.



Première carte aux normes INT
publiée par le SHOM (6623/INT 103)

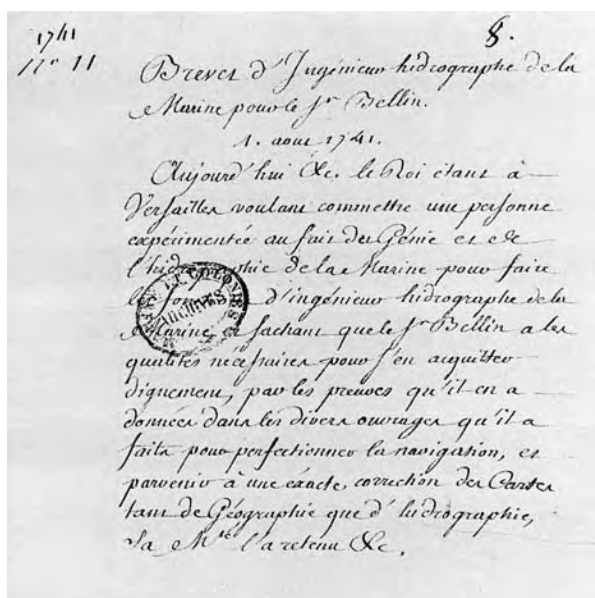
La carte marine est un produit vivant : à sa naissance, on parle de publication ; pendant sa vie, elle subit des corrections manuelles ou par annexes graphiques collées, mais les principales étapes de sa vie sont marquées par des éditions ; enfin, elle meurt, et on parle de suppression. En fixant la naissance du portefeuille français à 1800 (date de la transition entre l'hydrographie ancienne et l'hydrographie « *moderne* »), on constate un démarrage assez lent (une dizaine de publications par an) de la production cartographique, puis une rapide montée en puissance de 1840 à 1870 (année où elle

dépasse 100 publications), avant une décroissance, un peu moins rapide que la croissance de la phase antérieure, entre 1870 et 1920, pour se stabiliser ensuite aux alentours d'une vingtaine de publications par an. La production cumulée de 1800 à 1985 est de 6 600 publications. Le portefeuille français a inexorablement vieilli avec le temps. Les causes du vieillissement du portefeuille sont faciles à reconnaître. Dans une première phase (jusqu'à la première guerre mondiale), l'information bathymétrique est modérée et les besoins de mise à jour réduits. Dans la phase suivante, et surtout depuis la deuxième guerre mondiale, la multiplication des levés systématiques engendre une production foisonnante de cartes et la tenue à jour pose des problèmes aigus. L'âge moyen du portefeuille est passé de 18 ans en 1880, date à laquelle il avait atteint son régime de croisière avec 3 000 cartes, à 62 ans en 1970. C'est ainsi que le service hydrographique a été contraint de réduire, en 1980, son portefeuille de 3 000 cartes (dont 540 pour la métropole + DOM/TOM et 300 pour l'ex-Union Française), à 1 900 cartes (dont 460 pour la métropole + DOM/TOM et 300 pour l'ex-Union Française). Il en est résulté un rajeunissement d'une douzaine d'années, jugé insuffisant puisque de nouvelles opérations de réduction ont porté le portefeuille à 1 300 cartes en 1990. Il est évident que 1 300 cartes ne peuvent suffire pour couvrir les besoins des navigateurs français sur l'ensemble des côtes du globe. Le portefeuille anglais, qui a cette prétention, comprend plus de 3 000 cartes. La France a donc choisi les zones et les échelles prioritaires correspondant aux besoins de son trafic international civil et militaire. Pour le reste, il est fait appel aux « *portefeuilles de complément* » composés principalement de cartes anglaises.

La cartographie : une affaire de famille sous l'Ancien Régime

Un des aspects typiques de la gestion sous l'Ancien Régime est son caractère familial et héréditaire. Ce fut bien le cas pour le service hydrographique. Louis XIII, qui avait créé le titre de géographe du roi, combla de faveurs Nicolas Sanson. Claude Delisle (1644-1720) fut son élève et acquit la célébrité en devenant historiographe du roi. L'un de ses douze enfants, Guillaume Delisle (1675-1726) fut un parfait géographe à son époque. Élève de Cassini, il avait une culture mathématique, doublée d'une solide culture historique, de sorte que c'est en érudit et critique qu'il aborda les problèmes complexes de compilation de relations de voyages pour établir des cartes. Il fut nommé en 1718 géographe du roi, et chargé d'enseigner la géographie au jeune roi Louis XV. Le magasin où il vendait ses cartes « *rue des Canettes, près du Saint Sulpice* » était le rendez-vous des célébrités de son temps. A sa mort, en 1726, son élève Philippe Buache continua à exploiter le fonds de son maître, puis épousa en 1729 sa fille. Il succéda à son beau-père dans la charge de premier géographe du roi, et entra à l'Académie en 1730 comme adjoint-géographe. A la mort de Bellin, en 1772, Jean-Nicolas Buache lui succéda. Il était le neveu de Philippe Buache, fut aussi premier géographe du roi, et entra à l'Académie des Sciences en 1795. C'est Jean-Nicolas

Buache, connu sous le nom de Buache de la Neuville, qui fit entrer au Dépôt, en 1785, son cousin germain Beautemps-Beaupré. Ce rappel historique attire notre attention sur plusieurs points :



Brevet d'ingénieur hydrographe (Bellin)

- Le caractère aristocratique de la géographie et de l'hydrographie est marqué par l'intérêt que porte directement le Roi aux disciplines afférentes et aux grandes expéditions. Le prestige de l'astronomie et de la géodésie est directement lié à l'intérêt qui, en retour, favorise le développement des géosciences ;

- La combinaison des caractères familiaux et héréditaires des charges étatiques, sous l'ancien régime, a favorisé la continuité indispensable à une activité basée sur une bonne gestion des archives et a permis néanmoins la sélection de personnalités de premier plan.

De 1838 à 1914 : l'explosion du savoir-faire hydrographique sur un immense théâtre géographique

En 1838, les travaux de levés hydrographiques, dirigés par Beautemps-Beaupré, sur les côtes nord et ouest de France viennent de s'achever. Les équipes de terrain sont parfaitement entraînées à la pratique des nouvelles méthodes. Un champ immense d'activités les attend.

De 1839 à 1844, les côtes sud de France sont levées et, dans la foulée, une partie de celles d'Italie pendant les trois années suivantes. Durant la même période, des reconnaissances hydrographiques sont effectuées en Corse, en Sardaigne, en Algérie, dans la mer Noire, au Sénégal, au Brésil, à la Martinique, etc., tandis que se déroule la dernière vague des grands voyages de circumnavigation et de découvertes. Les travaux de levés en Italie, interrompus par la Révolution de 1848, reprennent dès 1849 et sont poursuivis jusqu'en 1858, atteignant le détroit de Messine. Entre 1852 et 1854, le détroit de Gibraltar et les côtes adjacentes d'Espagne et du Maroc sont levées. Pendant la guerre de Crimée (1854-1855), des ingénieurs hydrographes embarqués dans l'Escadre de la Méditerranée lèvent les

abords de Sébastopol et le Bosphore. Une première phase d'exploration et de travaux expédiés en Indochine, directement liée à la conquête, s'étend de 1857 à 1887. Une deuxième période, qui va de 1887 à 1905, est consacrée à des reconnaissances ; elle comprend une parenthèse, de 1887 à 1895, pendant laquelle les opérations en Indochine sont mises en sommeil au profit des travaux à Madagascar, jugés prioritaires. La troisième période, qui s'étend de 1905 à 1939, sera consacrée à des travaux réguliers, avec une autre parenthèse, celle de la première guerre mondiale. De 1883 à 1885, pendant la guerre de Chine, les hydrographes sont embarqués dans l'escadre de l'amiral Courbet, et participent aux opérations militaires, en effectuant des levés aux Faïtzilong, à Foutchéou, à Formose, aux Pescadores. Les travaux à Madagascar, entrepris en 1887, se poursuivront régulièrement jusqu'en 1914. D'autres travaux importants sont exécutés par des officiers et des ingénieurs à Terre-Neuve, au Brésil, en Algérie, en Nouvelle-Calédonie, à la Guadeloupe, au Japon, à Tahiti, aux Tuamotu, aux Marquises, aux Nouvelles-Hébrides, au Gabon et au Congo, au Sénégal et sur les côtes de Mauritanie, en Tunisie.



Séance de sonde au plomb-poisson (Cherbourg, 1937)

Une révision systématique des levés sur les côtes de France est entreprise en 1865 ; elle durera jusqu'en 1895. Elle commence, avec Bouquet de la Grye, sur les côtes ouest, et porte ensuite principalement (surtout entre 1874 et 1893) sur les embouchures des fleuves. Les travaux sont en partie programmés à la demande et avec le concours du département des travaux publics. Ils correspondent généralement aux grands estuaires, naturellement soumis à d'importantes variations de profondeur et objet d'approfondissements pour les nécessités d'un trafic et de tirants d'eau plus importants. Les levés suivants illustrent cette hydrographie des embouchures et d'études de régime des côtes : Gironde (Heraud, 1892) ; Loire (Hanusse, 1893) ; Seine (Renaud, 1894) ; Loire (La Porte, 1901) ; barre de la Gironde (Cauvet, 1904) ; atterrages du Havre (Driencourt, 1907) ; Basse Loire (Cot, 1910) ; Gironde (Fichot, 1912) ; Seine (Cot, 1913).

La mise en service de nouveaux bâtiments de guerre, tels que les torpilleurs, en 1895, et plus tard, les sous-marins, destinés à naviguer près des côtes,



Salle de dessin de la Chimène

demande une révision des cartes, au moins pour les abords des ports militaires et leurs zones de navigation. Cette révision commence à peu près en même temps sur les côtes sud et ouest de France. La révision de la côte sud, de la frontière d'Espagne à celle d'Italie, est conduite de 1895 à 1898, successivement par Favé et Mion, avec un levé de détail de la rade et des abords de Toulon. Sur la côte ouest, les reconnaissances commencent en 1897 par les abords de Brest et sont poursuivies jusqu'à Quiberon, en 1908. Les changements dans les fonds aux abords de Calais et Dunkerque font porter les efforts sur les côtes nord.

Le dynamisme et la compétence du service, à cette époque, se reconnaissent à ses nombreuses participations à des missions privées, ou organisées par d'autres départements ministériels : reconnaissances du Haut-Yang-Tsé (1901 à 1912) ; exploration du Haut-Sénégal et du Niger (LV Mazeran, Le Blevec, Millot) ; explorations antarctiques du docteur Charcot ; missions du comité du Maroc ; missions du Congo (ingénieur hydrographe Roussilhe) et du Gabon (LV Audoin).

Annexe 1

Chronologie d'événements ou inventions intéressant directement (*) ou indirectement (**) l'hydrographie française

1440	** • Invention de l'imprimerie en caractères mobiles (GUTENBERG)
1453	• Prise de Constantinople par les Turcs et repli des Grecs sur l'Occident
1460	• Mort de Henri le Navigateur
1482	* • Gravure sur bois de l'oeuvre de Ptolémée • Naissance de Pierre DESCELIERS (1482-1553), fondateur de l'hydrographie française
1487	• Bartolomeu DIAS double le cap de Bonne-Espérance
1492	• Christophe COLOMB atterrit aux Indes occidentales, en croyant avoir atteint Cipangu (Japon)
1494	• Traité de TORDESILLAS
1497	• John CABOT parvient en Nouvelle-Ecosse
1498	• Vasco de GAMA touche l'Inde
1500	• CABRAL découvre le Brésil
1502	• Première figuration d'une échelle de latitudes sur un planisphère, de CAVERIO
1513	• Nunez de BALBOA aperçoit l'océan Pacifique après avoir traversé l'isthme de Panama
1519	• Première figuration de l'échelle des longitudes sur l'Atlas de Lopo HOMEN (dit Atlas de MILLER)
1520	* • MAGELLAN franchit le détroit qui porte son nom • Publication du « <i>Routier</i> » de GARCIE dit FERRANDE
1521	• Le compagnon de MAGELLAN (ELCANO) boucle le 1 ^{er} tour du monde
1534	• Jacques CARTIER explore le Saint-Laurent
1543	• COPERNIC met fin au géocentrisme (remplacé par l'héliocentrisme)
1569	** • Publication du planisphère de MERCATOR
1577-1580	• Première circumnavigation anglaise du globe par Francis DRAKE
1584	• Publication de l'Atlas de WAGHENAER
1594	** • WRIGHT donne une solution graphique correcte au problème des latitudes croissantes (publication en 1599)
1595	• Publication de l'Atlas de MERCATOR (le terme Atlas est utilisé pour la 1 ^{re} fois)
1601	* • Publication de la première carte française en projection de MERCATOR, par Guillaume LEVASSEUR
1604	• CHAMPLAIN crée une colonie en Acadie (Nouvelle-Écosse)
1606	• TORRES reconnaît le détroit qui porte son nom
1608	• CHAMPLAIN s'installe au Québec
1609	** • Mise au point de la lunette de GALILÉE
1609-1618	• Établissement des lois de KEPLER (1571-1630)
1614	** • NAPIER invente les logarithmes
1615	** • SNELLIUS met au point la méthode de la triangulation (bases, triangles)
1620	** • Invention du quartier de DAVIS (précision 2')
1635	• La Compagnie des îles d'Amérique occupe la Guadeloupe et la Martinique
1640	• Impression des premières cartes (par opposition aux atlas) par les Flamands

1642	• Mort de GALILÉE (1564-1642) • Fondation de Montréal • Fondation de Fort Dauphin (Madagascar) par la compagnie française des Indes orientales
1642-1643	• TASMAN découvre la Nouvelle-Zélande et la Tasmanie
1643	* • Publication du « <i>Traité d'hydrographie</i> » du Père FOURNIER
1658	** • HUYGENS (1629-1695) invente le pendule et le ressort spiral (Il s'installe en France en 1663)
1659	• Fondation de Saint-Louis du Sénégal
1660	• Création de la « <i>Royal Society</i> »
1661	* • COLBERT (1619-1683) incorpore l'École d'hydrographie de Dieppe dans la Marine
1664	• COLBERT crée la Compagnie des Indes occidentales et la Compagnie des Indes orientales
1666	** • Création de l'Académie des Sciences
1667	** • Création de l'Observatoire de Paris
1668	** • Publication d'éphémérides par CASSINI (contenant la table des occultations des satellites de Jupiter)
1669-1670	• Mesure de l'arc de méridien Amiens - La Ferté Allais par PICARD
1670-1689	* • Premières missions hydrographiques sur les côtes de France
1672-1681	** • LA HIRE et l'abbé PICARD déterminent la position astronomique d'une cinquantaine de points en France (satellites de Jupiter)
1674	• Abandon de Madagascar. Installation française dans l'île Bourbon (Réunion) et l'île de France (Maurice)
1675	• Création du « <i>Royal Observatory</i> » de Greenwich
1676	• Installation française à Pondichéry
1679	* • Première publication de la « <i>Connaissance des Temps</i> »
1680	* • COLBERT confie les archives de la Marine à PENE
1681	• Greenville COLLINS reçoit l'ordre de lever les côtes métropolitaines anglaises
1682	• CAVELIER de la SALLE (1643-1687) reconnaît la Louisiane et le Mississippi • Publication de la première carte de France par l'Académie
1683	• Mort de COLBERT
1687	• NEWTON (1642-1727) publie la loi de la gravitation universelle
1689	• Publication de l'Atlas de VAN KEULEN
1693	* • Publication du « <i>Neptune français</i> » • Publication du « <i>Great Britain's Pilot</i> »
1695	** • James GREGORY établit la théorie des latitudes croissantes
1699	** • Invention de l'octant par NEWTON
1713	• Traité d'Utrecht • Premières éphémérides de NEWTON
1714	• La France cède Terre-Neuve, l'Acadie et la Baie d'Hudson à l'Angleterre • Un Acte du Parlement anglais met au concours une méthode améliorant la connaissance des longitudes
1720	* • Création du « <i>Dépôt des cartes et plans</i> »
	* • Publication de la nouvelle carte générale de la Méditerranée
1721	* • Jean-Nicolas BELLIN (1703-1772) entre au « <i>Dépôt des cartes et plans</i> »
1728	• Le Danois Vitus BEHRING (1681-1741) reconnaît le Détroit qui porte son nom
1731	** • Présentation de l'octant à réflexion par l'astronome anglais John HADLEY
1732	** • Invention du tube de Pitot (mesure des courants)

1735-1745	• Mesure d'un arc de méridien au Pérou (LA CONDAMINE, BOUGUER)
1736-1737	• Mesure d'un arc de méridien en Laponie (MAUPERTUIS, CELSIUS)
1739-1740	** • Mesure de la méridienne de France (CASSINI III, LA CAILLE)
1744	• Fin de la 1 ^{re} triangulation de la France
1745	* • Publication du « <i>Neptune orientale</i> » de D'APRES DE MANNEVILLE (1708-1780)
1747	• Décision de l'Académie de dresser la carte de France au 1/86 400
1750-1815	• Établissement de la carte de CASSINI
1750	* • Publication du Traité de la navigation de BOUGUER
1752	* • Création de l'Académie de Marine (Brest)
1756	• Début de la Guerre de sept ans
1763	• Traité de Paris La France perd le Canada, la Louisiane, la Dominique, Saint-Vincent, Tobago, la Grenade, le Sénégal. Elle conserve cinq comptoirs en Inde, Saint-Domingue, la Martinique, la Guadeloupe, les Mascareignes (île Bourbon, île de France)
1764	* • Publication du « <i>Petit Atlas Maritime</i> » de BELLIN
1766-1769	• Voyage de BOUGAINVILLE autour du monde (la « <i>Boudeuse</i> », la « <i>Belle Etoile</i> »)
1767	• Première publication du « <i>Nautical Almanac</i> »
1768-1771	• Premier voyage de COOK (1728-1778)
1770	** • Le problème du « <i>transport du temps</i> » à la mer (longitude) est résolu par le chronomètre • Publication du « <i>Treatise on Maritime Surveying</i> » de Murdoch MACKENZIE SENIOR (1712-1797), qui recommandait en particulier l'emploi des instruments à réflexion
1772-1775	• Deuxième voyage de COOK (« <i>Adventure</i> », « <i>Resolution</i> »)
1774-1857	• BEAUFORT
1775	* • BORDA modifie l'octant et le transforme en cercle à réflexion ** • Mise au point de l'usage du compas
1776-1778	• Troisième voyage et mort de COOK (« <i>Resolution</i> », « <i>Discovery</i> »)
1778-1783	• Guerre de l'Indépendance des États-Unis
1783	* • BEAUTemps-BEAUPRÉ (1766-1854) rentre (à 18 ans) au « <i>Dépôt des cartes et plans</i> » • Le Sénégal et Tobago sont rendus à la France • Mort de CASSINI
1784	• Publication de l'« <i>Atlantic Neptune</i> » (américain) de DE BARRES
1785-1788	• Expédition de LAPÉROUSE (1741-1788) (« <i>Astrolabe</i> » et « <i>Boussole</i> »)
1791-1794	• Expédition de D'ENTRECASTEAUX (1737-1793) (« <i>Recherche</i> », « <i>Espérance</i> »)
1794	• La Convention abolit l'esclavage (rétabli par BONAPARTE)
1795	• L'Amirauté britannique recrute DALRYMPLE (1737-1808) pour créer son service hydrographique ** • Création du « <i>Bureau des Longitudes</i> »
1796	** • Invention de la lithographie (possibilité couleurs)
1799-1812	* • Levés de reconnaissance de divers points des côtes de l'Empire (Escaut, Adriatique, Allemagne) par BEAUTemps-BEAUPRÉ
1799	** • Création du système métrique
1800	** • La carte marine, objet de consultation (atlas), devient progressivement un document de passerelle
1800-1803	• Voyage du capitaine de vaisseau BAUDIN (1750-1803) (« <i>Géographe</i> » et « <i>Naturaliste</i> »)
1808	* • Publication de la « <i>Relation du voyage du contre-amiral BRUNY D'ENTRECASTEAUX</i> », contenant la doctrine de BEAUTemps-BEAUPRÉ sur les levés hydrographiques

1814	* * • Début de la publication des « <i>Annales maritimes et coloniales</i> », qui contiennent des renseignements intéressant les navigateurs • Création du « <i>corps Royal des Ingénieurs Hydrographes</i> »
1816-1838	* • Levé des côtes métropolitaines de France (nord et ouest) par BEAUTEMPS-BEAUPRÉ
1817-1820	• Voyage du capitaine de frégate DE FREYCINET (1779-1842) (« <i>Uranie</i> »)
1818	• Début de la nouvelle triangulation de la France, en vue de la publication de la carte d'état-major au 1/80 000
1819	• Le premier bâtiment à vapeur (« <i>Savannah</i> ») traverse l'Atlantique
1822-1825	• Voyage du capitaine de frégate DUPERREY (1786-1865) (« <i>Coquille</i> »)
1823	• Les cartes marines anglaises sont mises en vente dans le public
1824	• Démarrage de la carte d'état-major
1826	• DILLON relève des indices du naufrage de LAPÉROUSE
1826-1829	• Voyage du capitaine de frégate DUMONT D'URVILLE (1790-1842) (« <i>Astrolabe</i> », ex « <i>Coquille</i> », « <i>Zélée</i> »)
1827	• Voyage de René CAILLÉ
1829-1855	• Levé systématique des côtes anglaises
1829-1832	• Reconnaissance de la côte du Brésil par le commandant BARRAL (« <i>Emulation</i> »)
1834	• Première publication des « <i>Notices to Mariners</i> »
1835	** • Première expérience de télégraphie électrique par MORSE
1835-1837	• Voyage du capitaine de corvette VAILLANT autour du monde « <i>Bonite</i> »
1836-1839	• Voyage du capitaine de frégate DUPETIT THOUARS (« <i>Vénus</i> »)
1837-1840	• Voyage du capitaine de frégate DUMONT D'URVILLE (« <i>Astrolabe</i> » et « <i>Zélée</i> »)
1838-1958	* • Publication des « <i>Recherches hydrographiques sur le régime des côtes</i> »
1839	* • Publication du premier annuaire de marée en France
1839-1840	• Voyage de « <i>Recherche</i> » avec la Commission Scientifique du Nord (Groenland, Spitzberg, Islande)
1840	* • Début de la mise en pratique du système métrique au service hydrographique
1841-1842	• Levé des côtes méridionales de Sardaigne
1842	* • Démarrage des <i>Instructions nautiques</i>
1842-1846	• Voyage en Australie et Nouvelle-Zélande du « <i>Rhin</i> » (Auguste BERARD)
1846-1858	• Levé des côtes d'Italie (jusqu'à Naples, plus les îles Lipari et le détroit de Messine)
1848	* * • Début de la publication des « <i>Annales hydrographiques</i> » • BEAUTEMPS-BEAUPRÉ prend sa retraite • Matthew FONTAINE MAURY (1804-1873) lance ses fameuses publications nautiques (<i>Pilot charts et Sailing directions</i>)
1848-1851	• Travaux sur la côte occidentale d'Afrique (fleuve Sénégal, estuaire du Gabon)
1850	* * • Premiers « <i>Avis aux navigateurs</i> » en France • Début de la mise à jour des cartes marines • Voyage de LIVINGSTONE en Afrique australe
1850-1870	• Développement du réseau de câbles sous-marins
1852-1855	• Travaux hydrographiques au Portugal, en Espagne, au Maroc et dans le détroit de Gibraltar
1853-1855	• Travaux hydrographiques en mer Noire
1856	* • Les « <i>Avis aux navigateurs</i> » (périodicité 15 jours) font l'objet de tirés à part
1857	** • Apparition des embarcations à vapeur

1857-1860	• Levé des côtes du Brésil par l'Amiral MOUCHEZ
1858	** • Première liaison télégraphique à travers l'Atlantique
1863	* • Installation d'un atelier photographique au service hydrographique
1865	* • Les sondes des cartes des côtes de France sont systématiquement transformées de pieds en mètres * • Création de l'« <i>École de pilotage</i> » (côtes de France) • Première impression en couleurs des cartes marines (US Hydrographic Office)
1866	** • Pose du premier câble transatlantique
1873	• Francis GARNIER conquiert le delta tonkinois
1875-1882	• SAVORGNAN DE BRAZZA explore le Gabon
1880	** • Généralisation du compas liquide
1882-1883	• Première année polaire internationale
1884	** • Le méridien de Greenwich devient officiellement le méridien origine
1885	* • Développement des chaloupes à vapeur
1886	* • Le « <i>Dépôt des cartes et plans</i> » devient le « <i>service hydrographique de la Marine</i> »
1890	• BRANLY invente la télégraphie sans fil (TSF)
1894	• Séparation du « <i>Ministère de la Marine et des Colonies</i> »
1895-1914	* • Mise en service des torpilleurs (défense des côtes)
1899	** • MARCONI applique l'invention de BRANLY au radiotélégraphe
1910	* • Création du « <i>certificat d'aide hydrographe</i> » ** • Premières émissions de signaux horaires à partir de la Tour Eiffel
1913	** • Le méridien de Greenwich est adopté comme méridien origine sur les cartes marines françaises
1919	* • Premiers essais de sondage acoustique par P. Marti.
1921	* • Création du « <i>Bureau Hydrographique International</i> » (BHI) à Monaco * • Le « <i>plomb-poisson</i> » remplace la ligne de sonde en chanvre
1927	* • Mise au point du sondeur ultrasonique « Langevin-Florisson-Marti »
1932-1933	• Deuxième année polaire internationale
1934	* • Création de la spécialité d'hydrographe chez les officiers marins
1940	* • Le sondeur à ultrasons remplace progressivement le « <i>plomb-poisson</i> » dans les missions hydrographiques
1947	* • Création du « <i>Comité d'Océanographie et d'Études des Côtes</i> » (COEC)
1954	* • Premier système de radiolocalisation hydrographique français.
1958	* • Les rapports de réunions de « <i>grandes commissions nautiques du littoral</i> » font suite aux « <i>Recherches hydrographiques sur le régime des côtes</i> »
1958-1960	* • Apparition des distances-mètres (géodimètre, telluromètre) dans les missions hydrographiques
1960	• Indépendance des pays de l'ex-Union Française
1961	• Création du « <i>Centre National d'Études Spatiales</i> » (CNES)
1965	* • Dissolution des missions hydrographiques en Afrique noire et à Madagascar * • Dissolution de l'École de Pilotage
1969	* • Les satellites Transit sont utilisés pour la détermination des positions géographiques dans les missions hydrographiques
1970	* • Création par la Délégation Générale pour l'Armement (DGA) de l'« <i>École Nationale Supérieure de Techniques Avancées</i> » (ENSTA). Les ingénieurs hydrographes, devenus ingénieurs de l'armement, y sont désormais formés dans l'option « <i>océanologie</i> »

1971	* • Transformation, par décret, du « <i>Service central hydrographique</i> » en « <i>Service Hydrographique et Océanographique de la Marine</i> » (SHOM)
	* • Suppression du COEC
1973	* • Introduction du « <i>sondeur latéral</i> » dans les missions hydrographiques
1975	* • Création de l'« <i>École Nationale Supérieure des Ingénieurs des Études et Techniques d'Armement</i> » (ENSIETA) Faisant suite aux ingénieurs de direction de travaux, les ingénieurs des études et techniques d'armement (IETA) y sont désormais formés
1986	* • Introduction du GPS dans les missions
1988	* • Apparition du sondeur multifaisceaux petits fonds dans les missions hydrographiques
1990	* • Création d'un « Comité directeur de l'océanographie militaire » et d'un « Comité scientifique de l'océanographie militaire »
1991	** • Lancement du satellite ERS 1
1992	** • Lancement du satellite TOPEX/POSEIDON
1993	* • Mise en service d'un sondeur multifaisceaux grands fonds

Annexe 2

Chronologie des travaux hydrographiques français de 1800 à 1997

[illegible]

1885 La Chine abandonne l'Annam et le Tonkin à la France. Etablissement d'un protectorat sur Madagascar

1886 Le Gabon devient colonie française

1887 Condominium franco-britannique sur les Nouvelles-Hébrides. Constitution de l'Union Indochinoise

1888 Fondation de Djibouti et de la côte française des Somalis

1893 Création de la Côte d'Ivoire

1895-1905 Occupation de Madagascar

1898 Affaire de Fachoda

1900 Les Français pénètrent au Tchad

1904 Fondation de l'AOF. Conclusion de l'« Entente cordiale »

1906 Condominium franco-britannique sur les Nouvelles-Hébrides

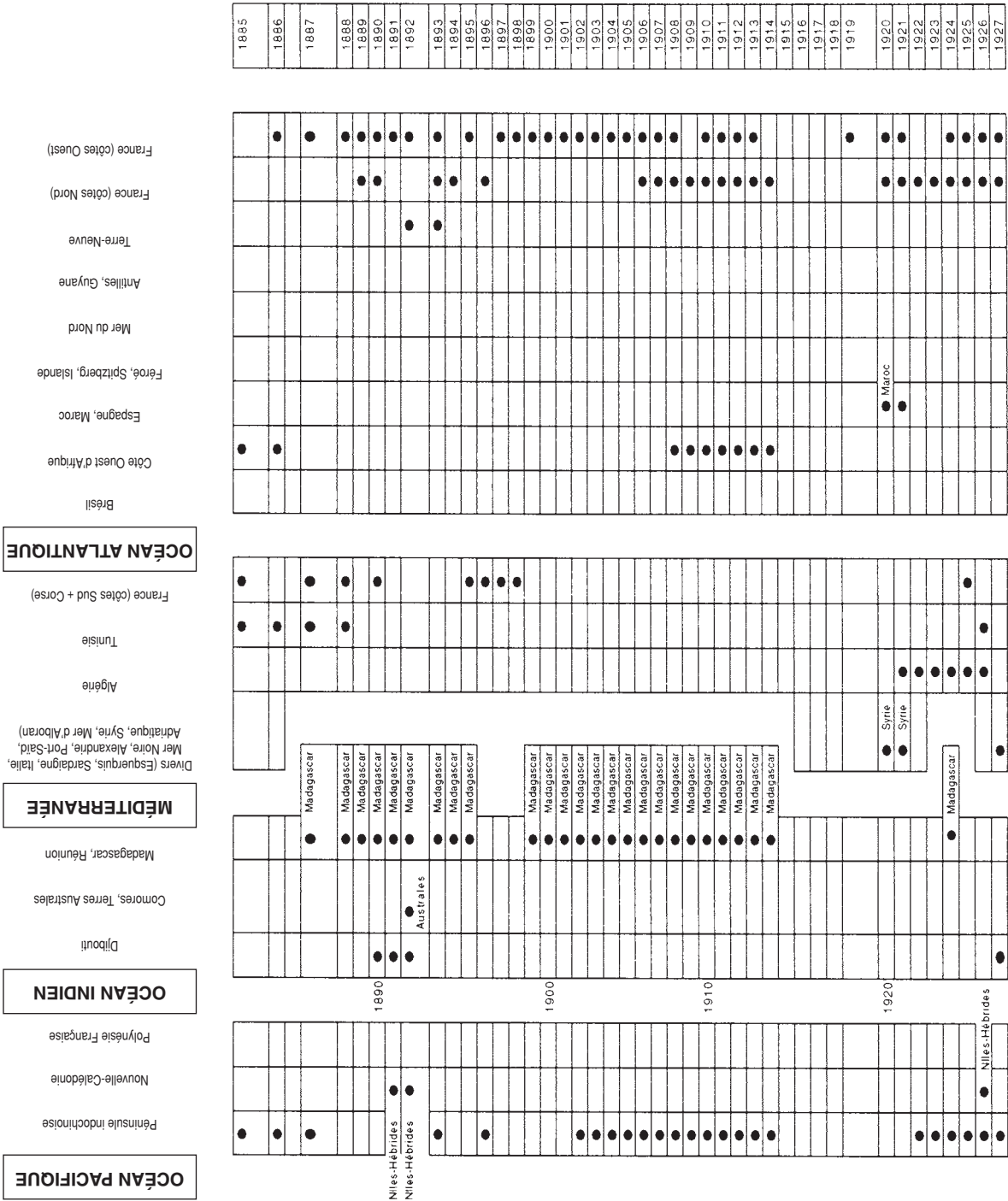
1910 Fondation de l'AEF

1912 Protectorat sur le Maroc

1914 Début 1^{re} guerre mondiale. Achèvement du canal de Panama

1918 Fin 1^{re} guerre mondiale

1919 Mandat français sur le Cameroun, le Togo, le Liban, la Syrie, accordé par la société des Nations



[illegible]

LES ANNALES HYDROGRAPHIQUES

Jean BOURGOIN
Ingénieur général de l'armement (hydrographe) (2^e S)

RAPPEL HISTORIQUE

La publication des « *Annales hydrographiques* » remonte à 1848. Auparavant, et depuis 1814, les « *Annales maritimes et coloniales* » (1809-1847) publiaient deux volumes par an, l'un consacré aux « *lois et ordonnances* », et l'autre sous une appellation « *scientifique et technique* », consacré aux comptes rendus de voyages d'exploration et de reconnaissances hydrographiques, aux extraits de journaux de navigation, aux avis aux navigateurs, etc. Cette composante hydrographique des « *Annales maritimes et coloniales* » fut publiée séparément à partir de 1845, sous le titre de « *Mélanges hydrographiques* ». A la cessation, en 1847, de la publication des « *Annales maritimes et coloniales* » et des « *Mélanges hydrographiques* », les « *Annales hydrographiques* » prirent la relève de ces derniers.

Dans le premier volume des Annales, celui de 1848, l'ingénieur hydrographe en chef P. Daussey, explique les objectifs de cette nouvelle publication. Il s'agit d'informer le navigateur des dangers découverts récemment ; de lui donner la description du balisage ; de publier des instructions nautiques¹ françaises, ou provenant de marines étrangères ; d'informer les marins des navigations des bâtiments de l'État dans des parages mal connus ; de rapporter les voyages maritimes scientifiques ; de signaler les publications nouvelles ; de publier des mémoires scientifiques sur les sciences nautiques. Il ajoute qu'on fera appel aux meilleures publications étrangères, en citant notamment le « *Nautical Magazine* », le « *Moniteur des Indes orientales et occidentales* », les « *Annales maritimes portugaises* ».

Les « *Annales hydrographiques* » (AH) comprennent les cinq séries suivantes :

- 1^{re} série : AH 1848 à AH 1878 41 volumes
- 2^e série : AH 1879 à AH 1916 36 volumes
- 3^e série : AH 1917 à AH 1949 21 volumes
- 4^e série : AH 1950 à AH 1972 18 volumes
- 5^e série : AH 1973 à AH 1997 20 volumes
(série en cours)

Les volumes de la 1^{re} série sont divisés en deux parties. La première partie, consacrée à l'hydrographie pratique, comprend trois sections : section 1 : Avis aux navigateurs ; section 2 : Instructions nautiques, relations de voyages, documents hydrographiques ; section 3 : documents divers, mélanges, bibliographie, cartographie. La deuxième partie est composée de mémoires et notices scientifiques concernant l'hydrographie et la navigation. Jusqu'en 1861, les avis aux navigateurs, très volumineux, occupent la première place. A partir de

ANNALES HYDROGRAPHIQUES,

RECUEIL

D'AVIS, INSTRUCTIONS, DOCUMENTS ET MÉMOIRES

RELATIFS

A L'HYDROGRAPHIE ET A LA NAVIGATION,

PUBLIÉ

PAR LE DÉPÔT GÉNÉRAL DE LA MARINE.

1^{re} PARTIE.

AVIS AUX NAVIGATEURS,
INSTRUCTIONS NAUTIQUES, DOCUMENTS
DIVERS
revus ou mis en ordre
par B. DARONDEAU,
ingénieur hydrographe de la marine.

2^e PARTIE.

MÉMOIRES, NOTICES SCIENTIFIQUES
concernant
L'HYDROGRAPHIE ET LA NAVIGATION,
par
des ingénieurs hydrographes, des officiers de
la marine, etc.

TOME PREMIER.

ANNÉES 1848-1849.

PARIS,

IMPRIMERIE ADMINISTRATIVE DE PAUL DUPONT,
RUE DE GRENNELLE-SAINT-HONORÉ, 55.

1849.

Couverture du 1^{er} volume des Annales Hydrographiques

1861, ils apparaissent en fin de table des matières. Dans la pratique, la publication des Annales étant trimestrielle pour en faciliter la diffusion, et la table des matières étant unique par volume, il en résulte un désordre apparent lorsque l'on feuillette l'ouvrage. Il est à noter aussi que, pour mieux répondre aux exigences de la tenue à jour des documents nautiques, les avis aux navigateurs font l'objet d'une publication séparée à partir de 1865.

Dans la deuxième série, les avis aux navigateurs ont disparu et l'on a regroupé les thèmes de la 1^{re} série sous deux rubriques : section 1 : « *Instructions nau-*

(1) Depuis 1842, des Instructions nautiques viennent compléter les documents cartographiques et iconographiques (vues des côtes) des côtes de France, contenus dans le « *Pilote français* ».

tiques ; relations de voyages ; renseignements relatifs à l'hydrographie et à la navigation » ; section 2 : « Notes et observations scientifiques ; mélanges ; bibliographie ».

Dans la troisième série et la quatrième série, les thèmes ne changent pas, mais ils ne sont plus explicités, et la priorité, dans la table des matières, est en principe donnée aux missions hydrographiques.

Dans la cinquième série (en cours), les deux parties de la table des matières, sans intitulé, concernent respectivement les notes scientifiques et les missions hydro-océanographiques.

Les ouvrages des quatre premières séries sont dans le format « in-octavo-feuille de raisin » ; ceux de la 5^e série sont dans le format A4. Pour diminuer les délais de diffusion des articles, chaque volume est d'abord publié en trois ou quatre fascicules, chacun ayant sa propre pagination et table des matières. L'absence d'une table des matières et d'une pagination globales par volume constitue un défaut rédhibitoire pour la consultation. À l'exception de la première série et de la cinquième série (en cours), il existe par série, des tables récapitulatives des noms d'auteurs d'articles et titres de leurs travaux, ainsi que des thèmes traités² par ordre chronologique pour chacun d'eux.

Jusqu'en 1911, les Annales comportent un index alphabétique des noms de lieux. Ces diverses tables permettent, malgré la grande richesse des informations contenues dans les Annales, de faire assez rapidement des recherches efficaces. Il serait cependant souhaitable de créer une banque de données informatisée pour l'ensemble des Annales.

Présentation résumée

Les cent trente six volumes des Annales traduisent la vie du service hydrographique depuis cent cinquante ans. Ils sont comme un journal des hydrographes français ayant consigné les faits majeurs les concernant et leurs propres travaux. Mémoire essentielle des sciences et techniques afférentes à la navigation, à l'hydrographie, et dans une moindre mesure à l'océanographie, les Annales apportent le témoignage des marins et ingénieurs à leur évolution. Elles présentent un double aspect, reflétant bien la vocation de dialogue du service hydrographique entre marins et hydrographes : elles accueillent, d'une part, les informations les plus diverses utiles aux navigateurs et enregistrent, d'autre part, avec rigueur, les rapports de missions des ingénieurs et leur production scientifique. Elles constituent, sur la longue durée, un outil de travail et un archivage scientifique et technique, dont peu d'organismes peuvent se prévaloir. Elles ne sont cependant connues, en dehors du personnel du service hydrographique, que d'une poignée d'initiés³.

Le contenu des Annales a largement évolué avec le temps. Grosso modo, alors qu'au début, les informations provenant des navigateurs ou qui leur sont destinées occupent la place la plus importante, on assiste progressivement à leur remplacement par des ouvrages spécifiques (instructions nautiques, livres des feux et des radiosignaux, etc.) et dans la période actuelle, la totalité du contenu est représenté par des rapports de mission et des études scientifiques. Une revue rapide suggère quelques réflexions complémentaires.

Parcourir les Annales, c'est pour commencer, courir les océans et découvrir les côtes du globe, rencontrer les peuples et les civilisations de toute la Terre, traverser l'histoire, vivre les émotions, les joies et les peines des navigateurs et des explorateurs. C'est aussi, pour les ingénieurs, parcourir l'histoire des sciences et des techniques de l'« hydrographie ». La « haute époque » des Annales, jusque vers 1900 environ, est riche de récits passionnants, écrits dans un français littéraire. La traite des noirs, la piraterie, le cannibalisme y ont leur place, dans un cadre exotique. Les officiers de marine, les capitaines au long cours, les explorateurs, les missionnaires, avaient beaucoup de choses à nous dire. Leurs récits occupent la période de transition entre la dernière vague des grandes circumnavigations (1830-1840), qui s'achève avec la naissance des Annales (1848), et les temps nouveaux, d'une navigation plus sûre, grâce à eux, et d'un trafic maritime, qui va se développer rapidement au début du 20^e siècle.

Les deux premières séries des Annales (1848 à 1878 et 1879 à 1916) sont donc caractérisées par une importante moisson de renseignements sur les routes, les accès, les mouillages, la météorologie, récoltée au fil des traversées océaniques (en moyenne 5 par an entre 1880 et 1900), et des reconnaissances hydrographiques. L'ouverture d'esprit, les échanges avec les services étrangers, la découverte un peu désordonnée des côtes du globe, se manifestent clairement dans cette phase pionnière. Il en résulte une explosion d'informations sous forme d'avis aux navigateurs, mais également, la publication de nombreux « Routiers » et « Pilotes »⁴ traduits en français, l'ensemble justifiant à lui seul la création d'une publication spécifique. Parmi les faits qui retiennent spécialement l'attention, on note :

- Une importante production d'observations météorologiques et leur interprétation. Les phénomènes violents (tempêtes, cyclones, typhons) font l'objet de nombreux rapports, destinés à les prévoir, ce qui constitue une priorité en navigation⁵.

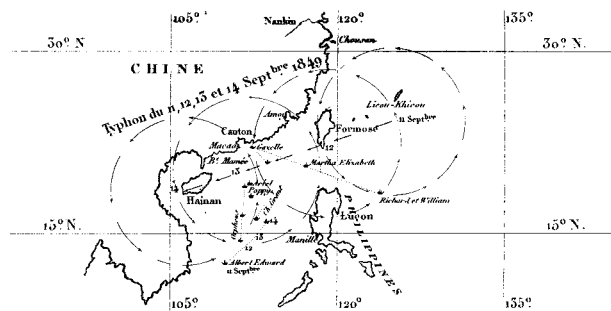
- Le grand intérêt porté à la compréhension et à l'usage des travaux de météo-océanographie de M. F. Maury (année 1850).

(2) Exemple tiré de la première série (1879-1916) : Astronomie - Détermination de positions géographiques, longitudes et différences de longitude - Triangulation et déterminations de points ; déterminations et observations magnétiques - Missions hydrographiques ; expéditions ; reconnaissances ; renseignements, travaux et recherches hydrographiques - Atmosphère et observations météorologiques (coups de vent, cyclones, ouragans, secousses sous-marines, tempêtes, trombes, typhons) - Marées - Courants - Instruments nautiques et scientifiques - Comité hydrographique - Routes - Bases de vitesse - Divers - Sondages.

(3) En complément des Annales, il existe depuis 1981 des rapports annuels du service hydrographique, publiés sous forme de fascicules, qu'il serait opportun, pour leur postérité, d'inclure dans les Annales.

(4) Exemple : AH 1861/1 à AH 1864/1 Routier de la côte nord d'Espagne (traduit de l'espagnol) ; AH 1862/2 Routier de la côte sud et sud-est de l'Afrique (traduit de l'anglais par A. Le Gras) ; AH 1864/2 et AH 1865 Routier du Golfe et du fleuve Saint-Laurent (traduit de l'anglais - Bayfield).

(5) Delamarche, délégué de la marine à cette conférence, fait adopter à son retour un type de journal d'observations météorologiques pour les bâtiments en campagne.



Croquis relatif à un typhon

- L'importance du volume des déterminations de positions géographiques et de longitude, entre 1880 et 1900, dans une période couverte par des techniques variées : les chronomètres, les distances lunaires, le développement de la télégraphie (terrestre et sous-marine), la radiotélégraphie (à partir de 1899).

- L'intérêt soulevé par les observations magnétiques (entre 1880 et 1910).

- De nombreuses missions hydrographiques : côtes d'Italie (1846-1858) ; côte ouest d'Afrique (1848-1851 ; 1908-1914) ; Espagne, Maroc, Portugal, Gibraltar (1852-1855) ; Mer Noire (1853-1855) ; Brésil (1857-1860) ; Indochine (1857-1914) ; Madagascar (1846-1914) ; reprise des levés sur les côtes de France (1864-1895) ; triangulation, de Brest à l'embouchure de la Loire.

- De nombreuses études en géodésie et dans le domaine des marées.

- Un intérêt soutenu pour les expéditions polaires.

Bien que n'étant pas partie prenante, à l'exception du lieutenant **Bellot**, aux entreprises polaires, les Annales enregistrent fidèlement les rapports les concernant. Elles rendent compte pendant onze ans (1848-1859) des rapports d'expéditions de recherche (une quarantaine) des navires de Franklin, l'« *Erebus* » et le « *Terror* », sur la route du Passage du nord-ouest. On trouve aussi des échos de l'exploration du « *Polaris* » (1871-1873) et de la mort du capitaine **Hall** ; du voyage des Norvégiens à la Nouvelle Zemble et en mer de Kara ; de la 5^e expédition suédoise au Pôle nord (1872-1873) du Professeur **Nordenskjöld** ; de l'expédition austro-hongroise au Pôle nord (1872-1874). On notera aussi, lors de la première année polaire internationale (1881-1882), la participation du commandant **Martial** à la mission dans l'archipel du cap Horn (AH 1883, AH 1884).

La troisième (1917-1949), la quatrième (1950-1972) et la cinquième (depuis 1972) séries forment un ensemble distinct du précédent (1^{re} et 2^e séries) dans lequel on reconnaît aisément que le service hydrographique a atteint son régime de croisière, partagé entre

les missions hydrographiques, puis hydro-océanographiques, d'une part, et leur exploitation sous forme de rapports de missions, d'autre part. Une activité intense se manifeste outre-mer (Indochine, AEF, AOF, Djibouti, Polynésie française, Nouvelle-Calédonie) et sur les côtes de France tout au long de cette période (1917-1996). Les travaux en Afrique noire et à Madagascar, qui prennent fin en 1965, par dissolution des missions correspondantes, sont relayés par ceux entrepris aux Antilles et en Guyane, depuis 1976. On note par ailleurs :

- Un effort important de détermination de positions géographiques (outre-mer) entre 1918 et 1948,

- De nombreuses mesures magnétiques entre 1918 et 1936, et de 1950 à 1972,

- De nombreuses études de toponymie (Bretagne, Polynésie, Madagascar, Comores, Côte françaises des Somalis, Gabon) entre 1950 et 1972,

- De très nombreuses études scientifiques : deux douzaines environ en astronomie, géodésie, gravimétrie, cartographie, et deux autres douzaines en marée, sondage, marégraphie, océanographie.

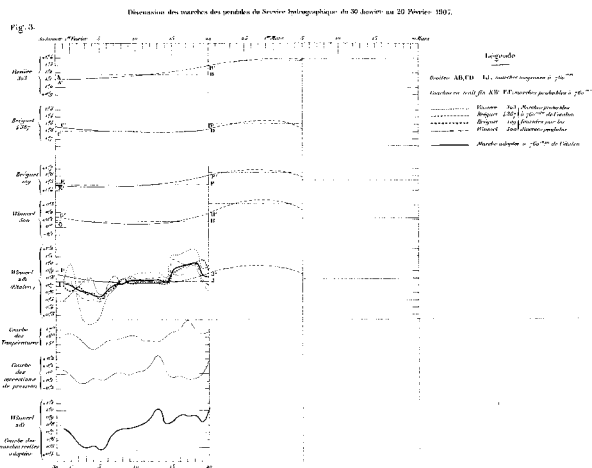
Après avoir présenté, ci-dessous, les « *principaux thèmes scientifiques* » et quelques « *compléments* » les concernant, nous avons sélectionné, dans une abondante littérature, des « *morceaux choisis des Annales hydrographiques avant 1900* » reflétant l'environnement des travaux hydrographiques dans la deuxième moitié du 19^e siècle.

LES PRINCIPAUX THÈMES SCIENTIFIQUES

Les déterminations de positions géographiques, de longitudes et de différences de longitudes. La gravimétrie.

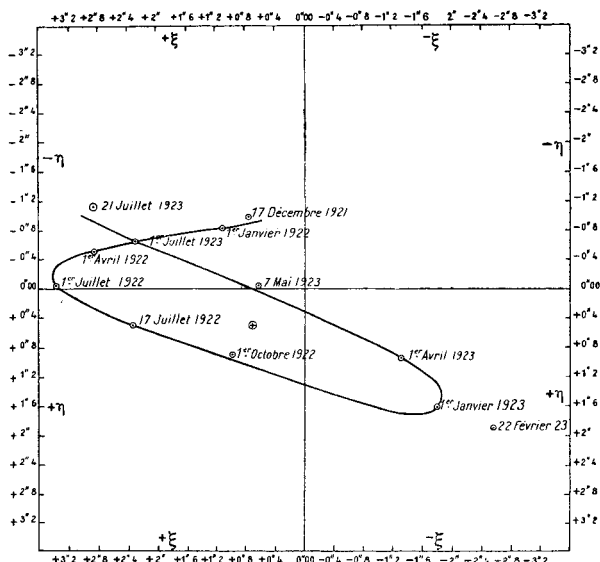
Les travaux du service hydrographique dans le domaine de l'« *astronomie géodésique* » (déterminations de positions géographiques, de longitudes et de différences de longitudes) couvrent de façon continue l'ensemble des 150 ans de la présente étude sur les Annales hydrographiques. Cette longue période a connu de grands progrès scientifiques, notamment concernant la détermination des longitudes : méthode d'occultation des satellites de Jupiter (accessible à partir de 1690 dans les éphémérides) ; la méthode des distances lunaires et les chronomètres, en compétition dans le dernier quart du 18^e siècle ; la télégraphie, à partir des années 1870 ; les signaux horaires, à partir de 1910 ; et plus récemment les satellites Transit, à partir de 1969 et le système GPS, à partir de 1986. La période d'intense activité de déterminations de positions géographique est comprise entre 1880 et 1948. Elle a justifié un important effort du service hydrographique, responsable dès l'origine, de la distribution de l'heure sur les bâtiments de la marine. Gérant le parc des chronomètres de la marine, il a largement participé à l'élaboration de la réglementation, a été à l'origine de nombreux perfectionnements, a été responsable de l'entretien et des contrôles de qualité et a joué le rôle d'observatoire. D'importantes études de chronométrie ont été effectuées par les ingénieurs hydrographes.

La méthode des hauteurs égales fut imaginée en 1808 par **Gauss** pour remédier aux imperfections du



Chronométrie

sextant. Elle consistait à noter les instants où trois étoiles quelconques atteignent une même hauteur, qu'il n'est pas nécessaire de connaître exactement. L'équation d'observation permet de déduire la latitude du lieu, la correction du chronomètre pour avoir le temps sidéral local et la hauteur vraie d'observation. La percée de cette méthode s'est faite en 1904 avec la réalisation d'un instrument ad hoc, l'astrolabe à prisme, dont les promoteurs furent **Claude** et **L. Driencourt**, et qui passa dans les mains de nombreux ingénieurs et officiers lors des campagnes d'astronomie géodésique. En 1936, **A. Gougenheim** actualisa dans un manuel la doctrine d'emploi de l'astrolabe, compte tenu des progrès instrumentaux intervenus (astrolabe et signaux horaires). En 1951, il inventa un nouveau procédé, la droite d'azimut, permettant la détermination simultanée, au théodolite, de la position géographique et de l'azimut.



Astronomie

La connaissance des déviations de la verticale, ou son équivalent, la forme du géoïde, conditionnait, avant l'apparition des satellites artificiels, l'homogénéité des positions rattachées à des systèmes géodésiques divers. Pour cette raison, le service hydrographique s'intéressa à ce problème, dès 1885, avec **A. Germain**, qui effectua des travaux sur la côte sud de France, repris de 1921 à 1923 par le capitaine de vaisseau **Pirot**. Mais le problème des déviations de la verticale se posa de façon aiguë, notamment en Polynésie, où ingénieurs et officiers firent de nombreuses observations à l'astrolabe et imaginèrent des corrections éliminant ou réduisant l'effet des déviations locales. Les noms des lieutenants de vaisseau **Nay**, **Vallaux** et **Bonzon** restent attachés à ces travaux.

De la déviation de la verticale à la gravimétrie il n'y a qu'un pas, franchi par **Vening-Meinesz** en 1929, en concevant un appareil permettant de mesurer l'intensité de la pesanteur en mer. Les hydrographes français **P. Marti** et **R.G. Anthoine** participèrent aux premières campagnes françaises, en 1933-1934 et 1936, à bord des sous-marins « *Fresnel* » et « *Espoir* » de la marine. Plus tard, au début des années 1960, des gravimètres permettant de faire des mesures en route sur des bâtiments de surface, apparurent, et la détermination gravimétrique du géoïde n'étant pas encore concurrencée par l'approche satellitaire, **A. Comolet-Tirman** fut chargé, en 1962, de suivre la construction et l'évaluation du gravimètre **ASKANIA**, dans un but essentiellement militaire, celui de l'homogénéité d'un système de référence d'un lanceur vis-à-vis de sa cible. Les études n'ont pas cessé depuis cette époque.

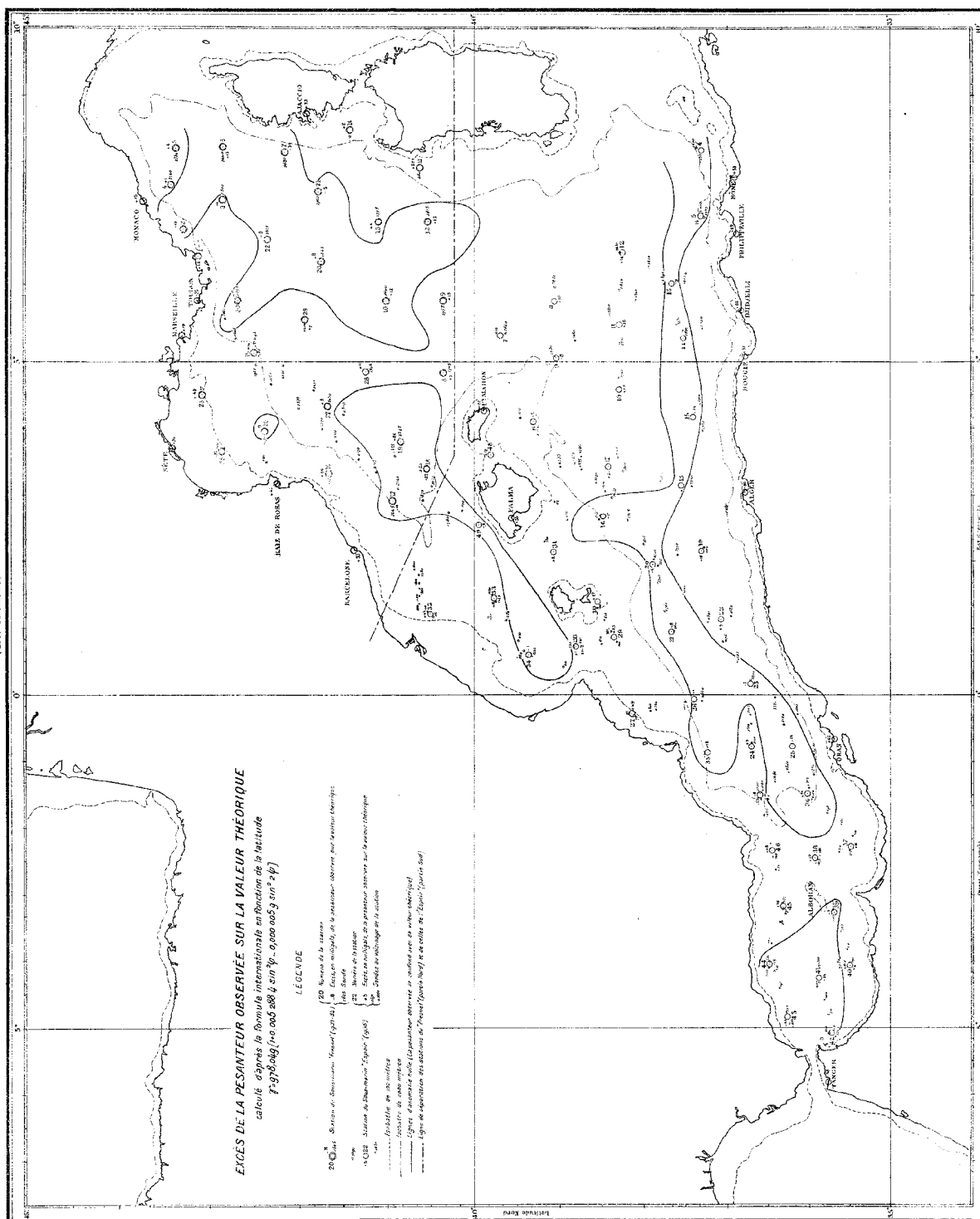
Les travaux du service hydrographique en astronomie géodésique et gravimétrie ont donné lieu à des études et notes, pas toutes publiées dans les Annales. Les plus importants sont rappelés ci-dessous :

Daussy. Méthode de calcul pour obtenir la marche des chronomètres (Connaissance des temps 1835) - **A. Lieussou**.

Recherches sur les variations qui affectent la marche des pendules et chronomètres (AH 1853) - **C. Ploix**. Notice suivie d'un « *Mémoire sur la marche des pendules et chronomètres* », de **Louis Pagel** (AH 1861/2) - **Crevost**. Professeur d'hydrographie. Méthode des digressions (détermination des longitudes par culminations lunaires) (AH 1870) - **E. Caspari**. Étude de l'influence de l'inertie du spiral sur l'isochronisme (Recherches sur les chronomètres 1875) - **E. Caspari**. Étude sur le mécanisme et la marche des chronomètres (Recherches sur les chronomètres 1876) - **Germain**. Détermination de la déviation de la verticale sur les côtes sud de France (AH 1886) - **E. Caspari**. Note sur la marche des chronomètres inclinés (Recherches sur les chronomètres 1887) - **LV Mizon**. Détermination de la longitude d'un lieu par l'observation des satellites de Jupiter (AH 1889) - **M. Rollet de l'Isle**. Historique du service des chronomètres dans la marine (Revue maritime et coloniale 1889) - **CF Banaré**. Formules de réduction des distances lunaires (AH 1889) - **E. Caspari**. Nouvelle méthode de calcul de la longitude par les dis-

(6) AH = Annales Hydrographiques.

BASSIN OCCIDENTAL DE LA MEDITERRANEE
CROISIÈRES GRAVIMÉTRIQUES
DES SOUS-MARINS "ESPÉREZ" ET "ESPÉR" (1885-86 et 1898)



Gravimétrie

tances lunaires (AH 1902) - LV **Perret**. Nomogramme à points alignés pour la préparation des observations circummériennes à l'astrolabe à prisme (AH 1905) - L. **Favé**. Rapport sur les modifications à apporter aux concours de chronomètres, compteurs, montres de torpilleurs et montres no-magnétiques (AH 1906) - **Claude** et **Driencourt**. Description et usage de l'astrolabe à prisme (Gauthier-Villars 1910) - L. **Favé**. Note sur les ins-

truments en usage dans la marine française pour la conservation de l'heure (AH 1912) - F. **La Porte**. Contribution à l'étude des principales positions géographiques intéressant l'hydrographie française (1915) - CV **Pirot**, commandant la « Bretagne ». Deux années d'observations avec l'astrolabe à prisme sur la côte sud de France, en Corse, en Tunisie et en Algérie. Détermination des positions astronomiques ; étude de la

déviations de la verticale, du mouvement cyclique du pôle et de la réfraction (AH 1923-1924) - A. **Gougenheim**. Emploi de l'astrolabe à prisme pour la détermination des positions géographiques (Imprimerie Nationale 1936) - A. **Gougenheim**. Les observations de passage en astronomie géodésique (AH 1938-1939) - **Marti**. Déterminations relatives de l'intensité de la pesanteur en mer (Revue Hydrographique Internationale 1939) - A. **Gougenheim**. Sur la déviation de la verticale à Tahiti (AH 1940-1945) - P. **Allard**. Étude des erreurs des instruments à réflexion (AH 1940-1945) - R. **Anthoine**. Détermination de l'intensité de la pesanteur en mer (AH 1947) - A. **Gougenheim**. Sur l'emploi des instruments de hauteurs égales pour la détermination précise des latitudes (AH 1949) - P. **Hugon**. Étude sur une conception nouvelle d'une table de point astronomique. Le point astronomique simplifié dans les régions polaires (AH 1950) - LV. **Nay**. Mission géodésique des Tuamotu (janvier 1947 - juin 1950) (AH 1951) - A. **Gougenheim**. Une méthode nouvelle d'astronomie géodésique : la méthode des droites d'azimut (AH 1951) - LV **Vallaux**. Mission géodésique des Tuamotu (juin 1950 - septembre 1953). (AH 1954) - LV **Bonzon**. Mission hydrographique des Établissements français d'Océanie (octobre 1953 - avril 1956) (AH 1957) - A. **Gougenheim**. La dépression de l'horizon comme moyen d'étude du géoïde dans les îles du Pacifique (Revue hydrographique internationale 1959) - A. **Comolet-Tirman**. Rapport sur l'étude du gravimètre marin ASKANIA GSS2 (AH 1967-1968) - A. **Comolet-Tirman**, J.C. **Husson**, M. **Lefèbvre**. *Cours de géodésie dynamique et spatiale* (ENSTA 1973) - G. **Balmino**, A. **Cazenave**, A. **Comolet-Tirman**, M. **Lefèbvre**. *Cours de géodésie dynamique et spatiale* (ENSTA 1982).

Voir aussi : J. **Ortais**. (AH 1971) - B. **Schrumpf** (AH 1974) - A. **Comolet-Tirman**. (AH 1976) - B. **Schrumpf**. (AH 1978) - J.C. **Guyon**. (AH 1985) - M. **Boulard** (AH 1991).

Les études et recherches en géodésie classique

Si les hydrographes ont consacré moins de temps aux études et recherches en géodésie que leurs collègues géographes, ils ont eu cependant le même besoin de connaissances de base que les géodésiens professionnels. Ainsi s'expliquent d'ailleurs l'excellent dialogue, qui existe depuis toujours, entre les géographes et les hydrographes ainsi que les collaborations occasionnelles sur le terrain. Il faut même souligner l'intérêt qu'ont porté de tout temps les hydrographes aux principaux domaines de la géodésie : l'instrumentation (voir ci-dessus) ; les systèmes de projection, la géodésie géométrique ; les applications pratiques, notamment à l'hydrographie. La géodésie est donc un thème récurrent d'études de haut niveau au service hydrographique depuis plus d'un siècle (particulièrement dans la période 1885-1985).

Les systèmes de projection

En dehors des ouvrages de géodésie où sont largement développés les exposés sur les systèmes de projection, les Annales attirent l'attention sur quelques études. Il s'agit notamment de : l'étude de **Hatt** (1886)

sur la projection azimutale, particulièrement dans ses aspects pratiques ; l'étude de **Courtier** (1912) sur le choix d'un système de représentation en fonction des zones à représenter et des objectifs poursuivis ; l'étude de **Driencourt** (1920, hors Annales) préconisant l'adoption de la projection Lambert pour la France, le Maroc, l'Algérie, la Tunisie et la Syrie ; l'étude de **Gougenheim** (1950) sur une famille de planisphères conformes ne rejetant aucune partie du globe à l'infini ; l'étude de **Gougenheim** (1951) sur une projection dite « *en balle de tennis* » représentant la totalité de la surface terrestre sans déformations exagérées.

La géodésie géométrique

Cette composante théorique de la géodésie a donné lieu à quelques études. Parmi elles : l'étude de **Fichot** (1907) des situations relatives d'une géodésique et des deux sections normales correspondantes ; l'étude de **Fichot** (1921) sur les systèmes géodésiques équilatères à la surface du sphéroïde terrestre dans le cas de deux points antipodes quelconques ; l'étude d'**Allard** (1948) sur l'unicité de la projection conforme conservant un rapport de similitude constant sur une courbe jouant le rôle de courbe de base.

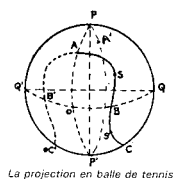
Les applications à l'hydrographie

Il s'agit du domaine ayant donné lieu au plus grand nombre d'études. Parmi elles nous retiendrons : l'étude de **Hanusse** (1892) sur les problèmes pratiques posés par le passage de la projection plane (minutes des levés) au canevas de Mercator (cartes marines) ; l'étude de **Hatt** (1893) sur le calcul direct d'une triangulation en coordonnées rectangulaires sans passer par l'étape intermédiaire du calcul des coordonnées géographiques des sommets des triangles ; l'étude de **Courtier** (1911) sur les formules à employer pour le calcul des coordonnées rectangulaires usuelles des hydrographes ; l'étude de **Fichot** (1930) sur la méthode des ingénieurs géographes pour le calcul des coordonnées géodésiques, sans sacrifier la précision, permise par l'application du théorème de Legendre ; l'étude de **Gougenheim** (1930) sur les formules d'emploi de la projection Lambert et son application à l'hydrographie ; l'étude d'**Allard** (1947) sur les ellipses et hyperboles « *géodésiques* » sur l'ellipsoïde avec application aux problèmes de radiolocalisation (les « *grandes géodésiques* ») ; l'étude de **Vantroys** (1954) sur le changement empirique de coordonnées rectangulaires planes ; les études d'**Eyriès** (1954) et de **George** (1956) sur le recours à des visées simultanées d'un repère marin dans les cas difficiles de triangulation côtière terrestre.

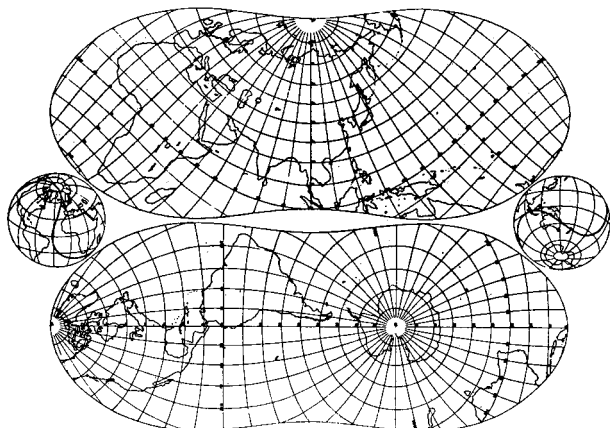
Il faut ajouter qu'en dehors des Annales, les hydrographes ont largement apporté leur concours aux traités de géodésie, dont certains sont des classiques de la littérature géodésique. C'est le cas notamment des traités de **Bégat** (1839), **Germain** (1865), **Driencourt et Laborde** (1932), **Gougenheim** (1944), **Pasquay** (1972), **Bessero** (1985).

Les principales études sont récapitulées ci-dessous :

P. **Hatt**. Coordonnées azimutales. Définition et emploi (AH 1886) - F. **Hanusse**. Formules pour transfor-



La projection en balle de tennis.



Mappemonde en projection cylindrique conforme, délimitée par un segment capable sphérique.

mer les projections planes en cartes (AH 1892) - P. **Hatt**. Des coordonnées rectangulaires et de leur emploi dans les calculs de triangulation. Publication n°746 du service hydrographique de la marine (AH 1893) - E. **Fichot**. Réduction du sphéroïde terrestre des données fournies par les opérations de triangulation (AH 1907) - G. **Lesage**. Note sur la compensation d'une triangulation (AH 1911) - A. **Courtier**. Formules relatives au calcul des coordonnées rectangulaires usuelles (AH 1911) - A. **Courtier**. Choix d'un système de représentation pour la rédaction des levés hydrographiques (AH 1912) - E. **Fichot**. Rapport sur les travaux géodésiques effectués par le service hydrographique de la marine (AH 1921) - E. **Fichot**. Les systèmes géodésiques équilatères à la surface du sphéroïde terrestre (AH 1921) - P. **de Vanssay de Blavous**. Note sur la compensation d'une chaîne de triangles (AH 1925-1926) - A. **Gougenheim**. Formules relatives à l'emploi de la projection Lambert dans les travaux hydrographiques (AH 1930) - E. **Fichot**. La méthode des ingénieurs géographes pour le calcul des coordonnées géodésiques (AH 1930) - L. **Driencourt**. Le planisphère de Mercator et la navigation maritime ou aérienne par relèvements radiogoniométriques pris du bord. (AH 1934) - E. **Fichot** et P.H. **Gerson**. La zone géodésique antipode (AH 1937) - A. **Courtier**. Exposé de la projection Lambert (AH 1940-1945) - L. **Dassonville**. Transformation de coordonnées rectangulaires par translation, homothétie, rotation (AH 1940-1945) - A. **Gougenheim**. Le problème de Ciconnetti (AH 1940-1945) - A. **Gougenheim**. Application de la projection stéréographique à l'établissement des formules de trigonométrie sphérique (AH 1940-1945) - P. **Allard**. Ellipses et hyperboles géodésiques (AH 1947) - P. **Allard**. La projection conforme de déformation stationnaire le long d'une courbe (AH 1948) - A. **Gougenheim**. Sur une nouvelle famille de plani-

sphères conformes (AH 1950) - A. **Gougenheim**. Sur une généralisation des mappemondes (AH 1951) - A. **Gougenheim**. Trigonométrie sphérique et projections conformes (AH 1951) - L. **Vantrouys**. Note sur le changement empirique de système de coordonnées rectangulaires planes (AH 1954) - M. **Eyriès**. Note sur la triangulation côtière par visées simultanées sur le bâtiment (AH 1954) - V. **George**. Note sur la triangulation côtière par visées simultanées sur repère marin (AH 1956).

Les marées

Depuis la plus haute antiquité, le phénomène de la marée s'est imposé à l'attention des navigateurs et a fasciné les savants les plus éminents. Le mécanisme de sa génération, déterministe, lié à l'attraction de la lune et du soleil, dépend donc de leur mouvement relatif par rapport à la Terre : rotation de la lune autour de la Terre en 29,53 jours, de la Terre autour du soleil en 365,24 jours, et de la Terre sur elle-même en 24 heures. Le résultat est le rythme biquotidien des marées, ses modulations semi-mensuelles et mensuelles, entre vives eaux et mortes eaux, ses variations semi-annuelles et annuelles correspondant aux marées d'équinoxes. Les débuts d'explication du phénomène des marées remontent à la formulation de l'attraction universelle par **Newton** en 1687. Sa théorie était statique. En négligeant l'inertie du fluide, elle ne pouvait rendre compte de la complexité des marées observées. Elle postulait, en effet, que la surface de la mer prenait une figure d'équilibre correspondant à la position de l'astre attirant, hypothèse contradictoire avec l'inertie des molécules d'eau et la rapidité du mouvement de l'astre. Plus d'un siècle plus tard, **Laplace** (1749-1827) imagina, dans une formule dite « *formule de Laplace* » (1799-1825), une théorie dynamique des marées, qui est à la base de tous les développements ultérieurs. Sa théorie s'appuie sur les deux principes suivants : celui des oscillations forcées, selon lequel les molécules d'eau soumises à une force rigoureusement périodique ont elles-mêmes des oscillations de même période, et celui de la superposition des petits mouvements, résultant de très petites forces, s'additionnant pour créer la marée. La formule de Laplace admet que les amplitudes sont proportionnelles à leur valeur théorique et que les marées correspondantes sont déphasées par rapport à la marée théorique. Les facteurs de proportionnalité et les déphasages dépendent des conditions hydrauliques afférentes aux contours des continents et aux profondeurs océaniques. Ils sont déterminés dans chaque port à l'aide d'enregistreurs de la marée. La formule de Laplace a été à la base du calcul du premier « *Annuaire des marées, ports de France* », publié par **Chazallon** en 1839 ; elle a été utilisée jusqu'en 1992. Cependant, elle se prête mal aux prédictions des marées lorsque les ondes diurnes ont quelque importance par rapport aux ondes semi-diurnes. En 1870, **Lord Kelvin** apporta une solution à ce problème, en décomposant le potentiel de la force génératrice de la marée en une somme de termes périodiques et en admettant qu'à chacun d'eux correspondait un terme de même période, dont l'amplitude et la phase peuvent être obtenues par l'analyse harmonique des courbes de marée. Il inventa une machine analogique,

ANNUAIRE
DES
MARÉES DES CÔTES DE FRANCE,
POUR L'AN 1839,
PUBLIÉ, AU DÉPÔT DE LA MARINE,
PAR A. M. R. CHAZALLON,
ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
INGÉNIEUR HYDROGRAPHE DE LA MARINE,
SOUS LE MINISTÈRE
DE M. DUCAMPE DE ROSAMEL,
VICE-AMIRAL,
SECRÉTAIRE D'ÉTAT AU DÉPARTEMENT DE LA MARINE
ET DES COLONIES.



PARIS,
IMPRIMERIE ROYALE.

MDCCCXXXIX.

Couverture du 1^{er} annuaire de marée

le « *Tide predictor* », pour faire la somme de tous ces termes et tracer la courbe de la marée. Les amplitudes et les phases de chaque composante sont appelées « *constantes harmoniques* ». En 1883, **Darwin** identifie les principales composantes harmoniques, auxquelles il attribue des sigles, universellement utilisés depuis ; il met au point également une méthode d'analyse et de prédiction, sans l'aide de moyens de calcul automatique⁷. En 1921, **Doodson** invente une méthode de développement complet du potentiel, se prêtant bien aux moyens de calcul modernes. Depuis une vingtaine d'années, de nouvelles approches concernant la marée ont vu le jour : les modèles physiques et numériques, et aujourd'hui l'altimétrie spatiale de haute précision.

Qu'il s'agisse de son observation ou de sa prédiction, la marée, en France, a toujours été un domaine d'excellence du service hydrographique. Aujourd'hui, elle n'est plus un « *domaine réservé* », car elle fait partie des objectifs des programmes spatiaux internationaux auxquels participe la France, et le service hydrographique, naturellement.

La liste qui suit, donne une idée de l'important effort consacré à ce sujet depuis 150 ans.

R. **Chazallon**. Détermination des diverses ondes dont l'ensemble constitue la marée (AH 1852/1) - G. **Héraud**. Mémoire sur les marées de la Cochinchine (AH 1872) - P. **Hatt**. Décomposition de la marée en ondes élémentaires (AH 1878) - P. **Hatt**. Analyse harmonique des observations de marée (AH 1893) - M. **Rollet de l'Isle**. Analyse harmonique d'une courte période d'observation et calcul d'un annuaire de marée (AH 1896) - A. **Courtier**. Note sur la prédiction des marées par le calcul à l'aide de la formule harmonique (AH 1908-1910) - L. **Favé**. Marégraphe plongeur (AH 1910) - L. **Favé**. Le problème des marées (Revue générale des sciences, 1913) - L. **Favé**. Marégraphe plongeur. Appareil enregistrant les marées sur les côtes et au large (AH 1921) - A. **Gougenheim**. Sur l'application de la formule de Laplace au calcul des marées à Brest (AH 1949) - H. **Lacombe**. Détermination de la marée au large à partir des courants de marée. Application aux marées de la Manche (entre Cherbourg et Fécamp) (AH 1949) - C. **Villain**. Cartes des lignes cotidales dans les océans (AH 1952) - M. **Eyriès**. La méthode des concordances et l'analyse harmonique par les constantes approchées (AH 1956) - L. **Vantroys**. Les remous d'un ouvrage dans une mer à marée (AH 1957) - A. **Demerliac**. Le niveau moyen de la mer. Calcul du niveau moyen journalier (AH 1974) - C. **Le Provost**. Étude des marées dans les mers littorales (AH 1976) - Y. **Desnoës**. Le bruit dans les analyses de marée (AH 1977) - Y. **Desnoës** et B. **Simon**. Analyse et prédiction de la marée. Application aux marées du Havre et de Brest (AH 1977) - Y. **Desnoës**. Propriétés des systèmes continus et invariants par translation soumis à des entrées à composantes périodiques. Application à une formule globale de prédiction de la marée (AH 1978) - J. N. **Pasquay**. Principes appliqués et méthodes utilisées pour l'établissement des tables permanentes des hauteurs d'eau (AH 1978) - G. **Chabert d'Hières** et C. **Le Provost**. Institut de mécanique de Grenoble. Atlas des composantes harmoniques de la marée dans la Manche (AH 1978) - B. **Simon**. Étude de la variation du niveau moyen en Manche (AH 1979) - B. **Simon**. Analyse de 19 ans d'observations de marée à Brest (AH 1980) - B. **Simon**. Prédiction de la marée à Brest (AH 1982) - B. **Simon**. Détermination des hauteurs d'eau extrêmes pour la délimitation du domaine public maritime (AH 1996).

L'océanographie

On connaît bien Matthew Fontaine **Maury** (1806-1873) pour ses « *Sailing directions* » et ses « *Pilots charts* »⁸ couvrant les océans du globe. Sa doctrine d'optimisation des routes et des saisons, pour les grandes traversées, basée sur les statistiques de vents et de courants, avait constitué un progrès décisif pour la navigation, à la voile comme à la vapeur, à partir des années 1850. On sait moins que cet « *Inspecteur des cartes et des instruments* » de la marine américaine

(7) Utilisée pour la première fois en 1890 pour l'« *Annuaire des marées, ports d'outre-mer* », elle est banalisée en 1992, et sert également à l'établissement de l'« *Annuaire des marées, ports de France* ».

(8) M. F. **Maury** « *The physical geography of the sea and its meteorology* » - New-York Harper - 1855.

avait demandé, dès 1840, à tous les officiers des marines gouvernementales de mesurer les profondeurs et les températures sur les routes qu'ils empruntaient. Ainsi, la bathymétrie et l'échantillonnage des fonds, techniques typiquement hydrographiques, furent directement associés aux débuts de l'océanographie profonde. Mais M. F. **Maury** fut aussi le partenaire hydrographe d'une entreprise explosive : le câblage des océans par la télégraphie sous-marine. Le deuxième partenaire devait être un physicien : ce furent Samuel **Morse**, le père de l'alphabet télégraphique, associé au physicien **Wheatstone**, et William **Thomson**, le futur Lord **Kelvin**. Le troisième partenaire devait être naturellement un financier : ce fut Cyrus **West Field**, grand magnat du papier. On connaît la suite : l'éphémère réussite, le 14 août 1858, du câblage de 3100 km entre Valentia (Irlande) et Saint-Jean (Terre Neuve), couronné par un échange de messages de félicitations entre la Reine **Victoria** et le président **Buchanan**, puis le succès de l'opération renouvelée en 1866. Le développement rapide d'un réseau mondial de câbles télégraphiques sous-marins fit beaucoup pour l'océanographie. Il eut une retombée sur la détermination des positions géographiques, qui s'envola à partir de 1880.

L'océanographie profonde venait de naître, avec une nette avance de l'Angleterre et des États-Unis. Mais ce n'était encore qu'un début. Les campagnes du « *Porcupine* » (1869-1870) préparent celles, très célèbres, du « *Challenger* » et de la « *Gazelle* » (corvettes militaires anglaise et allemande, aménagées en navires de recherche), qui vont sillonner tous les océans entre 1872 et 1876. A la fin du printemps 1876, la grande aventure s'achève : elle apportera 50 volumes de rapports très denses. A la même époque (1887), l'« *Hirondelle* » du Prince **Albert 1^{er} de Monaco** tente le chalutage profond et fait collection d'espèces abyssales ; il poursuit ses travaux, entre 1892 et 1897, de la Méditerranée aux Canaries et aux Açores, puis du Spitzberg à l'Islande, à bord de ses superbes yachts à vapeur, les « *Princesse Alice* » I et II. C'est ainsi qu'au début du 20^e siècle, l'océanographie apporte déjà une information substantielle sur la bathymétrie des océans

et fournit un premier modèle du cycle de la vie animale et végétale marine, mettant en évidence le rôle primordial du plancton dans la chaîne trophique.

Que dire de la France à la même époque ? Pas grand chose et, en tout cas, aucune initiative audacieuse du genre de celles évoquées ci-dessus n'est à mentionner. Reprenons cependant le fil du temps, un peu avant 1848. La France connaît une belle embellie hydro-océanographique, entre les années 1830 et 1840, marquée par de nombreux voyages et campagnes⁹.

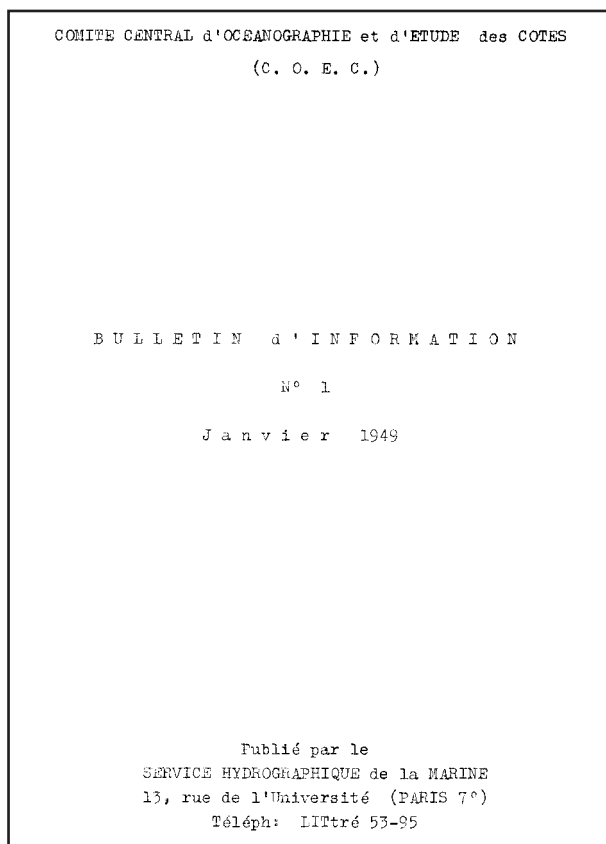
L'année 1848, qui marque le démarrage des *Annales*, est aussi celle des premières et fameuses publications de M.F. **Maury**. Le Dépôt participe sans retard à l'exploitation et à la critique des documents de **Maury**¹⁰. Les *Annales* abondent, à partir de 1860 et jusqu'en 1900 en rapports sur les observations météorologiques. Les phénomènes violents¹¹, tempêtes, cyclones, typhons, passionnent les marins pour des raisons bien compréhensibles. Leur littérature sur ce thème mériterait certainement aujourd'hui un regard d'historien des sciences.

Nous avons évoqué la percée spectaculaire de l'océanographie hauturière avec les campagnes du « *Challenger* ». On en trouve des échos dans les *Annales*¹². Les débuts de l'océanographie profonde française sont très modestes, comparés à ceux des pays anglo-saxons et nordiques. Faut-il citer les campagnes en Atlantique oriental, en mer des Sargasses, et en Méditerranée (1880-1883), à bord de deux navires, le « *Travailleur* » (aviso à vapeur et à roues) et le « *Talisman* » (éclaireur d'escadre), armés par la marine nationale (voir AH 1882 et AH 1883) ? Qui se souvient des échantillons ramassés à près de 6000 m de profondeur, lors de ces missions estivales, qui préfiguraient nos modernes campagnes océanographiques ? Un long silence océanographique suit ces premiers travaux, à l'exception des campagnes de J.B. **Charcot**, en Antarctique (1903-1905 ; 1908-1910) et en Arctique et Atlantique nord (1921-1936), dont les rapports sont insérés dans les *Annales*. La deuxième guerre mondiale apporte des avancées techniques précieuses pour les hydrographes et les océanographes : le sondage ultra-

(9) Campagne hydrographique du LV Auguste **Bérard**, au large des côtes d'Algérie ; voyage de la « *Bonite* » (1836-1839), capitaine A.N. **Vaillant** ; voyage de la « *Venus* » (1836-1839), CV Abel **Aubert Dupetit-Thouars** ; voyage de la « *Recherche* » (1838) dans les mers de Barents et de Norvège, à la recherche de la « *Lilloise* » (de **Blosseville**), disparue dans les glaces arctiques ; voyage de **Dumont d'Urville** (1837-1840), avec l'« *Astrolabe* » et la « *Zélée* ».

(10) AH 1851/2 CF Charles Philippe de **Kerhallet**. Considérations générales sur l'océan Pacifique.
 AH 1852/1 et 1852/2 CF Charles Philippe de **Kerhallet**. Considérations générales sur l'océan Atlantique et instructions particulières pour la navigation sur la côte occidentale d'Afrique.
 AH 1857/1 et 1857/2 CF E. **Tricault**. Explication et usage des « *Wind and current charts* » - Instructions pour naviguer dans les différents océans - Résumé du complément aux « *Sailing directions* » de **Maury**, intitulé : « *Physical oceanography of the sea* ».
 AH 1863/2 Vicomte **Fleuriot de Langle**. Examen des ouvrages de **Maury**.
 (11) AH 1852/2 Mémoire sur les ouragans de la mer des Indes, au sud de l'Équateur.
 AH 1861/2 Capitaine James **Sedgwick**. Le vrai principe de la loi des ouragans, appliqué d'une manière pratique aux deux hémisphères.
 AH 1864/1 Professeur **Dove** (Berlin). La loi des tempêtes considérée dans ses rapports avec les mouvements ordinaires de l'atmosphère.
 (12) AH 1874 William **Carpenter** (traduit par le CF **Chardonneau**). Note sur le Gulf Stream, résumant toutes les observations faites dans les dernières années.
 AH 1875 Cdt GS **Nares**. Campagne du « *Challenger* » dans l'océan Atlantique, en 1873 ; dans l'océan Pacifique et l'archipel d'Asie, en 1874 et 1875 ; dans l'océan Austral, en 1874.
 AH 1889 Océanographie. Extrait d'une notice intitulée « *Géographie de la mer* » lue à la Société de Géographie des États-Unis par le lieutenant GL **Dyer**.

sonore, qui révolutionne la bathymétrie jusqu'aux grands fonds, et la détection sous-marine grâce au sonar¹³. Les



Couverture du premier bulletin du COEC

débarquements dans le Pacifique ont attiré également l'attention sur la houle et le régime des côtes. Un « **comité d'océanographie et d'études des côtes** » (COEC) est créé le 2 avril 1947, chargé de promouvoir les études et les recherches relatives aux sciences de la mer à l'échelon national. H. **Lacombe**, à l'origine de cette création et A. **Gougenheim** en seront les animateurs infatigables. Une revue mensuelle, technique, scientifique et d'informations, est associée aux travaux du comité : il s'agit des « cahiers océanographiques », publication sans équivalent en France, qui aborde très largement l'océanologie¹⁴. Le COEC joue un rôle très positif dans le rapprochement de la marine et de la communauté scientifique française et même étrangère. Créés en 1949, les cahiers océanographiques sont supprimés, paradoxalement en 1971, au moment même où l'océanographie prend une place officielle dans la vocation et l'intitulé du service. En 1965, peu après la dissolution des missions hydrographiques en Afrique noire et



Le dragueur océanique « ORIGNY »

à Madagascar, la marine entend recentrer le potentiel du service hydrographique sur la satisfaction des besoins de la nouvelle force océanique stratégique. En 1960, le dragueur océanique « *Origny* » est affecté à des levés systématiques du champ bathythermique profond en Méditerranée, mer sensible du point de vue militaire à cette époque, et un **bureau d'études océanographiques** (BEO) est créé à Toulon en 1966 (AH 1972). Il sera le banc d'essai des campagnes océanographiques, à la mer et au laboratoire, avant de devenir la mission océanographique de Méditerranée (MOM) en 1971. Quelques années plus tard, en 1977, une opération océanographique d'envergure, « *Thermocline 77* », associant le CNEXO et de nombreux laboratoires français, donne l'occasion au SHOM, avec son nouveau navire océanographique « *D'Entrecasteaux* » de montrer son savoir-faire. Les campagnes se succèdent et une nouvelle page sera tournée en 1990 avec la création d'un « **centre militaire d'océanographie** » (CMO). Désormais, l'océanographie spatiale sera le premier partenaire des océanographes.



L'atelier mécanique du B.E.O

(13) On doit mentionner à ce propos les travaux de P. **Marti**, malheureusement décédé prématurément, sur les méthodes de sondage. Ceux-ci ont donné lieu aux publications suivantes : Note sur la vitesse de propagation du son dans l'eau de mer (AH 1919-1920) - Le sondage en mer par le son aux grandes profondeurs au moyen de détonations (AH 1923-1924) - La sonde au plomb-poisson (AH 1925-1926)

(14) Les « **Cahiers de recherches hydrographiques sur le régime des côtes** ». Le Comité d'Océanographie et d'Études des Côtes, avait, comme son titre l'indique, une attribution spécifiée concernant les côtes, qui n'était pas étrangère à une spécialisation du service hydrographique, très ancienne dans ce domaine. En effet, il était responsable d'une publication, les « *Cahiers hydrographiques sur le régime des côtes* », remontant à 1838. Les vingt neuf premiers cahiers couvrent la période 1838-1958. Depuis 1958, ils ont été changés en « **Rapports de réunions de grandes commissions nautiques** », réunions auxquelles participe le SHOM en qualité d'expert. Le service hydrographique s'est toujours vivement intéressé aux accès portuaires et au régime des côtes.

COMPLÉMENTS

Les compas

Le service hydrographique s'est préoccupé, dès l'origine, du problème de la régulation des compas sur les bâtiments en fer. En 1842, **Darondeau** traduit le « *Mémoire de Airy sur les expériences relatives aux perturbations des compas à bord des navires en fer* », paru en 1839 (publication dans les « *Annales maritimes et coloniales* », 1842). En 1845, lors d'une campagne hydrographique sur les côtes d'Italie, à bord du « *Brasier* », il étudie les compas de ce bâtiment et les moyens de prévenir les erreurs possibles, et publie une « *Notice sur les erreurs des compas dues aux attractions locales à bord des navires en bois et en fer, suivie d'instructions sur les moyens de déterminer ces erreurs et de les corriger* » (AH 1858). Il décrit dans cette « notice » la procédure d'emploi des barreaux aimantés et de fer doux, destinés à leur « compensation ». La marine le charge de la régulation des compas de tous ses bâtiments. A la suite d'une mission d'information scientifique en Angleterre, en 1861, il publie une « *Notice sur l'emploi du compas étalon et de la courbe des déviations à bord des navires en fer et autres* » (AH 1863/2), et fait installer à Brest et à Toulon des postes de régulation des compas. Il est chargé en 1863 du concours de régulation des compas à l'École du Génie Maritime. **Gaussin** lui succède en 1865. Il reconnaît alors que le magnétisme d'induction d'un navire, provenant de son orientation, même momentanée, persiste en partie lorsque le navire change de cap. Le sens dans lequel il tourne a une action sensible sur les déviations observées. Cette action est restée classique sous le nom de « **erreur de Gaussin** ». Signalons aussi, un peu plus tard, les études du CF **Guyou** (AH 1893) et du LV **Mottez** (AH 1893) des déviations des compas « *sous cuirasse* » et, beaucoup plus tard, celles de Beghin (AH 1921 et 1948) sur les compas gyroscopiques.

La liste des travaux sur le compas, publiée dans les Annales hydrographiques figure ci-dessous :

M. **Darondeau**. Notice sur les erreurs des compas dues aux attractions locales à bord des navires en bois et en fer (AH 1858). - M. **Darondeau**. Notice sur l'emploi du compas étalon et de la courbe des déviations à bord des navires en fer et autres (AH 1863/2). - LV **Perrin**. Note sur l'installation et la régulation des compas de torpilleurs de la Défense mobile de Toulon (AH 1888). - M.F. **Privat**. Capitaine au long cours. Représentation graphique des forces déviatrices des compas (AH 1889). EV **Tissot**. Note sur les compas placés à l'intérieur des blockhaus cuirassés - Exploration du champ magnétique à l'intérieur des blockhaus cuirassés (AH 1893). - CF **Guyou**. Étude théorique et expérimentale des déviations des compas placés sous cuirasse (AH 1893). - LV **Mottez**. Étude sur les compas du croiseur « *Dubourdieu* » pendant une campagne de deux ans dans l'océan Pacifique (1891-1893) (AH 1893). - E. **Caspari**. Régulation des compas par des observations de force horizontale. (AH 1894). - H. **Beghin**. Maître de conférence à la faculté des sciences de Montpellier. Étude théorique des compas gyrostatiques Anschütz et Sperry (AH 1921). - H. **Beghin**. Membre de

l'Institut. Théorie analytique du compas O.P.L. (Optique de Précision de Levallois) (AH 1948).

L'heure et la longitude

Les chronomètres de la marine de la deuxième moitié du 19^e siècle font l'objet de nombreuses études et de soins particuliers pour les sélectionner. Ils sont achetés à la suite de concours dont les conditions sont fixées par des règlements. Le service hydrographique les classe et prélève les meilleurs pour la marine. Les autres sont vendus aux compagnies de navigation et aux particuliers. De 1859 à 1895, le service a publié les tableaux de classement, et de nombreuses études, dans les « **Recherches sur les chronomètres et les instruments nautiques** ». A partir de 1893, un carnet matricule accompagne chaque chronomètre et renseigne l'« *officier des montres* » sur son comportement. Le progrès le plus remarquable, à cette époque, est dû à C.E. **Guillaume** : il consiste dans l'application de l'invar aux pendules astronomiques et dans l'emploi de l'acier-nickel pour les balanciers des chronomètres (réduction de l'erreur secondaire).

A l'initiative du **Bureau des longitudes**, à laquelle le service est directement associé, la détermination des longitudes fait de grands progrès dans les premières années du 20^e siècle. En 1906, **Claude** et **Driencourt**, opérant entre Paris et Brest, montrent les facilités apportées à la détermination des longitudes par la transmission téléphonique des battements des chronomètres ou des pendules ainsi que par l'application de la méthode auditive des coïncidences, procédés appliqués depuis longtemps déjà au service pour la comparaison des pendules et des chronomètres. La radiotélégraphie (appliquée dès 1904 aux États Unis) apporte de nouvelles facilités à l'utilisation de la méthode des coïncidences sur de grandes distances. Les installations de réception de l'heure par T.S.F. pour la comparaison des pendules et chronomètres sont réalisées en 1910 par **Claude** et **Driencourt**, avec le concours du commandant Ferrié (« *Application de la T.S.F. à l'envoi de l'heure* » par le commandant Ferrié - Annuaire du bureau des longitudes - 1913).

Les marées

R. **Chazallon** crée en 1839 un service des marées, le premier du genre en Europe, et publie la même année le premier « *Annuaire des marées des côtes de France* ». Des observatoires de marée sont établis dans les principaux ports de l'époque : Le Havre, Cherbourg, Saint-Servan, Brest, Saint-Nazaire, l'Île d'Aix, La Rochelle, Toulon, Alger. Les méthodes de calcul de **Chazallon** sont empruntées à la « *Mécanique céleste* » de Laplace. Elles sont appliquées à Brest, et étendues, par la méthode des concordances, aux ports où la marée semi-diurne est prépondérante, ce qui n'est pas le cas dans une partie des colonies. Il est nécessaire alors de recourir à la méthode de l'analyse harmonique, inventée par Lord **Kelvin** en 1870. L'usage de cette méthode fait appel à une machine, créée par Lord **Kelvin**, le « *Tide Predictor* ». Celle livrée à Brest, à l'initiative de **Hatt**, a été construite à Glasgow sous le contrôle de Lord Kelvin. Cet appareil se compose de

16 mécanismes, correspondant chacun à l'un des termes périodiques du développement harmonique de l'expression analytique de la hauteur de la marée à un instant donné. Ils sont mis en mouvement par un mécanisme qui en fait la somme et le présente sous forme analogique (le tracé de la courbe pour une année entière demande environ neuf heures). La lecture des heures et hauteurs des pleines et basses mers permet d'établir l'annuaire. **Darwin**, en 1883, met au point une méthode de prédiction, sans recours à des moyens de calcul automatique, basée sur l'analyse d'une période d'observations continues d'une quinzaine de jours et qui donne des résultats suffisants dans la pratique. Le nombre d'ondes reproduites dans la machine est insuffisant pour des marées complexes comme celle du Havre : on prédit alors d'heure en heure la marée par l'emploi d'une courbe type (voir AH 1899).

A noter aussi que plusieurs « *modèles de marégraphe plongeur* » dont le premier a été imaginé par P. **Hatt** en 1887, ont été construits dans la perspective de mesurer la marée au large.

La météorologie

La conférence de Bruxelles de 1853, tenue à l'initiative de M. F. **Maury**, a pour résultat, pour la France, la prise en charge d'observations météorologiques par nos navires de guerre, ainsi que par nos navires de commerce, volontaires pour cette tâche¹⁵. La délivrance et le suivi du matériel sont assurés par le Dépôt à partir de 1859. Par ailleurs, le succès du célèbre amiral anglais **Fitz-Roy**, à la tête d'un service de prévision des tempêtes, incite la marine française, en 1861, à créer un service de même nature, distinct de celui du Dépôt. A la même époque, le service météorologique, créé en 1856 par **Leverrier** à l'Observatoire de Paris, se développe et assure également un service de prévision des tempêtes. En 1878, il est détaché de l'Observatoire pour constituer un organisme à part : le bureau central météorologique. Le service météorologique du ministère de la marine fait

ainsi double emploi avec celui de l'Observatoire, jusqu'en 1875, date à laquelle il est rattaché au Dépôt, le service des avertissements restant assuré par l'Observatoire, puis à partir de 1878 par le bureau central météorologique¹⁶. Le bureau météorologique du Dépôt devient la « *section de météorologie nautique* » en 1886. Ses attributions concernent la rédaction et l'impression des journaux météorologiques ainsi que le dépouillement de tous les documents de météorologie nautique. A partir de ces documents, la « *section de météorologie nautique* » publie des cartes des vents (force et direction), trimestrielles. Elles sont l'oeuvre du commandant **Brault** (Atlantique nord, en 1874 ; Atlantique sud, en 1876 ; océan Pacifique, en 1880 ; océan Indien, en 1880) ainsi que les cartes mensuelles de la direction des vents dans l'Atlantique nord (1881), et les deux cartes-types des « *mouvements les plus généraux de l'atmosphère inférieure* » (1885). En 1888, le LV **Simart** publie deux cartes semestrielles de la direction et de l'intensité probables des courants dans l'Atlantique nord. Avec une vingtaine d'années de retard par rapport à M. F. **Maury**, la marine publie ses propres « *Pilots charts* ». Signalons au passage que le ministre de la marine récompense par des dons (longues vues, jumelles) les officiers les plus zélés qui se sont faits remarquer par la qualité de leurs observations et la tenue de leurs journaux météorologiques¹⁷. Les attributions de la section de météorologie nautique restent inchangées jusqu'en 1954 (décret du 17 mai 1954), date à laquelle un bureau « *marine* », dépendant directement de l'état-major de la marine, et dirigé par un capitaine de vaisseau, est créé à la Météorologie nationale. La transformation de la Météorologie nationale en établissement public et la réorganisation de l'état-major de la marine - conséquence de la réforme « *OPTIMAR* » - conduisent en 1996 à dissoudre cette section de météorologie maritime et à confier de nouveau au SHOM la liaison et la coordination entre la marine et Météo-France, au titre de ses responsabilités en océanographie militaire.

(15) Alors qu'il est en charge de la météorologie au service des instruments du Dépôt, entre 1872 et 1875 C. **Ploix** avec la collaboration de E. **Casperi**, publie sous le titre « *Météorologie nautique* » une traduction des « *Sailing directions* » de **Maury**. Il en est de même en 1875 pour la deuxième édition, avec une contribution originale des traducteurs. Dans un autre article, publié dans la « *Revue maritime* » en 1875, **Casperi** montre, en s'appuyant sur un ouvrage hollandais de 1663 que, dès cette époque, les marins s'étaient souciés des lois de l'atmosphère et avaient découvert des règles pratiques, retrouvées beaucoup plus tard par **Maury**.

(16) F.A. **Keller** publie en 1847 une étude sur les « *Ouragans, tornades, typhons et tempêtes* » (AH 1847/2), dans laquelle, à partir de considérations théoriques simples sur leur sens de rotation et leur trajectoire, il expose les mesures pratiques à prendre dans les ouragans intertropicaux ou les tempêtes sous les hautes latitudes : détermination de sa position par rapport au centre de la dépression et route à suivre. Les articles qu'il publie en 1849 et 1850 (AH 1848-1850) à propos de deux typhons, lui donnent raison. En 1879, E. **Ploix**, dans une « *Note sur les ouragans* » publiée dans la « *Revue maritime* », montre que près du centre d'un ouragan, le vent tourne circulairement, mais qu'à une certaine distance, il converge vers le centre en s'enroulant en spirale.

(17) Cette tradition sera perpétrée par le SHOM jusqu'en 1996 (palmarès de l'année 1995).

Liste chronologique des principales études et notes scientifiques du service hydrographique, à l'exception de celles figurant en annexe des rapports de mission.

Les publications non insérées aux Annales hydrographiques sont repérées *en italique*.

AH* 1847/2	Keller François-Antoine « Ouragans, tornades, typhons et tempêtes ».
AH 1849	Lieussou Aristide Études sur les ports d'Algérie. N.B. Remarquable étude (caractères généraux de la côte d'Algérie ; propriétés spéciales de chaque port ; moyens de les utiliser et de les développer) évoquée brièvement par A. Comolet-Tirman dans son article « <i>Quelques figures marquantes du corps des ingénieurs hydrographes</i> ».
AH 1852/1	Chazallon Rémy Détermination des diverses ondes dont l'ensemble constitue la marée.
AH 1853	Lieussou Aristide Mémoire intitulé : « Recherches sur les variations qui affectent la marche des pendules et des chronomètres ».
AH 1858/1	Darondeau Benoît Henri Notice sur les erreurs des compas dues aux attractions locales à bord des navires en bois et en fer.
AH 1858/1	Keller François-Antoine Essai de l'amélioration de l'estime, remédiant à la principale cause d'erreurs, tant du loch ordinaire que des lochs compteurs.
AH 1859	Bouquet de la Grye Anatole Exploration du plateau de Rochebonne ; méthodes employées pour fixer la position de ce plateau ; emploi de la vitesse du son pour déterminer la distance à la terre.
AH 1861/2	Mémoire sur la marche des pendules et des chronomètres, par Louis Pagel , précédé d'une notice par Charles Ploix .
AH 1863/2	Boutroux Eugène Exposé des opérations géodésiques exécutées pendant la reconnaissance du détroit de Gibraltar et de la côte nord du Maroc en 1854 et 1855.
AH 1864/2	Instructions générales de l'Amirauté anglaise pour les levés hydrographiques.
AH 1870	Crevoist , professeur d'hydrographie Méthode des digressions : détermination des longitudes par culminations lunaires.
AH 1871	Larousse Eugène Étude sur les embouchures du Nil et sur les changements qui s'y sont produits dans les derniers siècles (d'après une reconnaissance hydrographique, exécutée en 1860).
AH 1872	Héraud Gabriel Mémoire sur les marées de la Cochinchine.
AH 1873	Caspari Édouard Sur la régulation des compas, par des observations de force horizontale.
AH 1878	Hatt Philippe Décomposition de la marée en ondes élémentaires
AH 1886	Germain Adrien Adolphe Détermination de la déviation de la verticale sur les côtes sud de France. Hatt Philippe Coordonnées azimutales. Définition et emploi.
AH 1889	LV Mizon Détermination de la longitude d'un lieu par observation des satellites de Jupiter.
—	Rollet de L'Isle Maurice <i>Historique du service des chronomètres dans la marine - Revue maritime et coloniale.</i> CF Banaré Formules de réduction des distances lunaires.
AH 1892	Hanusse Ferdinand Formules pour transformer les projections planes en cartes.
AH 1893	Hatt Philippe Analyse harmonique des observations de marée. Rollet de L'Isle Maurice Description d'un nouveau cercle hydrographique.
—	Hatt Philippe <i>Des coordonnées rectangulaires et de leur emploi dans les calculs de triangulation - Publication n° 746 du service hydrographique de la marine.</i>
AH 1894	Caspari Édouard Régulation des compas par des observations de force horizontale.

AH1896	Rollet de L'Isle Maurice Analyse harmonique d'une courte période d'observation et calcul d'un annuaire de marée.
AH 1902	Caspari Édouard Nouvelle méthode de calcul de la longitude par des distances lunaires.
AH 1903	Rollet de L'Isle Maurice Calcul de l'heure et de la hauteur d'une pleine mer au moyen des constantes harmoniques.
AH 1906	Favé Louis Règlements des concours des chronomètres.
AH 1907	Fichot Eugène Réduction au sphéroïde terrestre des données fournies par les opérations de triangulation.
AH 1908-1910	Courtier André Note sur la prédiction des marées par le calcul à l'aide de la formule harmonique. Favé Louis Marégraphe plongeur.
—	Claude et Driencourt Ludovic <i>Description et usage de l'astrolabe à prisme. Gauthier - Villars 1910.</i>
AH 1911	Lesage Gaston Note sur la compensation d'une triangulation. Courtier André. Formules relatives au calcul des coordonnées rectangulaires usuelles.
AH 1912	Courtier André Choix d'un système de représentation pour la rédaction des levés hydrographiques. Favé Louis Note sur les instruments en usage dans la marine française pour la conservation de l'heure.
—	Favé Louis <i>Le problème des marées. Revue générale des sciences 1913.</i>
AH 1914	Notice sur le service hydrographique de la marine.
AH 1915	La Porte Florian Contribution à l'étude des principales positions géographiques intéressant l'hydrographie française.
AH 1917	Rollet de L'Isle Maurice Utilisation des photographies prises en avion pour compléter une carte. Roussilhe Henri Applications de la photographie aérienne aux levés topographiques de précision. Appareil de photo-restitution. de Vanssay de Blavous Pierre Note sur l'emploi, pour les travaux cartographiques, des photographies prises en avion.
AH 1918	Favé Louis Vérification des sextants. Renaud Joseph La carte marine internationale.
AH 1919-1920	Marti Pierre Note sur la vitesse de propagation du son dans l'eau de mer.
AH 1921	Favé Louis Marégraphe plongeur. Appareil enregistrant les marées sur les côtes et au large. Fichot Eugène Rapport sur les travaux géodésiques effectués par le service hydrographique de la marine. Fichot Eugène Les systèmes géodésiques équilatères à la surface du sphéroïde terrestre.
AH 1922	Cot Donatien Rapport au sujet de l'emploi des photographies aériennes par le service hydrographique de la marine française.
AH 1923-1924	Marti Pierre Le sondage en mer par le son aux grandes profondeurs au moyen de détonations. CV Pirot Deux années d'observations avec l'astrolabe à prisme sur la côte sud de la France, en Corse, en Tunisie et en Algérie. Étude de la déviation de la verticale du mouvement cyclique du pôle et de la réfraction.
AH 1925-1926	de Vanssay de Blavous Pierre Note sur la compensation d'une chaîne de triangles. Marti Pierre La sonde au plomb poisson.

AH 1930	Gougenheim André Formules relatives à l'emploi de la projection Lambert dans les travaux hydrographiques. Fichot Eugène La méthode des ingénieurs géographes pour le calcul des coordonnées géodésiques.
AH 1934	Driencourt Ludovic Le planisphère de Mercator et la navigation maritime ou aérienne par relèvements radiogoniométriques pris du bord.
—	Gougenheim André <i>Emploi de l'astrolabe à prisme pour la détermination des positions géographiques. Imprimerie nationale 1936.</i>
AH 1937	Fichot Eugène et Gerson Pierre Henri La zone géodésique antipode.
AH 1938-1939	Gougenheim André Les observations de passages en astronomie géodésique.
—	Marti Pierre <i>Déterminations relatives de l'intensité de la pesanteur en mer. Revue hydrographique internationale 1939.</i>
AH 1940-1945	Allard Pierre Étude des erreurs des instruments à réflexion. Courtier André Exposé de la projection Lambert. Dassonville Ludovic Transformation de coordonnées rectangulaires par translation, homothétie, rotation. Gougenheim André - Le problème de Ciconnetti - Application de la projection stéréographique à l'établissement des formules de la trigonométrie sphérique. - Sur la dérivation de la verticale à Tahiti.
AH 1946	Lacombe Henri La propagation du son dans ses rapports avec le repérage radio-acoustique.
AH 1947	Allard Pierre Ellipses et hyperboles géodésiques. Anthoine Georges Détermination de l'intensité de la pesanteur en mer.
AH 1948	Allard Pierre La projection conforme de déformation stationnaire le long d'une courbe.
AH 1949	Gougenheim André - Sur l'application de la formule de Laplace au calcul des marées de Brest. - Sur l'emploi des instruments de hauteurs égales pour la détermination précise des latitudes. Lacombe Henri - Détermination de la marée au large à partir des courants de marée. Application aux marées de la Manche (entre Cherbourg et Fécamp). - Note sur la diffraction de la houle en incidence normale.
AH 1950	Gougenheim André Sur une nouvelle famille de planisphères conformes. Hugon P. - Professeur d'hydrographie - Étude sur une conception nouvelle d'une table de point astronomique. - Le point astronomique simplifié dans les régions polaires. - Note sur une représentation rectiligne des hyperboles sphériques. Rollet de L'Isle Maurice Étude historique sur les ingénieurs hydrographes et le service hydrographique de la marine (1814-1914).
AH 1951	Gougenheim André - Sur une généralisation des mappemondes. - Trigonométrie sphérique et projections conformes. - Une méthode nouvelle d'astronomie géodésique : la méthode des droites d'azimut. Kahn L. - Ingénieur du génie maritime Itinéraires transcontinentaux orthodromiques conformes.
AH 1952	Lacombe Henri Diffraction de la houle en incidence oblique. Solution pratique approchée. Villain Charles Carte des lignes cotidales dans les océans.

AH 1954	Vantroys Lucien Note sur le changement empirique de système de coordonnées rectangulaires planes.
	Eyriès Marc Note sur la triangulation côtière par visées simultanées sur le bâtiment.
AH 1955	Grousseau Roger La propagation du son dans le chenal sonore.
AH 1956	Eyriès Marc La méthode des concordances et l'analyse harmonique par les constantes approchées.
	George Victor Note sur la triangulation côtière par visées simultanées sur repère marin.
AH 1957	Vantroys Lucien Le remous d'un ouvrage dans une mer à marée.
—	Gougenheim André <i>La dépression de l'horizon comme moyen d'étude du géoïde dans les îles du Pacifique. Revue hydrographique internationale 1959.</i>
AH 1967-1968	Comolet-Tirman André Rapport sur l'étude du gravimètre marin Askania GSS2 (mai 1965).
—	Demerliac Antoine <i>Cours d'astronomie. ENSTA 1971</i>
—	Pasquay Jean-Nicolas <i>Géodésie : Projection. ENSTA 1971.</i>
—	Pasquay Jean-Nicolas <i>Géodésie : traitement mathématique des mesures géodésiques. ENSTA 1972.</i>
AH 1973	Gonella Joseph - Laboratoire d'océanographie physique du Muséum. Étude des courants marins de surface induits par le vent.
—	A. Comolet-Tirman - J.C. Husson - M. Lefèbvre <i>Cours de géodésie dynamique et spatiale. ENSTA 1973.</i>
AH 1974	Demerliac Antoine Le niveau moyen de la mer. Calcul du niveau moyen journalier.
	Lacombe Henri - Laboratoire d'océanographie physique du Muséum Modèles simples de l'état thermique de la mer et de l'immersion de la thermocline.
AH 1975	Camus Yves - Ingénieur civil SHOM Contribution à l'analyse automatique des températures superficielles du proche Atlantique.
AH 1976	Le Provost Christian - chargé de recherche CNRS Étude des marées dans les mers littorales.
	Canonne P. - Pharmacien-chimiste des armées SHOM La pollution de la mer par les hydrocarbures. Enquête documentaire.
AH 1977	Desnoës Yves Le bruit dans les analyses de marée.
	Desnoës Yves et Simon Bernard - Ingénieur civil SHOM Analyse et prédiction de la marée. Application aux marées du Havre et de Brest.
AH 1978	Desnoës Yves Propriété des systèmes continus et invariants par translation soumis à des entrées à composantes périodiques. Application à une formule globale de prédiction de la marée.
	Pasquay Jean-Nicolas Principes appliqués et méthodes utilisées pour l'établissement des tables permanentes des hauteurs d'eau.
	Chabert d'Hières G. et Le Provost Christian - Institut de mécanique de Grenoble Atlas des composantes harmoniques de la marée dans la Manche.
AH 1979	Simon Bernard - Ingénieur civil SHOM Étude de la variation du niveau moyen en Manche.
—	M. Dars - G. Bessero - D. Guevel <i>Les marées. Tome I. ENSTA 1979.</i>
—	M. Dars - G. Bessero <i>Les marées. Tome II. ENSTA 1979.</i>
AH 1980	Simon Bernard - Ingénieur civil SHOM Analyse de 19 ans d'observations de marée à Brest.
	Carsin J.L. - Pharmacien-chimiste des armées SHOM L'Amoco-Cadiz : comportement de ses hydrocarbures dans le milieu marin.
	Schrumpf Bernard Recherche des épaves au magnétomètre.

- AH 1982 **Simon** Bernard - Ingénieur civil SHOM
Prédiction de la marée à Brest.
G. Balmino - A. Cazenave - A. Comolet-Tirman - M. Lefèbvre
Cours de géodésie dynamique et spatiale. ENSTA 1982.
- AH 1983 **Simon** Bernard et **Goutorbe** François
Méthode de calcul manuel de la marée à partir des principales constantes harmoniques.
- AH 1988 **Chimot** Jean-Marc et **Le Gouic** Michel
Localisation d'un avion de prise de vues aériennes.
- AH 1989 **Demerliac** Antoine
Rapport sur les travaux géodésiques effectués par le SHOM de 1920 - 1984.
- AH 1992 **Chimot** Jean-Marc
Étude de la doctrine d'emploi du sonar d'exploration hydrographique marine.
- AH 1996 **Simon** Bernard - Ingénieur civil SHOM
Détermination des hauteurs d'eau extrêmes pour la délimitation du domaine public maritime.
Tonchia Hélène
Évaluation d'un sondeur multifaisceaux grands fonds pour les levés hydrographiques.

RÉFÉRENCES

- ANONYME. - Notice sur le service hydrographique de la marine. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 34, 1914, p. 1 à 10.
- BOURGOIN J. - L'hydrographie française en Afrique noire et à Madagascar pendant la période 1947-1965. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 16, 1989, p. 69 à 76.
- COVILLAULT P. - Histoire du service hydrographique de la marine et des ingénieurs hydrographes. Publication interne SHOM, 1979.
La période couverte va de 1914 à 1970.
- DEMERLIAC A. - Rapport sur les travaux géodésiques effectués par le service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) de 1920 à 1984. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 16, 1989, p. 55 à 68.
- FICHOT E. - Rapport sur les travaux géodésiques effectués par le service hydrographique de la marine. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 4, 1921, p. 63 à 75.
- LEVALLOIS J.-J. (en collaboration). - Mesurer la Terre. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées et association française de topographie, 1988.
- LE GUIQUET B. - Le dépôt des cartes, plans et journaux de la marine sous l'Ancien Régime (1720-1789). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 18, 1992, p. 5 à 31.
- ROLLET DE L'ISLE M. - Étude historique sur les ingénieurs hydrographes et le service hydrographique de la marine. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 1 (bis), 1950, p. 1 à 378.
La période couverte va de 1814 à 1914.
- VANNEY J. R. - Le mystère des abysses - Histoires et découvertes des profondeurs océaniques. Fayard - Le temps des sciences, 1993.

Autres sources

- ANNALES HYDROGRAPHIQUES - Table récapitulative des annales hydrographiques (2^e série) de 1879 à 1916 inclus. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 4, 1921, p. 411 à 455.
- ANNALES HYDROGRAPHIQUES - Table récapitulative des annales hydrographiques (3^e série) de 1917 à 1949. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 1, 1950, p. 1 à 50.
- ANNALES HYDROGRAPHIQUES - Table récapitulative des annales hydrographiques (4^e série) de 1950 à 1972. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 18, 1972, p. 615 à 713.
- BUREAU DES LONGITUDES - Annuaire. 1871 à 1982.
- BUREAU HYDROGRAPHIQUE INTERNATIONAL - Revue hydrographique internationale. 1923 à 1997.

AVERTISSEMENT.

Le Dépôt de la marine, dans le but d'attirer plus spécialement l'attention des navigateurs, avait jugé à propos de publier, sous le titre de *Mélanges hydrographiques*, un recueil de tous les renseignements et documents pouvant intéresser l'hydrographie et la navigation, qui se trouvaient épars dans les *Annales maritimes*.

Ce recueil, dont la publication remonte à 1845, ayant cessé de paraître en 1847, en même temps que les *Annales maritimes*, on a senti la nécessité d'en former un nouveau consacré particulièrement à l'hydrographie et à la navigation.

Outre l'avantage qu'il offre d'éviter au marin de longues recherches, ce caractère de spécialité permet de donner à l'ensemble du travail plus de développement, et de publier dans une partie distincte différents Mémoires, résultat des recherches d'ingénieurs hydrographes, d'officiers de marine, ou même de savants étrangers à la marine, Mémoires qui intéressent à un haut degré l'hydrographie, la navigation et les sciences ayant un rapport direct avec l'art nautique.

C'est d'après ces considérations que, sur la proposition du Dépôt, le Ministre de la marine a ordonné la publication des *Annales hydrographiques*.

Signaler au navigateur les dangers récemment découverts ; lui donner la description des feux nouvellement allumés sur les divers

points du globe, ainsi que celle des balises et autres marques établies dans l'intérêt de la navigation ; appeler son attention sur tous les renseignements hydrographiques que peut se procurer le Dépôt de la marine ; publier des instructions nautiques rédigées en France ou empruntées aux marines étrangères, lorsque ces instructions pourront, eu égard à leur étendue, être insérées dans un recueil périodique ; et, dans le cas où l'étendue de ces documents ne permettrait pas leur insertion dans les *Annales*, en donner une analyse détaillée et suffisante pour éclairer le navigateur sur le parti qu'il en pourra tirer ; porter à la connaissance des marins les détails de la navigation des bâtiments de l'État, dans les paragraphes peu connus, en mettant sous leurs yeux des extraits des rapports des commandants de ces bâtiments ; faire connaître tout ce qui, dans ces rapports, ainsi que dans ceux des capitaines de la marine marchande, est utile aux progrès de la science nautique ; donner des analyses de voyages maritimes entrepris dans un but scientifique ; signaler les publications nouvelles et tous les faits qui peuvent intéresser l'hydrographie et la navigation ; publier enfin des Mémoires sur les diverses sciences qui ont un rapport direct avec l'art nautique, tel sera l'objet des *Annales hydrographiques*.

(Extrait de l'avertissement ouvrant le premier volume des *Annales*, en 1848).

A.H. 1848 — Capitaine de frégate Ch. Ph. de Kerhallet.

Description nautique de la côte occidentale d'Afrique depuis le cap Roxo jusqu'aux îles de Los.

Îles Ancoras.

L'aiguade, consistant seulement en pipes enfoncées dans le sable du rivage, fournit cependant une eau potable. Elle est établie en face de la factorerie, appartenant à un Portugais de Bissao. Les villages de Bisis fournissent des poules, des œufs, du lait, des bœufs à bon compte, des moutons, des cabris, des cochons à bon marché. On s'y procure des oranges, des citrons, des bananes, quelques légumes, entre autres, une espèce de haricot. Les bois voisins, d'une admirable végétation, offrent une grande variété d'espèces utiles à la charpente ou à la con-

struction. La chasse y est facile et presque toujours abondante en gazelles, pigeons, tourterelles et perdrix. Les îles Ancoras sont couvertes d'huîtres et de coquillages ; mais on se procure, comme dans tout l'archipel des Bissagos, difficilement du poisson. Le fond, toujours de vase, est peu convenable ; aussi n'est-ce que dans le S. de l'archipel et à ses abords de l'extérieur, qu'on peut pêcher considérablement. Sur les fonds de sable principalement, la pêche est extrêmement abondante.

Le mouillage de Bisis est, sans contredit, le meilleur point de relâche de l'archipel des Bissagos, pour les bâtiments, même sans en excepter Bissao, où tout est beaucoup plus cher.

Aux deux villages de Bisis, il existe deux banacous importants pour la traite des esclaves, dont ce point était un actif foyer.

Population.

Les gens du pays, qui sont de la tribu des Mandiagos, ont un naturel doux et affable. Il est facile de nouer avec eux des relations amicales, et je n'ai jamais eu qu'à m'en louer. Le pre-

mier village est à 1 mille de la pointe Bisis ; c'est celui du vieux chef. Le second, celui habité par le roi, est plus enfoncé dans les terres ; un sentier charmant vous y conduit à travers les bois. Toutes les terres des environs sont basses et noyées lors de l'hivernage ; elles offrent une richesse de végétation extraordinaire. On y cultive beaucoup de riz et du manioc.

Factorerie du Rio-Nuñez - Commerce.

On compte, dans le Rio-Nuñez, cinq factoreries françaises, trois anglaises, une américaine et une indigène, appartenant à Lamina de Caniope. Elles se partagent un commerce de 4 millions au moins de francs, dont les principaux articles sont en exportations : le café, les cuirs, l'or, l'ivoire, le riz, les arachides, l'indigo et un peu de cire ; en importations : les étoffes, les cotonnades, la poudre, les armes, les verroteries et une prodigieuse quantité de sel.

On trouve, dans le Rio Nuñez, un immense débit de cette dernière denrée. Les habitants du Fouta-Dyalon s'en servent pour la nourriture de leurs bestiaux et la préparation des cuirs ; pour eux-mêmes, c'est un luxe que d'en mettre dans leurs aliments et un grand régal. Le sel est donc indispensable pour traiter avec eux.

A.H. 1848 — Capitaine S.B. Haines de la Marine des Indes orientales.

Description des côtes méridionales d'Arabie depuis l'entrée de la mer Rouge jusqu'à celle du Golfe Persique.

Le territoire des Akrahis n'excède pas 20 milles carrés, avec une population de 600 hommes, qui tiennent leurs voisins, même les plus paisibles, dans un état constant d'alarmes. Leur chef, Ahmed-Ibn-Meidi, conduit lui-même ceux qui veulent le suivre à toute espèce de rapine ou de guerre. Il s'est maintenu indépendant pendant plusieurs années, jusqu'au moment où il a été forcé de payer un tribut à un chef voisin, pour le récompenser de ce qu'il lui avait laissé dépouiller librement la tribu d'Abdalis contiguë à la sienne. Il est connu par sa perfidie, et ce n'est pas sans difficulté que nous avons établi des relations avec lui. Cependant il admit deux des officiers, MM. Cruttenden et Grieve, à visiter son village, où il les reçut avec beaucoup de civilité.

Les femmes de cette tribu sont généralement jolies, minces et sveltes, ce qui, joint à un grand enjouement, leur donne un charme que l'on trouve rarement dans les habitants basanés de ces déserts des tropiques. Ce territoire est borné au N. E. par les Abdalis, les Haushabis, et à l'O. par les tribus Subeihis.

Le millet, dont on exporte de grandes quantités, y est le principal produit du sol. Nous y vîmes de grands troupeaux de moutons et de chèvres qui broutaient tranquillement, gardés par l'œil vigilant d'une jolie bergère bédouine.

L'intérieur renferme d'épaisses forêts d'acacias épineux qui offrent aux antilopes un abri contre les rayons brûlants du soleil. On y voit beaucoup de colombes, et on peut y entendre le vif pépiement du Bayah ou moineau des Hottentots, et le ramage de jolis petits oiseaux au plumage jaune et aux pattes cramoisies.

Réellement, un voyageur peut, malgré l'aridité du pays, y trouver à s'égayer ou du moins rompre la monotonie d'un minutieux service nautique sur cette côte peu fréquentée.

A.H. 1848 — Expédition de l'Erebus et du Terror pour la découverte d'un passage nord-ouest sous les ordres de Sir John Franklin.

EXPÉDITION

DE L'**Erebus** ET DU **Terror**, POUR LA DÉCOUVERTE D'UN PASSAGE N. O., SOUS LES ORDRES DE SIR JOHN FRANKLIN.

On se rappelle qu'une nouvelle tentative pour la découverte d'un passage Nord-Ouest, entre l'océan Atlantique et l'océan Pacifique, a été faite, dans ces derniers temps, par ordre de l'Amirauté d'Angleterre.

L'expédition, sous la direction du capitaine sir John Franklin, se composait de l'*Erebus*, commandé par cet officier, et du *Terror*, commandé par le capitaine Crozier.

Ces deux navires devaient se diriger à l'O. par le détroit de Lancaster ou celui de Barrow, à peu près sur le parallèle de 74° 15', jusqu'à ce qu'ils eussent atteint 98° de long. O. de Greenwich environ. Ils devaient ensuite chercher à s'avancer au S. et à l'O. dans la direction du détroit de Behring.

S'ils ne pouvaient y réussir, leurs instructions leur enjoignaient de retourner dans le détroit de Barrow et de s'avancer au N. des îles Parry, par le détroit de Wellington, pour de là continuer leur route à l'O. vers le détroit de Behring.

Partie d'Angleterre en mai 1845, l'expédition fut accompagnée jusqu'aux îles Orcades par deux bâtiments à vapeur le *Rattler* et le *Blazer*, et jusqu'aux îles Wale-Fish dans la baie de Baffin, par le transport le *Baretto-Junior*, qui était chargé de vivres et d'approvisionnements destinés à l'*Erebus* et au *Terror*.

Les dernières nouvelles de l'expédition datent de la fin de juillet 1845. Le 26 de ce mois, les deux navires qui la composaient ont été rencontrés par le baleinier le *Prince of Wales* ; ils étaient amarrés sur une île de glace à peu de distance du détroit de Lancaster, par 74° 48' de latitude N. et 66° 13' de longitude O. de Greenwich (68° 33' O. de Paris). Depuis lors on n'a plus entendu parler, directement, ni indirectement, de l'*Erebus* ni du *Terror*. Justement inquiet de ce silence, dont l'explication la moins défavorable serait que les deux navires ont été enfermés dans les glaces, le gouvernement anglais a ordonné une nouvelle expédition dont la mission est de suivre la route qui avait été assignée à sir J. Franklin. Cette expédition, composée de deux navires, l'*Enterprise* commandée par sir James Ross, et l'*Investigator*, par le capitaine Bird, a été placée sous les ordres du premier de ces deux officiers, et a quitté l'Angleterre dans le courant de mai 1848.

Instructions données par l'Amirauté à Sir James Ross, commandant l'expédition envoyée à la recherche de l'Erebus et du Terror.

En outre, le *Plover*, capitaine Moore, a été expédié dans le détroit de Behring, et le *Herald*, capitaine Kellett, chargé d'une mission hydrographique dans le Grand-Océan, a reçu l'ordre de se joindre à ce bâtiment. Tous deux doivent explorer le détroit de Behring et suivre la côte d'Amérique aussi loin qu'il sera possible, et opérer, s'il se peut, leur jonction avec sir John Richardson qui, de son côté, a la mission de se rendre par terre aux côtes du continent américain baignées par les mers arctiques et d'explorer tout l'espace compris entre la rivière Mackenzie et la rivière Copper-Mine, ainsi que les côtes occidentales et méridionales de la terre de Wollaston, et enfin de se réunir aux détachements que sir James Ross doit expédier dans ces contrées.

Dans le cas où ces recherches devraient se continuer un second été (1849), sir John Richardson devrait explorer le passage compris entre la terre de Wollaston et les terres de Banks et de Victoria, puis retourner au lac du Grand-Ours en septembre, pour venir hiverner près du grand lac de l'Esclave ; enfin il effectuerait son retour en Angleterre au printemps de 1850.

L'Amirauté a, en outre, offert une prime de 100 guinées (environ 2,600 fr.) à tout baleinier qui pourrait donner des renseignements authentiques sur la route suivie par l'*Erebus* et le *Terror* dans le détroit de Lancaster, et lady Franklin a offert 2,000 livres sterling (50,000 fr.), pour engager les baleiniers qui fréquentent le détroit de Davis et la baie de Baffin, à faire des recherches dans les parages vers lesquels ne

doivent pas se porter les expéditions ordonnées par le gouvernement.

Instructions données par l'Amirauté à sir James Ross, commandant l'expédition envoyée à la recherche de l'Erebus et du Terror.

« Le temps pour lequel les bâtiments de Sa Majesté *Erebus* et *Terror* ont été pourvus de vivres se terminant à la fin de cet été, et aucune nouvelle de ces deux navires ne nous étant parvenue depuis leur entrée dans le détroit de Lancaster en 1845, comme il y a quelques raisons de craindre qu'ils ne se soient trouvés enfermés dans des glaces immobiles, et que les équipages ne soient exposés bientôt aux plus grandes privations, nous avons jugé convenable de chercher à leur porter du secours. Ayant donc ordonné de préparer et d'équiper deux bâtiments de dimensions convenables et de les fortifier de manière qu'ils pussent résister à l'effort des glaces, et ayant la plus entière confiance dans votre habileté et dans l'expérience que vous avez acquise de ces mers, nous avons jugé convenable de les placer sous votre commandement. Vous êtes, en conséquence, invité à prendre le commandement de l'*Enterprize*, ayant aussi sous vos ordres l'*Investigator* (capitaine Bird), et à vous rendre sans délai, aussitôt que ces bâtiments seront en état de prendre la mer, dans le détroit de Lancaster. En vous portant vers l'O. à travers ce détroit, vous visiterez soigneusement les deux côtes, ainsi que celles du détroit de Barrow, pour prendre connaissance de toutes les marques qui auraient pu y être déposées et de toutes indications qui tendraient à prouver qu'elles auraient été visitées par l'un des bâtiments de sir John Franklin.

« Si vous arriviez de bonne heure dans ces parages, ou que la douceur de la saison vous permit d'étendre de suite votre examen sur les côtes du chenal Wellington, cela vous laisserait une plus grande liberté pour vous livrer entièrement ensuite à vos recherches vers l'O. Les diverses interruptions de côtes qui sont marquées sur nos cartes, entre les caps Clarence et Walker, devront être explorées soigneusement ; et comme chacun de vos bâtiments est pourvu d'une chaloupe sur laquelle est installé un petit propulseur à hélice, capable de donner une vitesse de 4 à 5 nœuds, nous avons lieu d'espérer qu'avec leur aide et celui des canots, toutes les recherches préliminaires pourront être faites pendant la saison actuelle, et par conséquent avant qu'il soit nécessaire de chercher un lieu d'abri pour passer l'hiver en sûreté. Comme il serait possible que l'hiver fût assez sévère pour clore entièrement l'extrémité O. de ce vaste détroit, et qu'il ne serait pas prudent de se mettre dans le cas que les deux bâtiments y fussent enfermés, nous pensons qu'il serait bon de chercher, dans les environs du cap Rennell, un port convenable dans lequel l'*Investigator* pût être en sûreté pendant l'hiver. De ce point, une étendue considérable de côtes peut être explorée à pied, et au printemps suivant, des détachements peuvent être envoyés par le capitaine Bird, par-dessus la glace, pour visiter soigneusement les *creeks* situés le long de la côte O. de la Boothie, jusqu'au cap Nicolai, tandis qu'un autre détachement pourrait se diriger vers le S., pour déterminer si l'espace blanc qui se trouve sur nos cartes est formé par une mer ouverte à travers laquelle sir John Franklin aurait pu passer, ou, au contraire, s'il est occupé par une chaîne d'îles au milieu desquelles il aurait pu être bloqué.

« Aussitôt que le retour de l'été aura pu ouvrir un passage entre la terre et la masse de glace compacte, ce bâtiment, qui se trouvera plus à l'E. que l'*Enterprize*, devra envoyer la chaloupe à vapeur au détroit de Lancaster, pour rejoindre les bâtiments baleiniers qui visitent ordinairement vers cette époque la partie O. de la baie de Baffin, et par lesquels nous avons l'intention de vous faire parvenir de nouvelles instructions et nous comptons recevoir de vous un rapport sur vos opérations.

« Pendant ce temps, l'*Enterprize* devra diriger ses efforts vers l'O., et tâcher d'atteindre Winter-Harbour dans l'île Melville : on pourrait, si vous le jugiez convenable, se diriger vers la terre de Banks ; mais, dans les deux cas, vous devriez déposer en un lieu, dont vous seriez convenu précédemment avec le ca-

pitaine Bird, une note pour lui faire connaître vos intentions futures. De cette station occidentale vous pourriez envoyer des détachements pour faire quelques excursions courtes, mais très-utiles, avant que la saison vous enfermât entièrement, et aussi lorsque le printemps reviendra. Un de ces détachements pourrait suivre la côte dans la direction qui paraîtrait avoir dû probablement être suivie par sir John Franklin, et déterminer en même temps la forme générale de la partie O. de la terre de Banks. De ce point on se dirigerait vers le cap Bathurst ou le cap Parry sur le continent : sur chacun de ces deux points, sir J. Richardson a été chargé de déposer des provisions pour l'usage de l'expédition. Le détachement envoyé à cet effet devra ensuite s'avancer jusqu'au fort Good-Hope, où il trouvera des instructions pour remonter la rivière Mackenzie, et revenir en Angleterre par la voie ordinaire des marchands.

« Un autre détachement explorera la côte orientale de la terre de Banks, et de là se portera de suite sur le cap Krusenstern : il trouvera en ce point ou au cap Hearne une cache de *Pemmican* qui y aura été placée par sir John Richardson.

« Les hommes ainsi envoyés se réuniront immédiatement à lui, ainsi que cela a été convenu entre vous, et, se plaçant sous ses ordres, ils l'aideront dans l'examen qu'il fera des côtes des îles Victoria et Wollaston ; enfin, ils reviendront avec lui en Angleterre par la route qu'il jugera être la plus convenable.

« Comme il nous est impossible de prévoir toutes les circonstances dans lesquelles vous pourrez vous trouver, et toutes les difficultés que vous rencontrerez, nous nous confions entièrement dans votre habileté, ainsi que dans le zèle de tous ceux qui sont placés sous votre commandement ; vous ne devez donc considérer ces instructions que comme le tracé général de ce que nous désirons que vous puissiez faire, et non pas comme étant destinées à vous prescrire rigoureusement la conduite que vous devrez tenir, surtout lorsqu'après de mûres délibérations vous serez convaincu que le but que nous nous proposons spécialement pourra être atteint avec plus de certitude en adoptant un autre système d'opérations ; et s'il plaisait à la Providence que vos efforts ne fussent pas couronnés de succès, nous laissons entièrement à votre jugement de décider quand et par quelle voie vous devrez revenir en Angleterre, aussitôt que vous serez convaincu d'avoir épuisé tous les moyens qui seraient en votre pouvoir.

« Dans le cas où, par suite d'un accident irréparable arrivé à l'*Enterprize*, vous seriez obligé de l'abandonner, vous êtes autorisé à prendre le commandement de l'*Investigator* et à faire tous les arrangements nécessaires pour les officiers et les équipages, en vous conformant, autant que possible, aux règles de service et au but spécial de l'expédition.

« Si vous aviez le bonheur de rejoindre l'*Erebus* à flot et portant le pavillon de sir John Franklin, vous devriez vous placer sous son commandement ; mais si ce bâtiment se trouvait bloqué dans les glaces et dans l'impossibilité d'avancer, vous devriez conserver le commandement de l'expédition et prendre toutes les mesures nécessaires pour le salut et le retour de son équipage et de celui du *Terror*.

« Si, par suite des événements, la Grande-Bretagne se trouvait entraînée à la guerre avec quelque puissance étrangère pendant votre absence, vous devez vous abstenir de tout acte quelconque d'hostilité à l'égard des bâtiments de cette puissance ; car il est admis par toutes les nations civilisées que l'on doit considérer les navires occupés à des recherches de ce genre comme n'étant pas soumis aux lois de la guerre. Les deux bâtiments placés sous vos ordres ont été amplement pourvus de vivres et de tout ce qui peut contribuer au bien-être des équipages ; nous vous recommandons spécialement de veiller avant tout à leur sûreté, à leur santé et à leur bien-être, ces considérations devant passer en première ligne dans toutes les opérations que vous pourriez entreprendre ; ils ont été pourvus aussi d'un grand nombre d'instruments, dans le but de faire toute espèce d'observations, géographiques, hydrographiques, magnétiques,

« *Pemmican*, substance alimentaire en usage chez les voyageurs dans les pays à fourrures : elle se compose principalement de chair de bison coupée en lanières très-minces, puis séchée au soleil et mêlée avec de la graisse fondue après avoir été broyée.

et météorologiques, dans ces régions boréales si rarement visitées. Vous trouverez ci-jointes les instructions qui ont été données à sir John Franklin, afin que vous puissiez continuer les mêmes travaux. Quoique nous ne regardions ces observations que comme secondaires relativement au but principal de l'expédition, vous devrez néanmoins ne laisser échapper aucune occasion de la rendre avantageuse pour l'avancement des sciences, ce qui est un des principaux devoirs des nations.

« Dans l'exécution de ces ordres, vous saisissez toutes les occasions pour informer notre secrétaire de vos travaux, de vos progrès et de vos intentions pour l'avenir. Enfin, lorsque vous reviendrez en Angleterre, vous demanderez à toutes les personnes des deux bâtiments de vous remettre tous leurs livres de loch, journaux, cartes et dessins, mais en les informant que tous ces documents leur seront rendus. »

Signé AUCKLAND et J.-V.-D. DUNDAS.

A.H. 1849 — Instructions nautiques, etc.

RAPPORTS

SUR LES RADES, PORTS ET MOUILLAGES DE LA CÔTE ORIENTALE DU GOLFE DE VENISE,

Visités en 1806, 1808 et 1809, par ordre de l'empereur.

Par C.-F. BEAUTEUPS-BEAUPRÉ¹, membre de la légion d'honneur, hydrographe sous-chef du Dépôt général des cartes et plans de la marine et des colonies.

¹ Le Dépôt de la marine, en publiant, d'après la délibération de son comité consultatif, les résultats du beau travail exécuté en 1806, 1808 et 1809, sur la côte orientale du golfe de Venise, par notre illustre hydrographe, Beauteups-Beaupré, s'est proposé le double but de ne pas priver plus longtemps les marins des observations importantes que renferme ce travail, et de rendre hommage au savant chef qui, pendant près d'un demi-siècle, a dirigé avec tant d'éclat le corps des ingénieurs hydrographes, et a doté la France de tant de magnifiques travaux.

Quelques-uns des détails contenus dans ces rapports sembleront peut-être avoir perdu aujourd'hui leur caractère d'opportunité; mais, par respect pour leur vénérable auteur, on a dû reproduire ceux-ci tels qu'ils ont été présentés à l'empereur.

CONCLUSION.

Il est aisé de juger, d'après ce que j'ai dit du golfe de Cattaro, que je ne partage pas l'opinion des marins qui ont cru qu'il offrait de grands avantages pour un établissement maritime.

Pourquoi, en effet, placerait-on la marine militaire dans ce golfe où une escadre ne peut entrer et d'où elle ne peut sortir, pendant environ quatre mois de l'année, sans courir les plus grands dangers?

A.H. 1849 — Expéditions arctiques sous la direction de Sir John Franklin et de Sir James Ross.

EXPÉDITIONS ARCTIQUES

SOUS LA DIRECTION DE SIR JOHN FRANKLIN ET DE SIR JAMES ROSS.

L'amirauté anglaise a reçu des nouvelles qui permettent de concevoir quelque espérance sur le salut du capitaine sir John Franklin. Il paraît, d'après des renseignements apportés par le baleinier *le True-Love*, récemment arrivé à Hull, que *l'Erebus* et *le Terror* seraient arrêtés depuis quatre ans par les glaces dans l'O. du passage du Prince-Régent; suivant le même document, les bâtiments envoyés à la recherche de sir John Franklin, sous le commandement de sir James Ross, seraient également arrêtés par les glaces dans l'E. du même passage.

Nous avons, dans le premier volume de ce recueil, fait connaître le but de l'expédition dirigée par le capitaine Franklin¹, et les inquiétudes que l'absence de nouvelles de cet officier avait fait concevoir; nous avons dit que le gouvernement anglais avait envoyé quatre bâtiments à la recherche de *l'Erebus* et du *Terror*: deux de ces navires, *l'Enterprize* et *l'Investigator*, devaient, sous le commandement de sir James Ross, effectuer leurs recherches dans l'O. en passant par la baie de Baffin; les deux autres, *le Herald*, commandé par le capitaine

Kellet, et *le Plover*, sous les ordres du *commander* Moore, devaient pousser leurs reconnaissances dans l'E., en passant par le détroit de Bering; enfin, le docteur sir John Richardson avait pour mission d'explorer par terre toute la partie du littoral américain compris entre les rivières Mackenzie et Coppermine.

Nous ajouterons que l'amirauté, ayant appris par des lettres de sir James Ross que cet officier avait l'intention de renvoyer *l'Investigator* en Angleterre après lui avoir fait débarquer le restant de ses vivres à la pointe Whaler, a, d'après l'avis des officiers les plus compétents sur cette question², expédié un nouveau navire, *le North-Star*, pour empêcher cette séparation qui pourrait compromettre au plus haut degré le succès de l'expédition, et pour opérer de nouveaux dépôts de vivres sur les points désignés par sir James Ross.

Le North-Star est parti d'Angleterre le 19 mai sous le commandement de M. J. Saunders; d'après une lettre écrite par celui-ci à l'amirauté, à la date du 19 juillet, il paraît que sa marche a été complètement arrêtée par les glaces dans la baie Melville. Une tentative qu'il a faite pour se frayer un passage n'a pas réussi. Il s'est trouvé un instant complètement arrêté par des glaces flottantes. Il n'a vu dans ces parages que deux chaloupes appartenant au baleinier *Prince-of-Wales*.

Le gouvernement des Etats-Unis a décidé aussi que deux bâtiments seraient envoyés dans les mers polaires, l'un par la baie de Baffin et l'autre par le détroit de Bering, pour tâcher de découvrir les navires de sir John Franklin. La première expédition serait, à ce qu'il paraît, sous les ordres du capitaine Wilkes. Des instructions devaient, en outre, être données aux baleiniers américains qui fréquentent ces mers pour les inviter à concourir à ces recherches. Enfin, l'ambassadeur de Russie en Angleterre a fait espérer à lady Franklin que, par l'ordre de son gouvernement, des expéditions d'exploration partiraient cet été des possessions russes sur la côte asiatique du détroit de Bering, pour aller dans le N. à la recherche des navires perdus.

Nous donnons ci-après la lettre écrite à l'amirauté par le propriétaire du navire qui a apporté les satisfaisantes nouvelles de sir John Franklin et de son expédition: nous y joignons une lettre du capitaine Kellet, commandant du *Herald*, et un rapport adressé à l'amirauté par sir John Richardson.

Hull, le 4 octobre 1849.

« J'envoie et je sou mets à l'amirauté la carte de la baie de Baffin que le capitaine Parker, du *True-Love*, m'a remise avec ses observations. J'envoie aussi un croquis grossier fait par un Esquimau, donné au capitaine Ker, du *Chieftain*, qui l'a remis au capitaine Parker. Il paraît que *le Chieftain* et d'autres bâtiments sont arrivés à la baie de Pond un jour ou deux avant *le True-Love*. Aussitôt qu'ils y sont arrivés, quelques indigènes se sont présentés à bord, et, sans qu'on lui adressât de questions, un homme présenta le croquis et il se fit comprendre, par des signes et par quelques paroles, des commandants des baleiniers. Il dit que deux des bâtiments avaient été retenus par les glaces pendant quatre ans à l'O. du passage du Prince-Régent, et les deux autres pendant un an à l'Est. Les deux bâtiments qui y étaient depuis le plus longtemps avaient tenté d'aller au delà du cap Rennell; mais, n'ayant pu y réussir, ils avaient hiverné au passage du Prince-Régent. La glace ne s'était pas rompue depuis lors. Les compagnons de cet homme et lui se sont rendus à bord des quatre bâtiments en mars dernier: tout le monde était sain et sauf.

« M. Parker, après avoir reçu ces renseignements, a tâché de gagner le passage du Prince-Régent, ou du moins d'examiner le détroit de Lancaster, afin de recueillir des renseignements sur l'état du pays. Le 22 juillet, il s'est mis en devoir de faire cette exploration en compagnie de *l'Advice*, de Dundee, qu'il avait rencontré. Le 5 août, les deux capitaines baleiniers, arrivés à la baie de Croker, ont été arrêtés par une banquise solide de glace fermant le passage de l'Amirauté. Ne voyant pas

¹ Voir *Annales hydrographiques*, tome I^{er}, page 108.

² La commission chargée par l'amirauté de traiter cette question se composait du contre-amiral Beaufort, du docteur Scoresby, du colonel Sabine, et des capitaines Parry, Beechey, Back et Belcher.

d'eau à l'O., ils ont été contraints de revenir. Côté de la glace, le 8 août, M. Parker a débarqué une caisse de viande de conserve et trente sacs de charbon (qui avaient été envoyés par lady Franklin). Au cap Hay, il a déposé les lettres, cylindres, etc., conformément aux ordres de l'amirauté, et il a élevé une grande perche pour appeler l'attention des bâtiments qui viendraient à passer. J'espère que l'amirauté prendra en considération ces efforts, et les risques et la perte de temps des baleiniers. Ces renseignements, sans doute, mettront sur la voie des mesures à prendre pour tirer ces braves marins de la passe périlleuse où ils se trouvent. Si l'amirauté désire voir et entendre M. Parker à Londres, il est tout disposé à s'y rendre.

« Signé THOMAS WARD,
Propriétaire du True-Love. »

Extrait d'une lettre du capitaine Kellet.

Mazatlan, 26 novembre 1848.

« Je suis arrivé ici le 24 de ce mois, après une traversée de trente-trois jours, depuis Petropouloski, ayant eu presque continuellement de très-forts vents d'Ouest. Je suis, comme vous devez bien le supposer, extrêmement inquiet de ce qu'est devenu le *Plover*. Non-seulement je ne l'ai pas vu, mais je n'en ai reçu aucune nouvelle, et je n'ai trouvé ici aucun renseignement à son égard dans les journaux.

« A Valparaiso, Panama et Oahou, les seuls endroits où, suivant toute probabilité, le commandeur Moore devait relâcher, il aurait trouvé des informations sur mes mouvements, qui, tous, désignaient Petropouloski comme le rendez-vous définitif.

« Après avoir quitté ce port, le 14 août, pour me rendre dans le golfe de Norton, j'ai été arrêté par des calmes dans l'O. le l'île Saint-Laurent, tout près de la pointe Tchaplín.

« Nous communiquâmes avec les Tchoutchis, qui sont évidemment habitués à voir des navires, car les baleiniers américains viennent fréquemment pêcher dans ces parages. Autant que j'ai pu le comprendre, aucun navire n'avait passé cette année au N. de l'île.

« Le 2 septembre, nous arrivâmes devant l'établissement russe de Michaeloski, situé sur le continent près et dans l'E. de l'île Stuart; là je pus me procurer un bon interprète.

« La position de cet établissement est dans la partie la plus exposée du grand golfe pour un navire de la force de l'*Herald*. Un navire de 12 pieds de tirant d'eau pourrait mouiller dans la petite baie et serait parfaitement abrité des vents depuis le N. q. N. O. jusqu'à l'Est.

« Nous fûmes retenus longtemps dans ce golfe par les vents contraires et l'état de la mer. Dans toute son étendue, il n'y a pas plus de 10 à 13 brasses d'eau (18 à 24 mètres), fond de vase très-molle et de sable.

« A peine donnions-nous dans le milieu du détroit, que nous fûmes enveloppés d'une brume épaisse. Nous faillîmes nous jeter à la côte de l'île Diomède occidentale; mais, fort heureusement, nous fûmes prévenus de son voisinage par le bruit des brisants.

« Le 1^{er} septembre, je laissai tomber l'ancre devant l'île Chamisso; mais les naturels avaient tous déserté la baie. J'appareillai le 18 et gagnai Hotham-Inlet et le cap Krusenstern; mais les naturels s'en étaient aussi éloignés, soit pour se rendre à leurs quartiers d'hiver, soit pour aller à la chasse aux rennes, dont je vis de nombreux troupeaux se dirigeant vers le Sud. Nous fûmes plus heureux à Spaforeif-Inlet: nous y rencontrâmes un assez grand nombre d'indigènes, et, entre autres, un homme très-intelligent avec lequel nous conversâmes à l'aide de notre interprète. Il nous dit qu'il arrivait du N., et qu'il n'avait vu ni entendu parler de navires ou d'hommes blancs. Quelques gens de sa tribu, ajouta-t-il, avaient vu, dans l'intérieur des terres, quelques hommes blancs dont l'un portait une bande d'or à son bonnet; mais ils étaient dans le S., quelque part aux environs de la baie Norton.

« A Michaeloski, j'entendis parler d'une troupe d'Américains qui se trouvaient dans le voisinage, probablement des marins déserteurs. Ce doivent être les hommes blancs dont m'ont parlé les Esquimaux. J'examinai la falaise de glace dans la baie

Escholtz, et je réussis à me procurer des dents d'éléphant de très-grandes dimensions, ainsi que les autres fossiles dont parle le capitaine Beechey; mais, dans tout cela, il n'y avait rien de nouveau. Je n'eus pas le temps d'examiner la rivière Buckland; mes embarcations s'approchaient de l'entrée, mais elles n'y rencontrèrent aucun naturel et n'en virent pas le moindre vestige près des falaises de glace, sauf des troncs d'arbres et des perches de bois entraînés par la mer, comme on en trouve sur toutes les plages de sable dans toute l'étendue de la baie.

« Lors de ma première visite à l'île Chamisso, j'y trouvai la marque du capitaine Beechey encore debout; mais elle était fort ébranlée et n'aurait certainement pas passé l'hiver sans être renversée. La planche portant le nom du *Blossom* gisait à terre au pied du poteau. Je fis ériger une autre marque avec son nom, exactement dans la même position. Vous ne pouvez vous figurer notre anxiété, lorsque, en approchant de cette île, nous aperçûmes une autre marque juste dans la direction où j'avais recommandé au commandeur Moore d'en placer une s'il arrivait avant moi. Il se trouva que cette marque avait été placée en 1838, par l'expédition de la compagnie russo-américaine.

« Les approches de l'hiver étaient si évidentes et telles que les décrit le capitaine Beechey, d'une manière si admirable, que je sentis avec lui qu'il suffirait d'un calme pour que toute la surface du golfe gelât; en outre, je ne pouvais prévoir dans quelles conditions nous nous trouverions une fois sortis de là. Le temps qui règne dans le golfe de Kotzebue, en dedans du cap Espenberg et d'Hotham-Inlet, ne me semble pas devoir être un indice sur lequel on puisse se régler pour prévoir ce qu'on trouvera en dehors de cette ligne; en dedans, nous eûmes invariablement, jusqu'à la fin de septembre, des vents de la partie de l'E., du N. E. au S. E.

« Le 29 septembre, je quittai de nouveau l'île Chamisso quoique le vent fût tout à fait contraire et le temps mauvais et menaçant. Les vents de N. O. soufflaient continuellement de puis plusieurs jours, augmentant de violence d'heure en heure.

« Nous repassâmes le détroit le 2 octobre, à 8 heures du soir avec un coup de vent de N. O. accompagné d'une neige épaisse à 4 heures de l'après-midi, nous avions aperçu les îles Diomède. En passant à l'O. de ces îles, j'étais sûr de trouver la mer plus douce, ce qui me permit de faire de la voile. Toute la surface du gréement, du côté du vent, n'était qu'une masse de glace, et les ralingues de chute des voiles étaient couvertes de neige glacée. Il m'eût été, en vérité, bien difficile de diminuer de voiles si je l'avais voulu.

« J'eus une longue traversée jusqu'à Petropouloski, où je touchai pour débarquer l'interprète que j'avais pris dans le golfe de Norton, et pour m'assurer si le *Plover* y avait paru pendant mon absence. J'y avais laissé une lettre pour le commandeur Moore avant mon départ pour le détroit, et je lui disais que je retournerais à Petropouloski si je ne le trouvais pas dans le N., regardant comme possible qu'il arrivât après moi et qu'il jugeât que le détroit n'était plus praticable. Les Russes et les capitaines de baleiniers américains qui se trouvaient à Petropouloski avaient essayé de me persuader que la saison était beaucoup trop avancée; le gouverneur m'avait même assuré que je serais pris dans les glaces.

« A Petropouloski, je fis abattre le navire avec des résultats plus satisfaisants que je n'avais pu en obtenir jusqu'alors.

« J'espère pouvoir appareiller de Petropouloski le 1^{er} décembre, et je me rendrai immédiatement à Panama, touchant peut-être à Acapulco et à Realejo pour faire des vivres, dans l'espoir de pouvoir donner à mon équipage de la viande fraîche pendant toute la durée de la traversée. »

D'après ses instructions, le capitaine Kellet devait se rendre dans le détroit de Bering, où il devait rencontrer le *Plover*, et après avoir aidé ce navire à se mettre en sûreté dans un port commode, revenir dans le S. pour donner avis de l'endroit où il l'aurait laissé. De son côté, le *Plover* avait pour mission d'envoyer ses embarcations le long de la côte d'Amérique pour se mettre en communication avec l'expédition qui devait descendre la rivière Mackensie, sous les ordres de sir John Richardson.

Par suite des calmes et des retards occasionnés dans le golfe de Norton par les vents contraires, ce n'est que le 1^{er} septembre que le *Herald* arriva au rendez-vous assigné dans le golfe de Kotzebue.

Il y resta jusqu'à la fin du mois, attendant le *Plover*; mais celui-ci n'arrivant pas, le capitaine Kellet remit sous voiles et repassa le détroit le 2 octobre; le 24 novembre, il arrivait à Mazatlan.

D'après des lettres reçues de Callao, il paraît qu'après une longue traversée, le *Plover* qui est un excellent bâtiment pour tenir la mer, mais un mauvais marcheur, n'atteignit ce port que le 8 juillet. Il lui était dès lors impossible d'arriver dans le détroit de Bering avant le départ du *Herald*, et il est probable qu'il a dû passer l'hiver à Petropauloski ou Sitka, et en partir au printemps, à l'ouverture des glaces pour explorer avec ses embarcations la côte N. d'Amérique.

A la même époque, le *Herald*, après s'être ravitaillé, a dû faire route pour le détroit de Bering, avec des provisions et des rechanges pour le *Plover* qui passera, s'il est nécessaire, l'hiver prochain dans le golfe de Kotzebue, ou dans quelque autre lieu convenable que l'on pourra choisir dans ce but.

On sait que sir John Richardson avait pour mission de se rendre par terre aux côtes du continent américain, et d'explorer tout l'espace compris entre la rivière Mackensie et la rivière Coppermine, ainsi que les côtes occidentales et méridionales de la terre de Wollaston; et, enfin, de se réunir aux détachements que sir James Ross devait expédier dans ces contrées. Voici le rapport de sir John Richardson à l'amirauté sur les tentatives infructueuses qu'il a faites dans l'été de 1848; il est daté du Fort-Confidence, sur le lac du Grand-Ours, le 16 septembre 1848.

« J'ai l'honneur d'informer les lords commissaires de l'amirauté, que j'ai atteint le bord de la mer à l'embouchure de la branche orientale de la rivière Mackensie, le 3 août, avec les bateaux et le détachement sous mes ordres. J'ai examiné toute la ligne de côtes comprise entre cette rivière et la rivière Coppermine, ainsi que toutes les baies intermédiaires, mais je n'y ai trouvé aucun indice qui annonçât le passage d'Européens, ni aucune trace de navires naufragés.

« Nous avons eu des entrevues avec de nombreux partis d'Esquimaux qui, tous ont unanimement déclaré n'avoir vu aucun navire, ni aucun homme blanc; et, d'après la manière amicale avec laquelle il nous ont traités, je ne doute pas qu'ils n'aient accueilli avec humanité les Européens qu'ils auraient pu voir dans la détresse.

« Du Mackensie au cap Bathurst, que nous avons doublé le 10 août par 70° 37' de latitude N., l'état de la végétation indiquait un climat comparativement doux, et nous n'avons pas aperçu de glace: les Esquimaux, qui étaient alors réunis sur les divers caps et sur les îles pour faire la chasse de la baleine noire et de la baleine blanche, nous dirent que pendant leurs deux mois d'été, ils ne voyaient jamais de glace. Mais, après avoir traversé la baie Franklin et doublé le cap Parry, nous eûmes à franchir plusieurs bancs de glaces flottantes qui abaissèrent considérablement la température; et, quand nous atteignîmes le cap Bexley, nous trouvâmes les détroits du Dolphin et de l'Union remplis de glaces épaisses amoncelées au pied des promontoires abrupts, et couvrant la mer aussi loin qu'on pouvait l'apercevoir des hauteurs, tout à fait dans la direction de la terre de Wollaston.

« L'hiver, on peut le dire, s'est annoncé avec une rigueur soudaine, le 23 août, et nous avons eu de la glace et de la neige sur notre passage pendant plusieurs jours. De là jusqu'au 3 septembre, il nous a fallu nous frayer notre route autour de chaque baie, en coupant les glaces pour nous ouvrir un passage, ou en faisant des portages par terre suivant que l'exigeaient les circonstances; quelquefois, nous étions aidés dans nos progrès par un petit espace de mer libre au pied des côtes en pente. Ces opérations pénibles ont été dirigées par M. Rae, dont le jugement solide, l'expérience et le zèle, ont été, après la Providence, les auxiliaires qui nous ont fait réussir dans nos progrès.

« D'après l'expérience de quatre visites au golfe Coronation, faites par Franklin, Dease et Simpson et moi-même, je m'attendais, une fois le cap Krusenstern doublé, à rencontrer la mer libre jusqu'à la rivière Coppermine; mais telle est l'incertitude de la navigation dans ces mers étroites, que nous eûmes le désappointement de trouver tout le golfe complètement pris par les glaces. Il nous fallut alors continuer à planter des perches, couper des glaces et conduire nos opérations avec plus de lenteur et plus de peines cependant, parce que la gelée devenait plus intense. Enfin, le 3 septembre, nous fûmes arrêtés dans Icy-Cove au nord du cap Kendall, par la glace nouvelle qui avait si bien soudé ensemble les masses de glaces, qu'il n'était plus en notre pouvoir de les séparer, tandis que l'élévation des monceaux de glace, que la pression avait entassés au pied des pointes de roches, nous empêchaient de faire passer nos embarcations par-dessus. Voyant que nous ne pouvions plus espérer un prompt changement de temps, et que le sol était déjà tout couvert de neige, je me déterminai, à contre-cœur, à quitter les canots et à commencer notre marche par terre vers le lac du Grand-Ours.

« Si nous eussions pu atteindre la rivière Coppermine, comme je pensais que nous l'aurions fait dans les circonstances ordinaires, et remonter le Kendall, nous aurions éprouvé un bien-être relatif, avec des tentes, des provisions, etc., et à quatre jours seulement de marche aisée du fort Confidence; mais, dès lors, il nous fallut augmenter les poids à porter, en raison de l'accroissement de distance.

« Chaque homme était chargé de vivres pour treize jours et portait, en outre, ses hardes et ses souliers de rechange ainsi que son lit; et il fallait encore opérer le transport des ustensiles de cuisine, des instruments d'astronomie, des munitions, des haches et du bateau portatif du lieutenant Halkett, avec des lignes et des filets. Nous abandonnâmes donc les canots et les tentes après avoir caché le reste du pemmican, et dans la matinée du 3 septembre, nous nous mîmes en marche pour Back's-Inlet, que nous atteignîmes dans la soirée du même jour.

« Là, nous rencontrâmes fort à propos une troupe d'Esquimaux qui nous rendirent un service éminent le lendemain matin en nous faisant traverser une rivière profonde, de 300 à 400 mètres de large, laquelle, suivant ce qu'ils nous dirent, conservait cette largeur à une distance considérable, en remontant son cours. Sans leur assistance, nous aurions perdu beaucoup de temps pour la traverser en aussi grand nombre que nous étions avec le seul secours du bateau du lieutenant Halkett. J'ai donné le nom de Rae à cette rivière, qui nous était inconnue jusqu'alors. Le jour suivant, nous traversâmes la rivière Richardson, qui est moins large, avec l'aide du bateau de Halkett, et dans la soirée nous établîmes notre camp sur les bords de la rivière Coppermine.

« J'avais prescrit à James Hope, natif métis qui avait fait partie de l'expédition de Dease et Simpson, de venir à notre rencontre sur le Coppermine avec deux chasseurs indiens, au commencement de septembre; mais le mauvais temps qu'il fit à l'époque où il aurait dû se mettre en route lui fit différer son départ d'une semaine, et nous nous manquâmes. Je suppose que nous nous sommes croisés un jour de brume continueuse ou de neige, sur les bords du Kendall.

« Hier, après treize jours de marche, nous sommes arrivés ici; nous avons eu, pendant les trois derniers jours, l'avantage d'être dirigés par un guide indien qui nous a conduits par des chemins plus faciles que la route directe.

« D'après la manière dont les glaces étaient encore entassées dans le golfe Coronation et dans les détroits du Dolphin et de l'Union à une époque aussi avancée de la saison que le 3 septembre, d'après ce fait qu'elles étaient soudées entre elles par la gelée nouvelle, il est très-peu probable qu'elles s'ouvriront encore dans cette saison pour offrir un passage aux navires. Je ne puis donc supposer que les bâtiments envoyés à la découverte auront pu se porter dans cette direction cet été; j'ai l'espoir qu'ils auront trouvé un passage par une latitude plus élevée, et dans l'O. de la mer ouverte qui est au large du cap Bathurst, ou bien qu'ils auront effectué leur retour en Angleterre par le détroit de Lancaster. Les circonstances que je

viens rapporter font voir que mes embarcations n'auraient pu approcher de la terre de Wollaston dans cette saison d'une rigueur inusitée ; mais cela peut se faire l'année prochaine, et je tâcherai de prendre des dispositions pour que M. Rae descende la rivière Coppermine, au mois de juillet prochain, avec un canot et un équipage de choix pour explorer l'ouverture comprise entre les terres Wollaston et Victoria.

« La marée du flot qui, à l'époque des syzygies, passe dans les détroits du Dolphin et de l'Union avec une vitesse de trois nœuds à l'heure, vient de l'E. en sortant du golfe Coronation, et doit se répandre en premier lieu dans l'ouverture mentionnée ci-dessus, ou bien dans celle qui est entre la terre de Victoria et la Boothia, car ce sont les deux seules communications qui existent entre le golfe Coronation et le détroit de Lancaster et sa continuation. Sous ce rapport, et aussi dans le but de venir en aide à un détachement que sir James Ross se proposait d'envoyer à la rivière Coppermine par-dessus la glace, l'expédition projetée de M. Rae peut être utile.

« Les ressources de ce poste sont insuffisantes pour la subsistance de tous les hommes de notre expédition, et comme le lac reste entièrement gelé jusque vers le milieu d'août, les hommes qui ont hiverné ici ne pourraient atteindre la factorerie d'York assez à temps pour retourner en Angleterre dans la même saison ; aussi me suis-je décidé à renvoyer immédiatement treize des hommes venus d'Angleterre et six du détachement de M. Bell ; ils remonteront le Mackensie et iront passer l'hiver à la pêcherie de l'île Big, sur le lac de l'Esclave. Je me propose de les rejoindre au printemps, en traversant le lac du Grand-Ours, sur la glace, et remontant le Mackensie, en mai, dès que la débâcle sera arrivée. Je prendrai avec moi les hommes du détachement anglais dont M. Rae n'aura pas besoin pour les opérations de l'été. M. Rae aura pour instruction de revenir ici vers la fin d'août, de manière à fermer l'établissement à cette époque, et à renvoyer ses gens assez à temps pour qu'ils puissent remonter les rivières de Mackensie et de l'Esclave avant que la navigation ne soit fermée.

« Pendant notre voyage par mer, nous avons déposé du pemmican à la pointe Séparation, au cap Bathurst, au cap Parry et dans l'anse Paisley sur le côté N. du cap Krusenstern, et nous avons érigé des signaux, comme il était convenu avec sir James Ross. »

A.H. 1849 — Instructions nautiques sur les côtes occidentales d'Afrique, depuis le Cap Sparte jusqu'au Cap Bojador, traduites de l'ouvrage intitulé « Sailing Directions for the western coast of Africa », publié par ordre de l'amirauté d'Angleterre.

Mogador ou Suïra, date seulement de 1760 ; à cette époque, le sultan Mohammed-Ben-Abdallah, attiré sur cette partie de la côte par le naufrage d'un navire européen, jeta les premiers fondements de cette ville. Contrairement aux autres villes de son empire, le plan en fut tracé avec quelque régularité par un architecte génois, et l'effet en fut tellement au sultan, qu'il lui donna le nom de Suïra ou le *beau tableau*. Elle est néanmoins mieux connue des Européens sous le nom plus ancien et moins flatteur de Mogador.

A.H. 1849 — Îles Carolines. Extrait du Nautical Magazine 1849.

Îles Truk.

Mais, le matin qui suivit mon départ, le schooner fut attaqué par une force immense, qui pouvait être évaluée à deux mille hommes au moins. Un combat désespéré eut lieu, à la suite duquel on réussit à les refouler, avec une perte de six hommes tués et cinq blessés. Les sauvages se saisirent aussi du grand canot, et, forcés d'abandonner notre câble, nous perdîmes une ancre et 75 brasses de chaîne. J'étais, pendant cette lutte, à bord du brick, mouillé à une dis-

tance du schooner, d'à peu près 4 milles ; quelques habitants aidaient tranquillement mes hommes à emplir des caisses à eau sur le rivage, de sorte que j'étais sans soupçon de ce qui se passait. Le premier éveil me fut donné par la vue du schooner qui courait à nous en faisant, dans sa fuite, des signaux de détresse. Nous attaquâmes la ville le même jour, au moyen de nos grands canots, et nous retrouvâmes celui qui avait été enlevé, dans une habitation, à 450 mètres de la berge.

Beaucoup de ces sauvages étaient armés de sabres à poignée de cuivre, et un grand nombre d'entre eux avaient de larges couteaux espagnols. Dans la lutte de deux heures qu'ils soutinrent contre nous, avant que nous pussions débarquer, ils se montrèrent très-experts à lancer les pierres et le javelot. Je pense, toutefois, que la correction qui leur fut infligée les aura rendus pour longtemps circonspects.

A.H. 1849 — M.A. LIEUSSOU.

Études sur les ports de l'Algérie.

Les ports algériens présentent donc un triple caractère commercial, ils sont :

- 1° Des marchés pour le commerce maritime de l'Algérie ;
- 2° Des entrepôts pour les marchandises échangées entre l'Orient et l'Occident ;
- 3° Des ports de transit entre l'Europe et l'Afrique centrale.

La place d'Alger, dotée à grands frais d'un port et d'un réseau de routes, qui la relie à tous nos centres d'action dans l'intérieur du pays, a désormais une importance maritime que la nature semblait lui avoir refusée. Sa suprématie actuelle sur les autres ports algériens se maintiendra longtemps encore par la force de l'habitude, par l'attraction commerciale qu'exerce une très-grande ville, siège du gouvernement. On peut douter que cette suprématie artificielle se perpétue ; on peut affirmer, du moins, qu'aussitôt que le commerce de l'Algérie sera établi sur des bases régulières, Bougie et Arzew prendront une très-grande part à ce commerce. Les qualités nautiques de ces deux ports, leurs relations avec l'intérieur de l'Afrique, invariables depuis des siècles, parce qu'une topographie puissante les régit, les désignent comme les deux grands entrepôts du commerce futur de l'Europe avec le Sahara algérien et l'Afrique centrale.

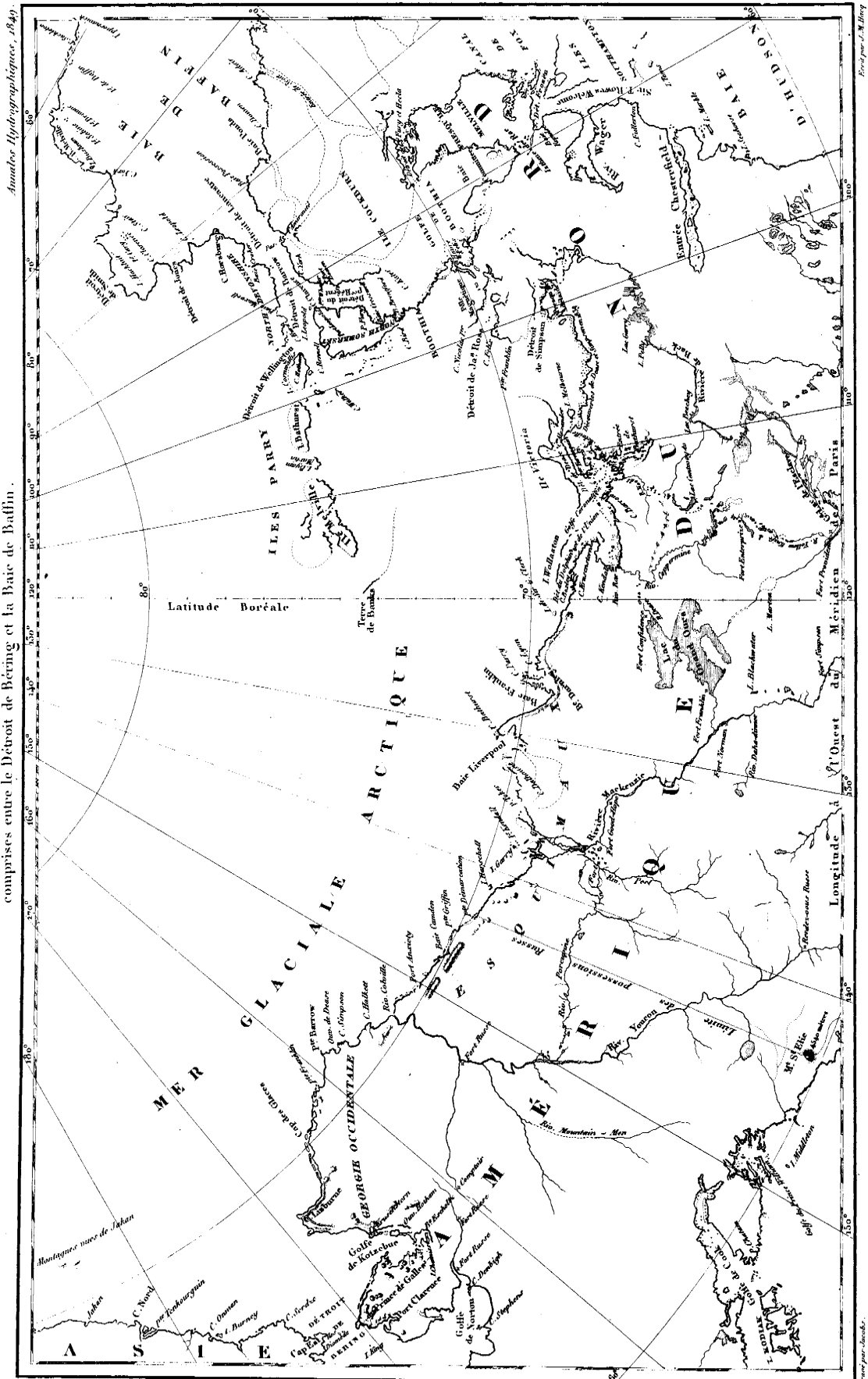
N.B. — Étude remarquable évoquée brièvement par A. Comolet-Tirman (caractères généraux de la côte d'Algérie ; propriétés spéciales de chaque port ; moyen de les utiliser et de les développer).

A.H. 1850/1 — Renseignements sur la partie de la côte occidentale d'Afrique comprise entre le cap Negro et le cap Lopez. Mission de la Malouine, en 1845.

Baie de Moss-Amedas.

Les naturels sont fort peu nombreux dans les environs de la baie, soit que la présence des Européens les en ait éloignés, soit qu'ils ne les aient jamais habités. C'est une belle race de noirs, à l'air intelligent. J'en ai vu ayant au moins six pieds et membres à proportion ; les femmes sont plus petites, mais bien constituées. Leurs cases sont rondes ; elles ont 8 ou 10 pieds de diamètre, pas plus d'élévation, et la porte n'a pas 2 pieds $\frac{1}{2}$ de haut ; elles sont en bois recouvert de terre détrempée, et ressemblent parfaitement à nos ruches d'abeilles. Ces noirs ne vivent que de maïs et de laitage. Chaque village, qui est un composé d'une vingtaine des huttes dont j'ai parlé, disposées en circonférence à dix pas l'une de l'autre, possède un semis de maïs et un troupeau de bœufs. Ils ont tous un chef ou roi, et ne traitent jamais que par son intermédiaire.

CARTE DES RÉGIONS ARCTIQUES
comprises entre le Déroit de Bering et la Baie de Baffin.



Ils font la chasse aux éléphants et aux rhinocéros, et, lorsqu'ils en ont pris quelques-uns, ils apportent l'ivoire au fort San-Fernando, et ils reçoivent en échange quelques brasses de mauvaise étoffe, du tabac, de la poudre et de détestable eau-de-vie. Il est vraiment surprenant que des êtres aussi braves vis-à-vis des bêtes féroces, qu'ils ne craignent pas d'attaquer avec des flèches et des sagaies, soient aussi craintifs, aussi rampants même, vis-à-vis d'une poignée de blancs qui les oppriment d'une manière inconcevable.

A.H. 1850/1 — Description nautique de la côte occidentale d'Afrique, comprise entre le Cap Lopez et le Cap de Bonne-Espérance.
Du Cap Lopez à St-Paul de Loanda. Capitaine de Frégate *Lelieur de Ville-sur-Arce*, commandant la corvette à vapeur d'Elan.

Mayumba.

Quoique toute cette côte soit habitée, les bâtiments de guerre n'ont point cherché à établir de relations avec les indigènes ; les traitants dépeignent ceux-ci toujours comme voleurs, assassins, etc. Malgré cela, ils vivent sans protection au milieu d'eux, et la traite est le seul commerce réel des habitants de tout ce littoral. Sans ce commerce, ils sont réduits à une misère complète, et la privation de nos étoffes pour les peuples au S. du Congo les expose à mourir de froid.

Ambrizete (Angola)

Sur tous les points du littoral, de Mangal-Grande à Ambriz, on embarque des noirs. Il y a plusieurs criques, caps, etc., à l'abri desquels de petits bâtiments peuvent se cacher, et qui nous sont inconnus. Nous croisons sur la côte, généralement éloignés de terre, sans chercher à explorer le littoral ou à communiquer pour bien connaître les détails du rivage. Nous nous en rapportons un peu trop au dire des traitants qui ont un intérêt très-grand à nous tromper.

Ambriz (Angola)

Le commerce d'exportation consiste en ivoire, peaux, cire, un peu de minerai de cuivre, gomme copale, tout cela en petite quantité ; le commerce réel, le vrai, c'est la traite des noirs.

A.H. 1850/1 — Capitaine de Corvette M. Jehenne,
commandant La Prévoyante (Extrait des Annales maritimes et coloniales - mars 1843).

Île Mayotte.

Les maladies les plus ordinaires parmi les indigènes sont les maux de jambes. On en voit avec des plaies dégoûtantes, que j'attribue à la lèpre, si commune parmi cette race d'hommes. Il va sans dire que la gale est une chose presque naturelle ; on ne songe même pas à s'en guérir. En général, les habitants de Zaoudzi (la ville arabe) sont sales et misérables. Les idées de fatalisme dans lesquelles les nourrit le mahométisme, dont ils ne connaissent, au reste, que quelques pratiques, les rendent apathiques et paresseux ; mais ils sont doux et hospitaliers.

Mayotte est fort peu peuplée, eu égard à sa grandeur et au terrain, susceptible d'être cultivé, qu'elle recèle entre ses montagnes. Je ne pense pas que le chiffre total de la population s'élève, en ce moment, au delà de 1,200. Elle a été beaucoup plus peuplée autrefois ; mais ce malheureux pays a presque toujours été en guerre, soit avec ses voisins, soit en guerre civile par suite de révolutions continuelles qui renversaient le chef de l'île, pour en mettre un autre à sa place, dès qu'un ambitieux savait rallier quelques mécontents et se mettre à leur tête. Mahométans ignorants et grossiers, il leur est arrivé ce qui est arrivé partout où cette religion a été établie,

que la force du sabre a été tout et que le pouvoir a toujours été au plus audacieux. De là, guerre intestine continuelle, qui traîne à sa suite l'insouciance, la paresse et la famine, fruits du fatalisme.

A.H. 1850/1 — Expéditions arctiques à la recherche du Capitaine Franklin¹.

Suivant une correspondance de Londres, l'attention publique non-seulement en Angleterre, mais aux États-Unis est toujours vivement sollicitée, et la curiosité très-excitée par le mystère dont reste enveloppé le sort de sir John Franklin. Dans ce dernier pays, on vient d'ouvrir une souscription en tête de laquelle s'est placé un millionnaire retiré qui a souscrit pour 5,000 dollars et qui propose d'armer une expédition particulière au nom des États-Unis d'Amérique pour aller à la recherche de sir John. Le président des États-Unis est très-favorable à ce projet, et il encourage de son côté une seconde expédition au nom de la nation américaine et soldée par les deniers du trésor public.

Quatre nouveaux navires, emportant des machines à vapeur et surtout une quantité considérable de charbon de terre vont, dit-on, mettre à la voile et quitter les côtes d'Angleterre pour se diriger vers le détroit de Lancaster et coïncider d'un autre côté avec l'expédition Collinson. A Londres, on s'occupe activement de cette seconde expédition. Le mercredi 6 février, M. Weld a fait à l'Institution Royale, en présence d'un grand nombre d'auditeurs, une leçon curieuse sur les expéditions envoyées au pôle arctique, leçon qui s'est terminée par un singulier spectacle. Un ballon préparé d'après le système adopté par l'amirauté anglaise, en cette occasion, s'est élevé jusqu'à la voûte et a fait pleuvoir sur les assistants de petites bandes de papier imprimées. Tel est le moyen de correspondance dont on se servira pour essayer de communiquer avec l'équipage, s'il est, comme on le croit, emprisonné dans les glaces.

On parle aussi d'envoyer de nouvelles expéditions du côté de la baie de Baffin et du détroit de Barrow, et enfin une dernière dans la direction du cap Bathurst et de la terre de Banks. Il n'est pas douteux que les équipages anglais et américains courent de grands dangers. En 1830 seulement, vingt navires ont péri devant la baie Melville. Le docteur Scoresby vient de publier sur ces expéditions arctiques auxquelles il a pris part, sur les dangers qui les menacent et sur les moyens d'y échapper, un écrit curieux. « On ne peut pas, dit-il, prévoir l'arrivée des floes ou glaçons qui vous écrasent de leur poids. En trois minutes j'ai vu un baleinier aplati entre deux immenses murailles de glace qui, se rapprochant avec une célérité effroyable, le détruisirent, hommes et biens, sans qu'il en restât trace : on ne voyait apparaître au-dessus que le bout-hors du mât d'artimon ; un autre resta dressé sur la poupe comme un cheval qui se cabre sur ses jambes de derrière. La *Princesse de Galles* et la « *Laetitia* furent percées de part en part, comme à coups de lances, par des glaçons aigus de plus de 100 pieds qui se rejoignirent à travers les bordages. » Tels sont les dangers et les catastrophes auxquels s'exposent les matelots engagés à la recherche de sir John Franklin et qui résoudront peut-être le grand problème du passage par le Nord-Ouest.

Nous continuons à reproduire les rapports officiels des commandants chargés des premières recherches ; nous donnons aujourd'hui le dernier rapport adressé à l'amirauté par le capitaine Kellett, et, dans un prochain numéro, nous donnerons les rapports du capitaine Moore et du lieutenant Pullen.

Rapport adressé à l'amirauté par le capitaine Kellett, commandant de l'Hérad.

Le 15 juillet, les navires atteignirent le mouillage devant l'île Chamisso, après avoir mis 50 heures à parcourir le trajet entre ce point et l'extrémité Ouest de l'île Saint-Laurent.

¹ Voir tome I^{er}, page 198, et tome II, pages 162 et 398.—Nous reproduisons ici la carte des régions polaires arctiques, déjà donnée dans le précédent volume, sur laquelle on a porté les terres découvertes par l'*Hérad*.

Avant mon arrivée, deux canots avaient été expédiés pour la rivière Mackensie, sous les ordres du lieutenant Lee. Fort heureusement l'*Herald* parut à l'horizon assez à temps pour leur être signalé : les canots virent le signal d'appel et revinrent.

Aussitôt notre arrivée, nous commençâmes à approvisionner le *Plover* de charbon et de vivres, et à 9 heures du matin, il avait à bord tout le biscuit qu'il pouvait mettre en soute, la moitié de son charbon et une proportion considérable d'autres approvisionnements.

16 juillet. Le temps fut employé à arrimer les vivres et le charbon du *Plover*, faire les mutations parmi les officiers, débarquer les hommes impropres au service, et les remplacer par des hommes de notre équipage. Pendant ces diverses opérations, j'allai avec le commandant Moore et son *ice-master* visiter les baies de la côte orientale de la presqu'île Choris afin d'y chercher une station d'hiver pour le *Plover*. Nous ne trouvâmes que fort peu d'eau dans toutes ces baies où le fond diminuait graduellement au N. vers la presqu'île de sable. L'opinion de ces messieurs fut que, si la navire hivernait en cet endroit, il serait fort exposé, et qu'au moment de la rupture des glaces, il serait probablement entraîné dans le détroit, ou se défoncerait sur la plage.

A 9 heures du soir, les deux navires étaient prêts à prendre la mer ; mais on vint me prévenir que le chouquet du grand mât était pourri ; je consacrai donc la journée du lendemain à le changer.

Pendant notre séjour dans le golfe de Kotzebue, nous recevions, chaque jour, la visite de deux *baidars* (canots des naturels) montés chacun par douze hommes ; c'étaient tous des gens de grande taille, bien bâtis, bien armés ; mais ils n'amaient avec eux ni leurs femmes ni leurs chiens.

D'abord ils se montraient défiant ; mais quand l'interprète leur eut parlé leur langue, c'est-à-dire un dialecte que quelques-uns d'entre eux comprenaient, ils parurent ravis, montèrent à bord, visitèrent tout le navire, et s'en retournèrent après que je leur eus fait présent de quelques bagatelles, sans avoir essayé de rien dérober.

Ils appartenaient à la baie Spafarieff¹ ; ils exprimèrent leur satisfaction de retrouver le lieutenant Cooper et les autres personnes qui les avaient visités, dans leur baie, l'année précédente, et furent charmés d'en être reconnus, puis ils leur firent des présents sans rien demander en retour.

Le *commander* Moore, et moi nous les avons accompagnés jusqu'à l'île Chamisso ; là ils halèrent leurs *baidars* à terre, et les renversant la quille en l'air, ils firent posersur le sable l'un des plat-bords du côté du vent, et élevèrent l'autre de trois pieds au-dessus de terre, en le supportant par le moyen de leurs pagaies ; puis ils couvrirent de fourrures lesol au-dessous de cette tente d'un nouveau genre ; là nous partageâmes plusieurs pipes avec eux.

Pendant que nous étions ainsi occupés à fumer ensemble, le *commander* Moore fit faire des fouilles à ses canotiers, pour essayer de retrouver la farine qu'avait laissée en cet endroit le capitaine Beechey, il y avait de cela 23 ans. Le lieu du dépôt était indiqué par des marques sur une roche, qui étaient aussi fraîches que le jour où on les avait faites. L'année dernière nous les avions déjà remarquées, mais pensant que les indigènes avaient dû fouiller le dépôt, nous n'avions entrepris aucune recherche. Un espace considérable fut déblayé autour du baril, ses bords furent mis à découvert, et quoiqu'il n'adhérât plus au sable que par les deux douves du fond, il fallut encore les efforts réunis des équipages de deux canots et l'emploi d'une trévière et d'un grand espar faisant levier, pour enlever le tout. Le sable avait acquis un tel degré de dureté par la gelée, qu'il s'en dégageait des étincelles à chaque coup de pic. Le baril lui-même était parfaitement sain et les cercles en bon état. Sur 366 livres de farine qu'il contenait, 175 livres étaient aussi bonnes que la meilleure farine que nous eussions à bord. On trouva également la boîte en fer-blanc contenant des colliers ; ceux qui n'étaient pas en verre étaient en fort mauvais état ; le coton qui les attachait était parfaitement sain.

¹ La baie Spafarieff est dans la partie Sud du golfe de Kotzebue.

18 juillet. Appareillé à 6 heures du matin et quitte le mouillage.

20 juillet. A 5 heures du soir, mouillé par 27 mètres, relevant le cap Lisburne au N. 70° 20' E. du compas, à 2 milles $\frac{1}{4}$. Le *Plover* et le yacht mouillent aussi.

De cette position j'expédiai deux baleinières pour examiner la côte vers le N., sous les ordres du lieutenant Pullen du *Plover* et de M. Parsons, second *master* de l'*Herald*. Le *Plover* envoya aussi un canot à une petite distance dans le Sud. Cette embarcation revint un peu après minuit, après avoir touché un ou deux points de la côte, et rencontré quelques indigènes qui témoignèrent des dispositions amicales. C'était une nuit d'une clarté remarquable. A minuit, le soleil montra la moitié de son disque au-dessus de l'horizon, et presque toutes les personnes qui étaient à bord restèrent sur le pont pour être témoins de ce phénomène qu'elles voyaient pour la première fois.

31 juillet. Appareillé de nouveau à minuit avec une légère brise de Nord. A 7 heures du matin, les canots furent aperçus à l'horizon ; à 10 heures, ils étaient le long du bord.

M. Pullen avait examiné sans succès l'ouverture qui est à l'E. du cap. Il apprit des indigènes, par le moyen de son interprète, qu'aucune des ouvertures de la côte ne donnerait accès à un navire, qu'il n'y en avait qu'un très-petit nombre dans lesquelles leurs *baidars* pussent entrer, au commencement du printemps, et qu'elles se fermaient dès que le vent commençait à souffler de l'Ouest.

Jusqu'à 6 heures du soir le 23, nous eûmes un calme fort ennuyeux ; heureusement le courant nous porta dans le N., à raison d'un demi-mille par heure. Nous fûmes pendant ce temps visités par deux *baidars* que montaient les naturels que nous avions vus au large du cap Lisburne ; ils vinrent sans crainte le long du bord, et nous donnèrent tous les objets qu'ils avaient ; les femmes vendaient les fourrures qui leur servaient de vêtements, et même leur seconde paire de culottes, pour du tabac et des colliers.

Pendant la soirée du 23 et la matinée du 24, nous courions au N. E. avec une brise modérée de S. S. O. accompagnée d'un épais brouillard qui laissait voir quelques éclaircies par intervalles. Nous étions entourés de morses, de baleines et de bandes d'eiders. L'approche des glaces nous était indiquée par la température de la mer.

25 juillet. Au matin le vent a passé au N. O. et nous a amené un temps froid, mais beau et clair. Nous faisons route pour la baie Wainwright ; nous sommes entourés d'un nombre considérable de morses qui font entendre leurs mugissements ou grognements continuels ; les cris des veaux marins, les petites baleines, les nuées de canards qui s'élèvent du sein des eaux au passage de nos navires, nous avertissent que nous approchons des glaces, quoique la température soit encore assez élevée. Nous prenons connaissance de la terre, un peu avant midi, à 10 milles au N. de la baie Wainwright, et à 2 heures nous mouillons par 20 mètres à environ 3 milles au large de l'entrée. Le *Plover* et le yacht en ont fait autant une heure avant nous.

En faisant route le long de la côte, nous avions remarqué un poteau sur la terre la plus élevée à l'entrée de la baie ; quelques instants après, on vit un homme y hisser quelque chose, que la plupart d'entre nous prirent pour un pavillon. Bientôt après, le *Plover* amena son pavillon uniquement pour le parer, comme je l'appris plus tard ; la même manœuvre fut répétée au poteau, et finalement le pavillon fut enlevé.

Je fis immédiatement mettre un canot à la mer, et j'envoyai à terre le lieutenant Cooper. Il se dirigea vers le poteau et trouva que c'était un signal établi par des indigènes pour indiquer un dépôt de graisse de baleine et de viande de renne enfouies en cet endroit. L'indigène avait quitté la place : le lieutenant Cooper, après s'être arrêté quelque temps, revint à bord sans avoir vu personne. J'avais choisi cet endroit pour équiper et expédier les canots plutôt que m'avancer aussi loin dans le N. qu'il était possible de le faire avec les navires, parce que je regardais de la plus haute importance que la station d'hivernage du *Plover* fût connue de l'officier commandant l'expédition des embarcations.

On commença immédiatement à débarquer les canots, à les équiper et à les approvisionner. Pendant ces opérations, j'en-

voyai M. Hill, *master* de l'*Herald*, sonder l'entrée de la baie. Il revint à bord un peu avant minuit et me fit le rapport suivant : « Le chenal était très-étroit et sinueux ; le plus grand brassiage sur lequel on pût compter, était de 2^m 7, et encore, pour être assuré de retrouver cette profondeur, faudrait-il baliser le chenal ; enfin pour qu'un navire pût y entrer à la voile ou à la remorque, il était nécessaire d'avoir bon vent ou calme, car le chenal était trop étroit et trop difficile pour qu'on pût s'y touer. Une fois en dedans, il y avait assez d'eau et une place convenable où pourrait hiverner le *Plover*. »

Je jugeai, d'après ce rapport, qu'il était impossible que le *Plover* entrât dans la baie, avec le peu d'eau qu'on avait trouvée à l'entrée ; mais comme celle-ci était encombrée de quelques grosses masses de glace échouées, dont une partie se rompit pendant notre séjour, je pensai qu'il était très-probable, qu'après leur disparition, le chenal devint plus direct et plus profond. Je me décidai donc à revenir et à faire une exploration plus détaillée de la baie, aussitôt que j'aurais accompagné les canots aussi loin dans le N. qu'il était possible de le faire avec les navires. Les canots reçurent, en conséquence, l'ordre de visiter la baie Wainwright à leur retour, pour le cas où elle aurait été trouvée accessible au *Plover*, mais, en cas contraire, ils devaient le rallier à l'île Chamisso.

M. Hill rencontra en cet endroit une quarantaine d'indigènes qui témoignèrent d'abord des dispositions très-amicales ; mais dès qu'ils s'aperçurent de son intention de les quitter, ils devinrent insupportables ; ils poussaient leurs *baïdars* en travers de son canot et venaient embarrasser ses avirons, sans intention hostile, il est vrai, mais dans le simple but de retarder son départ, afin d'avoir le temps de faire des échanges avec lui.

Vers minuit, les canots étaient tout prêts et ils poussèrent au large, salués par les navires de trois hourra partis du fond du cœur, et qu'ils rendirent avec le même enthousiasme. Cette petite expédition se composait de 25 personnes montant quatre embarcations. Le lieutenant Pullen commandait la chaloupe de l'*Herald* de 30 pieds de long, qui était armée avec le plus grand soin, pontée dans toute sa longueur, grée en goélette et avait reçu le nom d'*Owen* ; cette embarcation était en outre munie de pompes, d'un gouvernail de rechange, et renforcée d'un bordé de 2 pouces au-dessus de sa flottaison. Il y avait ensuite deux baleinières neuves de 27 pieds, apportées d'Angleterre par le bâtiment de Sa Majesté l'*Asia*, et tillées à l'arrière jusqu'au dossier, mais sans coffres ni soutes, les provisions étant armées, le biscuit, dans des sacs peints, et les viandes conservées, dans des prélatrs. Les effets des hommes étaient dans des sacs placés de manière à pouvoir être promptement retrouvés au besoin. La quatrième embarcation était la chaloupe du *Plover*, qui était à demi-pontée et était munie de coffres pour renfermer les provisions. On avait mis à bord des embarcations, pour 70 jours de viandes conservées pour tout l'équipage ; les autres vivres, à l'exception du biscuit, étaient dans la même proportion et étaient renfermés dans des boîtes en fer-blanc soudées. En outre, l'*Owen* avait à bord un supplément de vivres réglementaires pour huit hommes. Quand tout eut été ainsi arrimé, on remplit, avec des boîtes de viandes conservées, tous les coins et recoins qui restaient libres. Les deux chaloupes portaient de plus, pour s'en servir au besoin, cinq caisses de pemmican destinées spécialement à l'expédition de sir John Franklin. Les navires faisaient route de conserve avec les embarcations, et couraient le long de la côte, à environ 3 milles, avec une brise modérée soufflant de terre.

26 Juillet. A 4^h du matin, on put voir d'énormes masses de glace bordant le rivage dans le voisinage des îles *Sea-Horse*. A 6^h nous fûmes obligés de mettre en panne à cause d'une brume épaisse qui ne se dissipa qu'à 11^h 1/2. Le *Plover* était tout près de nous, mais ni les embarcations, ni le yacht n'étaient en vue.

Nous remettons tous deux en route, portant au N. du monde ; à 1^h de l'après-midi, nous étions par 71° 5' de latitude, là nous aperçûmes la banquise qui s'étendait à perte de vue, du N. O. q. O. au N. E. Nous avions en même temps 73 mètres d'eau, fond de vase ; c'était le plus grand brassiage que nous ayons trouvé depuis que nous avions quitté l'île Saint-Laurent. Nous continuâmes à courir le long de la banquise jusqu'à 8^h du soir ; voyant alors une brume épaisse s'élever, je fis mettre en panne

après avoir couru 2 ou 3 milles au S. ; le vent soufflait du N. N. E. directement de dessus la glace. Nous avions fait 30 milles le long de la banquise.

Celle-ci était formée de glace d'une couleur sale et n'ayant pas plus de 5 à 6 pieds d'élévation, à l'exception de quelques pitons qui y paraissaient solidement fixés et qui provenaient sans doute des grandes masses qui étaient venues se réunir à la banquise. De distance en distance on voyait se détacher de celle-ci des glaces épaisses, au milieu desquelles le *Plover* faisait route.

29 Juillet. A 1^h 30^m le brouillard se dissipe ; la banquise s'étend du N. N. O. au N. N. E. sur une longueur d'environ 6 milles. Nous avons fait servir dans l'après-midi, et nous avons couru au milieu d'amas de glaces détachées. A 10^h nous passons auprès des grandes masses. Le *commander* Moore pensant qu'elles offraient assez d'étendue et de stabilité pour qu'on pût y faire une série d'observations magnétiques, lance le *Plover* au milieu d'elles et s'amarre avec ses ancres à glace sous le vent de la plus grande masse, en déployant dans cette manœuvre une habileté peu commune.

Je débarquai sur cette glace avec le lieutenant Trollope : on put y observer la latitude, l'angle horaire et la variation (71° 30' lat., 164° 25' long.) ; mais les autres observations ne furent d'aucune valeur à cause de son mouvement en azimuth, et, parce que des morceaux s'en détachant à chaque instant, le niveau ne pouvait se maintenir en équilibre. Il y avait 51 mètres d'eau, fond de vase, le long de cette glace, et pas de courant.

Je trouvai que cette île de glace dérivait lentement vers le S., avec le vent de N. N. E. qui soufflait alors bon frais. On n'y vit que quelques morses et un seul plongeon. Sa hauteur générale était de 5 pieds, et elle avait environ 1 mille d'étendue : on y trouva des cailloux et de la vase, ce qui fit supposer au *commander* Moore qu'elle avait été en contact avec la terre ; mais je suppose que cette vase et ces cailloux étaient des restes de fiente de morse.

A 3^h du soir, le *Plover* démarra de l'île de glace, et les deux navires poussés par le vent de N. E. firent route à l'O. jusqu'à 6^h, que nous primes le plus près, courant au N. du monde, car on n'apercevait pas de glace dans cette direction, et par le travers, du côté du vent, on n'en voyait que du haut de la mâture. La nuit était superbe : nous filions 6 et 7 nœuds, la température de la mer était de 4° 4 centig., et le brassiage de 36 mètres allait en augmentant.

A minuit, on observa la latitude par le passage inférieur du soleil au méridien. A 5 heures du matin, la température de l'eau était tombée à 2° 2, et presque au même instant la vigie signala les glaces. Depuis cet instant jusqu'à 7 heures, que nous avons mis en panne à 1/2 mille de la banquise, nous avons fait 10 milles 1/2, ce qui me fait supposer que, lorsque le temps est clair, c'est à la distance d'environ 11 milles qu'on peut apercevoir la banquise du haut de la mâture.

Cette banquise était formée de glace d'une couleur sale ; son profil était une ligne continue de 2 mètres d'élévation, et l'on remarquait dans l'intérieur quelques colonnes et pitons beaucoup plus élevés. Quoique le vent soufflât de dessus cette plaine de glace, il ne s'en était détaché aucun glaçon : le brassiage avait augmenté graduellement jusqu'à 64 mètres, fond de vase bleue. Les seuls êtres vivants que l'on y vit étaient une couple de petits plongeurs noirs avec une tache blanche dans le dos et deux oiseaux très-remarquables, offrant beaucoup de ressemblance avec la femelle de la frégate des tropiques : ils étaient comme celle-ci d'une couleur sombre, avaient des ailes excessivement longues et avaient le même vol lorsqu'ils prenaient leur essor. Nous ne pûmes parvenir à tuer aucun de ces oiseaux. La drague nous rapporta des moules et quelques bivalves qu'on trouve communément dans ces mers.

Nous restâmes une heure en panne devant cette banquise ; c'est le point le plus Nord que nous ayons pu atteindre ; il est situé par 72° 51' de latitude et 170° 26' de longitude. La glace, ainsi qu'on put en juger du haut de la mâture, s'étendait à l'O. S. O. du compas. Le *commander* Moore et l'*ice-master* signalèrent une nappe d'eau dans le N. de la banquise, et une blancheur éclatante occasionnée par la glace dans le S. O.

Il fut impossible d'atteindre l'espace libre signalé, parce que la banquise était impénétrable.

Cette banquise, que nous venions de suivre pendant 40 lieues, formait une ligne brisée se dirigeant successivement dans l'O. et dans le N.; les fractions courant à l'O. avaient environ 10 à 12 milles, et les autres 20 milles.

On fit servir à 9 heures du matin, en gouvernant vers la côte, un peu à l'O. de la route précédente; le vent, qui était au N. E., diminua par degrés à mesure que nous avançions dans le Sud.

A 5 heures du matin, il faisait calme plat, la mer était unie comme un miroir, et l'eau était tellement limpide qu'on apercevait distinctement une assiette blanche à 24 mètres de profondeur. Cette circonstance me permit de constater les avaries que le navire avait faites en échouant dans la baie d'Avatscha. Le brion était intact, mais nous avions perdu environ 3 mètres de la fausse quille; nous ne pûmes voir si elle avait souffert aucun dommage au delà. Le cuivre était rompu et considérablement aminci.

A mesure que nous approchions de la côte, nous rencontrions un grand nombre de baleines, de morses, de veaux marins, et des nuées de canards et d'oiseaux de mer.

Le 30 juillet, à 8 heures du matin, nous mouillons par 15 mètres, dans le N. et tout près des bancs du Blossom; le *commander* Moore vient à bord, et me propose, pendant que je ferai la reconnaissance de la baie Wainwright, de profiter du beau temps pour s'avancer le long de terre, aussi loin dans le N. que les glaces le permettront et de tâcher de communiquer avec les deux grands canots que nous supposions aux environs de la baie du Refuge. Nous appareillons tous deux, dans cette intention, avec vent contraire de N. E., beau temps.

Je louvoyai à petits bords tout près de terre, sondant par des fonds de vase qui diminuaient ou augmentaient à mesure que je m'approchais ou m'éloignais de la côte.

Un peu après 6 heures du soir, nous mouillons de nouveau devant l'entrée de la baie Wainwright. Il ne restait plus un atome de la glace que nous y avions vue à notre première visite. Il n'y avait pas longtemps que nous étions mouillés lorsque nous aperçûmes les indigènes porter leurs *baidars* à travers l'étroite langue de terre qui sépare la baie de la mer, et les lancer à l'eau. Désirant en avoir le plus possible dans le voisinage du navire, afin qu'il en restât moins à terre pour me troubler dans mes opérations, je fis différer le départ des canots jusqu'à ce qu'il y eût deux *baidars* le long du bord. Ils s'approchaient lentement, s'arrêtant fréquemment sur leurs pagayes, et chaque fois l'homme de l'avant élevait ses bras au-dessus de sa tête, en leur faisant faire un angle de 45°, et, en les abaissant, il les passait sur sa poitrine et son estomac. J'ordonnai au maître d'équipage de faire le même mouvement sur le gaillard d'avant : ils attendaient aussi sa réponse avant de recommencer à pagayer.

Je fis présent à chacun d'eux de tabac et de colliers; ils ne pouvaient comprendre que je leur donnasse ces objets sans rien exiger en retour. Je partis ensuite avec trois embarcations pour aller faire la reconnaissance de la baie, et laissai à l'équipage la permission de trafiquer avec les naturels et d'acheter ce qu'ils avaient à vendre : petites figures et outils en ivoire, arcs, flèches, fourrures, bottes en peau de veau marin, viande de renne.

J'avais à peine poussé du bord que tous ces indigènes se rembarquèrent et me suivirent. Rien ne pouvait égaler leur bonne humeur. Avant de commencer mes observations, je donnai l'ordre de cesser tout commerce; et, après avoir tracé sur le sable un grand demi-cercle terminé à la mer, je fis placer les embarcations aux extrémités de son diamètre. Ces gens parurent très-bien comprendre l'objet de cette ligne de démarcation; pas un n'essaya de la franchir; ils s'accroupirent tous et restèrent calmes et silencieux.

Lorsqu'arrivait un nouveau personnage, ils l'informaient de la consigne et celui-ci l'observait aussi bien qu'eux. Après les observations, ils chantèrent et dansèrent pour nous amuser, jouèrent au ballon avec nos matelots qui n'eurent pas la palme avec eux, et déployèrent leur adresse au tir de l'arc.

Le *Plover* vint mouiller auprès de l'*Herald*, un peu après midi; il faisait calme

Le *commander* Moore vint à terre, érigea un signal et enfouit dans la terre une bouteille contenant ses renseignements sur les canots. Je m'étais assuré, avant son arrivée, que le plus grand brassiage qu'on pût avoir à l'entrée était de 3 mètres; je l'invitai donc à me fournir un rapport sur ce dont il pourrait alléger le navire. D'après cet état, que j'ai l'honneur de joindre à ce rapport, Leurs Seigneuries verront qu'à moins d'enlever les mâts du *Plover*, ce navire ne pouvait être suffisamment allégé pour entrer dans la baie. Si j'avais pu y parvenir en enlevant une partie du chargement, il n'était pas possible de trouver une station plus avantageuse. C'est le premier port qu'on rencontre en venant des hautes latitudes; les indigènes témoignent des dispositions amicales; on peut s'y procurer de la viande de renne; enfin, il n'y a plus d'autre port dans le S. que dans le golfe de Kotzebue, et, au dire des *ice-masters*, un navire qui hiverne dans ce golfe est grandement exposé. Dans la baie Wainwright il y a un brassiage convenable, et le *Plover* y aurait pu être amarré le long d'un banc et parfaitement à l'abri.

Les naturels m'ont dit qu'une grande rivière se jette dans la baie et qu'ils peuvent la remonter pendant plusieurs journées avec leurs *baidars*; que, sur ses bords et dans le voisinage de la baie, les rennes, pendant leur migration dans le N. et leur retour vers le S., apparaissent en troupeaux très-nombreux.

Ces gens prirent congé de nous à 8 heures du soir, comme la première fois, et ils firent tirer leurs *baidars* par des chiens jusqu'à leurs tentes, établies dans une petite anse de sable, à un mille de notre position. Au moment où nous nous disposions à retourner à bord, il n'en restait plus un seul avec nous. J'ai le regret d'ajouter que, malgré leur bonne conduite, ils ne s'étaient pas moins rendus coupables de quelques actes de flouterie. L'un de nous avait perdu un mouchoir, un autre un gant, il manquait au *commander* Moore une boîte de capsules, et au naturaliste, une petite bouteille de verre remplie de rhum et d'eau.

1^{er} août. Pendant la nuit, nous avons eu une brume épaisse qui ne s'est dissipée qu'à 5 heures du matin. Les canots ont quitté le navire pour aller continuer leur exploration, et le capitaine Moore et moi nous avons été à terre pour faire des observations magnétiques et d'autres observations. Je suis retourné à bord, un peu après midi, pour consigner sur mon journal le résultat de mon travail. Le capitaine Moore est remonté dans la baie et a rencontré quelques *baidars* qui venaient d'arriver, chargés de rennes coupés en quartiers. On venait les enfourer, avec une quantité d'autres déjà déposés en terre, dans un trou creusé sur la plage de sable, devant la pointe Collie; et ces gens paraissaient peu satisfaits de voir leur magasin découvert. Il était profond, entouré de bûches de bois, et avait un toit formé également de pieux de bois, élevé de 5 pieds au-dessus de terre et recouvert de mousse. Pour une petite quantité de tabac, ils en vendirent autant que le canot du capitaine Moore pouvait en porter, c'est-à-dire 800 livres.

Ayant appris de celui-ci que ces gens seraient disposés à en vendre davantage, j'envoyai dans un canot le lieutenant Cooper, le naturaliste et le chirurgien pour en acheter; mais quand ils aperçurent le canot se dirigeant vers eux, tout le monde s'enfuit et il ne resta sur le bord de l'eau qu'une vieille femme armée de la bouteille que le naturaliste avait perdue la veille et qui n'avait pas été touchée; elle indiquait par signes qu'on l'avait trouvée sur la plage. Ils avaient au moins compris qu'il était mal de voler. Ils parurent d'abord contrariés et peu soucieux de se défaire de leur viande; mais quelques cadeaux leur rendirent leur bonne humeur, et ils nous en vendirent quatorze quartiers, provenant tous de jeunes animaux. On voyait qu'ils avaient été mal tués; cependant la plupart de nos hommes trouvèrent que c'est une chair tendre et délicate...

9 août. Dans la matinée, nous passâmes près d'une baleine morte, et dans l'après-midi, près d'une autre. J'envoyai une embarcation près de cette dernière pour y ficher un pavillon et enfouir au pied de celui-ci une bouteille enfermant un papier dans lequel étaient relatés le cercle de nos recherches et mon intention d'aller dans l'O. : ces renseignements étaient destinés au *Plover* pour le cas où il les trouverait. La vigie annonce plusieurs fois la terre; un oiseau de terre est en vue.

Ayant bon vent pour explorer la banquise du côté de l'O., je continuai à m'élever tribord amures, autant que le vent le permettait. La brise continua à tomber jusqu'au 10 au matin qu'il fit calme plat.

La mer était couverte à la lettre de particules arrondies d'un dixième de pouce de long sur la moitié de large, et de couleur cramoisie, ressemblant à des cendres de bois ou plutôt à de la sciure grossière de bois de cèdre. En examinant cette matière au microscope, on n'y put découvrir aucun indice de circulation. Le chirurgien du bâtiment, M. Goodridge suppose que c'est une matière huileuse qui s'est échappée des carcasses de baleines que nous avons vues la veille, à travers les pores de leur peau, par l'action de la pression de l'eau, et que c'est à cette cause qu'il faut attribuer la grandeur et la figure uniforme de ces particules. J'ai essayé d'en dessécher quelques-uns en les mettant sur du papier brouillard, mais il n'est rien resté qu'une tache huileuse.

Nous avons observé le courant et nous avons trouvé qu'il portait à l'O. avec une vitesse de $\frac{1}{3}$ de mille à l'heure. Nous sommes entourés de morses qui font entendre leurs grognements et qui sont en groupes de huit ou dix. Nous voyons aussi de grandes quantités de petites pièces de bois en dérive; toutes sont de bois de pins et paraissent avoir été enlevées de quelque plage par la mer. La température de la mer à la surface est de 7° 2 centigr. et au fond, à 53 mètres, elle est de 6° 1. La drague a rapporté, d'un fond de vase bleue molle, beaucoup de moules, des astéries, comme on en trouve dans toutes les parties de cette mer, quelques bivalves que nous avions déjà rencontrés, et de très-petites chevrettes.

Une brise légère de S. commence à souffler; elle fraichit par degrés et passe à l'Ouest. A 10 heures 30 minutes, après avoir fait 15 milles au S. O., on aperçoit dans le lointain la terre qui avoisine le cap Nord. Je vire de bord et porte au N. E. avec une brise fraîche d'E. S. E., car je ne voulais pas courir le risque d'être pris par un coup de vent de S. E. entre la terre et les glaces flottantes que je supposais ne devoir pas être loin, à cause du calme extraordinaire de la mer, du grand nombre de morses qui nous entouraient, et surtout de la présence d'un petit plongeon noir et blanc que nous n'avions jamais vu que dans le voisinage de la banquise.

Jusqu'au 11, nous avons fait route au N. E. avec un temps mauvais et sombre; latitude 70° 1', longitude 176° 13'. Laisse arriver au N. pour tâcher de rencontrer la banquise. A 6 heures du soir, un épais brouillard nous enveloppe; nous prenons le plus près tribord-amures, avec une voile réduite et mettons le cap au S. E.; la mer est courte et clapoteuse.

12 août. Dans la matinée le vent a sauté tout à coup au N. N. E., puis au N. N. O. et souffle dur. Nous avons trois ris dans les huniers et le ris dans la misaine. Le fond est tombé à 31 mètres, vase. Nous n'avons pas eu d'observations, et à midi et l'estime nous place par 70° 20' de latitude et 173° 43' de longitude; le fond est 33 mètres, sable. Peu après midi le fond n'est plus que de 29 mètres; l'eau est d'une couleur beaucoup plus claire, et la mer brise autour de nous. Le fond décroît de 2 mètres à chaque coup de plomb jusqu'à 1 heure $\frac{1}{2}$ que nous virons de bord par 20 mètres fond de galets; en virant de bord nous tombons par 16 mètres, puis 22 mètres; en orientant pour culer dans notre première position, nous avons plusieurs coups de plomb de 14^m 6 et un de 12^m 8; puis nous tombons soudainement à 25 mètres, et le fond augmente graduellement. Le soleil paraît et les observations confirment notre position de midi. Jusqu'à minuit il vente forte brise.

13 août. Beau temps le matin; viré de bord pour retourner vers le banc: nous trouvons 24 mètres d'eau, et à 10 heures il me semble voir des brisants par le bossoir de dessous le vent. Le navire manque à virer et nous virons vent arrière, mais nous ne trouvons pas moins d'eau: à minuit, passé sur la queue du banc par 14^m 6 à 5 milles dans le N. O. de notre première position. Continué à courir dans l'E. jusqu'à ce que j'aie doublé l'extrémité méridionale du banc; viré de bord alors en passant par 29 mètres, à 3 milles au S. de notre première position. Quand je fis route au N. pour fixer l'accorde occi-

dentale du banc, un petit courant portant à l'E. m'entraîna dans cette direction plus loin que je ne voulais. J'ai pourtant déterminé ses limites dans un circuit de 5 milles de rayon.

Le temps n'aurait pas permis de mouiller de manière à faire un examen plus détaillé de ce banc avec les embarcations, et la mer était trop creuse et trop grosse pour qu'on pût tenter de faire passer le navire par de plus petits fonds. En approchant du banc, la qualité du fond change de la vase au sable fin, et sur les points les plus élevés nous avons trouvé de gros graviers et des pierres. Nous n'avons pas eu moins de 12^m 8 d'eau, mais je pense qu'il y a un banc sur lequel un navire pourrait toucher.

14 août. Nous avons éprouvé des brises variables et de S. E. très-fortes et accompagnées de pluie, jusqu'au 14 à minuit, que le vent a passé à l'O. et a ramené le beau temps. Continué à porter au N. et à l'O. jusqu'au 15 à midi. Nous étions alors par 71° 12' de latitude et 172° 30' de longitude; laissé arriver à l'O $\frac{1}{2}$ S.; nous passons près de plusieurs pièces de bois en dérive. En quittant le banc, dans l'O., le fond a augmenté jusqu'à 46 mètres, vase.

16 août. Le vent est très-variable en force et en direction, du S. S. O. au S. E. Nous voyons des nuées de phalaropes, de plongeurs et de mouettes. A minuit le vent est très-frais du S. S. E.; nous faisons route à l'O. S. O.; le fond augmente jusqu'à 18 mètres.

Le 17 à 3 heures du matin, la température de la mer s'abaisse brusquement de 4° 4 à 2° 2; le vent tombe et devient excessivement froid. Je fais diminuer de voiles, dans l'idée que nous sommes très-près des glaces; il tombe de fréquentes ondées de neige.

A 5 heures, le vent saute tout à coup au N. O. et souffle par violentes raffales, accompagné d'une neige abondante. Un peu après 8 heures, pendant une éclaircie, on aperçoit, du haut de la mâture, la banquise qui s'étend du S. S. O. au N. N. O., à 5 milles de distance. Le temps était si mauvais que je fis arriver pour nous rendre au lieu du rendez-vous. Cependant le temps s'éclaircit tout à coup. Je serrai le vent pour reconnaître l'extrémité N. O. de la glace qu'on venait de voir. A 9 heures 40 minutes, la vigie cria terre, terre; bientôt après une nouvelle terre fut encore signalée.

En faisant route le long de la banquise vers notre première découverte, on aperçut un petit groupe d'îles sur bâbord par le travers, à une distance considérable en dedans du bord extérieur de la glace. La banquise n'était pas aussi compacte que je l'avais vue jusqu'alors; elle était traversée de plusieurs canaux qui aboutissaient au groupe, mais ils étaient trop étroits pour que le navire qui n'était pas suffisamment renforcé osât s'y aventurer.

Ces petites îles étaient parfois très-distinctes, et ne semblaient pas fort éloignées. Plus loin encore que ce groupe, on signala du pont une terre élevée et très-étendue; je la voyais déjà depuis quelque temps, et j'attendais avec anxiété qu'une autre personne l'annonçât. Il faisait un temps très-clair et tel qu'on n'en peut voir que dans ces climats, excepté dans la direction de cette terre étendue sur laquelle roulaient de nombreux nuages, laissant par intervalle découverts des pics très-élevés sur lesquels on pouvait voir distinctement des colonnes et des piliers, ce qui est le caractère des promontoires les plus élevés de ces mers, tels que le cap Est et le cap Lisburne.

A l'exception des extrémités N. E. et S. E., on ne pouvait rien apercevoir des terres inférieures, mais on put s'assurer que ce que j'avais pris d'abord pour un petit groupe d'îles en dedans de l'accorde de la banquise, était une pointe de cette grande île.

Cette île ou pointe était à 25 milles de distance de la route du navire, et les parties les plus élevées de la terre n'étaient pas, je pense, à moins de 60 milles. Lorsque nous mimes en panne devant la première terre signalée, l'extrémité de la grande terre se montra si distinctement dans l'Est pour un instant, que ceux mêmes qui avaient des doutes sur sa réalité s'écrièrent: «Voici la terre parfaitement nette.»

Depuis l'instant où la terre fut signalée jusqu'à celui où nous mimes en panne, nous avons fait 25 milles en route directe.

D'abord nous n'avions pu remarquer que la banquise la rejoignait, mais en nous approchant nous vîmes que celle-ci s'appuyait sur l'île et s'étendait à perte de vue dans l'E. S. E.

Le temps qui avait été beau toute la journée changea tout à coup ; des nuages épais couvrirent le ciel, la neige tomba à flocons, et le vent qui s'éleva du S. en soufflant grand frais fit tellement lever la mer que je ne mouillai pas comme j'en avais l'intention. Je partis d'abord avec deux canots ; le plus ancien lieutenant, M. Maguire, M. Seemann le naturaliste, et M. Collinson, *mate*, étaient dans l'un ; M. Goodridge, chirurgien, M. Pakenham, *midshipman*, et moi étions dans l'autre ; mais nous désespérions presque de pouvoir atteindre l'île.

Le navire courait de petits bords en dehors de la partie la plus compacte des glaces flottantes, à travers lesquelles les canots cherchaient à se frayer une route vers le côté S. E. de l'île, où j'espérais pouvoir débarquer. Nous arrivâmes jusqu'à l'île, sur laquelle s'élevait une très-grosse mer ; cependant le premier lieutenant fit culer son canot jusqu'à ce qu'il pût lui-même prendre pied, et sautant à la mer, il se rendit à terre sans nager. Je suivis son exemple ; les autres officiers désiraient bien en faire autant, mais la mer était tellement forte que je ne voulus pas y consentir.

Nous hissâmes le yacht anglais et prîmes possession de l'île, au nom de Sa Majesté la reine Victoria, avec le cérémonial accoutumé.

L'espace sur lequel nous pouvions marcher n'avait pas plus de 10 mètres. Sur cette petite étendue, et sur une autre que nous gravîmes, nous recueillîmes huit espèces de plantes : nous ramassâmes également quelques fragments de roche.

Avec le peu de temps et les faibles ressources que nous avions à notre disposition, l'île nous était complètement inaccessible. Ce fut pour nous un grand sujet de contrariété, car de son sommet, qui est élevé d'environ 430 mètres, nous aurions vu à une très-grande distance, et tous nos doutes eussent été levés ; je savais parfaitement, en effet, qu'une fois de retour à bord, je serais obligé de faire de la toile pour m'éloigner de la banquise et sortir de l'enfoncement dans lequel nous étions : car je ne pouvais supposer qu'à cette époque avancée de l'année, le temps s'améliorât.

L'île sur laquelle je suis descendu a 4 milles $\frac{1}{2}$ d'étendue de l'Est à l'Ouest, et environ 2 $\frac{1}{2}$ du Nord au Sud ; sa forme est celle d'un triangle dont sa pointe Ouest est l'angle aigu. Elle est presque inaccessible de tous les côtés et forme une énorme masse de granit. D'innombrables plongeurs noirs et blancs, communs dans ces mers, y trouvent une retraite sûre pour déposer leurs œufs et élever leurs petits. On ne vit pas un seul morse sur ses côtes ou sur les glaces qui l'avoisinaient. Nous n'avons pas non plus remarqué un seul de ces petits oiseaux de terre que nous avons habitude de rencontrer avant de prendre connaissance de la côte.

Il paraîtra peut-être un peu singulier qu'on fasse mention de la découverte d'une terre sur laquelle on n'a pu débarquer, après la fâcheuse méprise arrivée au pôle Sud ; mais autant qu'un homme peut être sûr de son fait, quand il est aidé de cent trente paires d'yeux qui s'accordent tous avec les siens, je suis certain que nous avons découvert une terre d'une grande étendue. Je pense aussi qu'il est plus que probable que les pics que nous avons observés sont la continuation de la chaîne de montagnes vue par les indigènes au large de Jakan (côtes d'Asie), et dont il est fait mention dans la relation du baron de Wrangel.

Je retournai à bord à 7 heures du soir, et bien à contre-cœur, je fis toute la voile que nous pouvions porter pour nous éloigner de cet intéressant voisinage et gagner dans le S. E., car, en ce moment, le vent ne me permettait juste que de me dégager de la banquise.

18 août. Vers le matin, nous avons eu une très-forte brise accompagnée de tempêtes de neige et d'un froid excessif. Le vent ayant passé au N. ne me laissait plus d'autre alternative que de retourner au rendez-vous convenu avec les embarcations.

20 août. Pris connaissance du cap Lisburne au milieu d'une brume épaisse ; piqué au large pour attendre que le temps s'éclaircît ; nous passons près de plusieurs baleines mortes.

21 août. A 2 heures du soir, pris de nouveau connaissance du cap ; les terres hautes sont entièrement couvertes de neige ; les terres basses ne le sont qu'en partie. Le temps est très-menaçant ; resté au large jusqu'au 23, midi ; en ce moment nous mouillons par 26 mètres à environ 25 milles du cap. J'allai à terre avec le naturaliste et plusieurs officiers, puis j'enterrai une bouteille et fis ériger un signal pour indiquer sa position. Un beau cours d'eau descend dans la baie ; le naturaliste fit une ample moisson sur ses bords qui étaient couverts de fleurs, et éloignés seulement de quelques pieds de ce que je regardais comme les neiges perpétuelles. Nous y trouvâmes aussi une grande quantité de charbon de terre. Il s'y trouvait une quarantaine d'indigènes, offrant tous l'aspect de la misère, mais animés des dispositions les plus amicales, ainsi que nous l'avions déjà remarqué. Tous étaient armés de leurs arcs et de leurs carquois. Me rappelant les bons effets, dans la baie Wainwright, d'une ligne tracée sur le sable pour les empêcher d'approcher, j'employai le même moyen, et ils respectèrent aussi la limite que je leur avais interdit de franchir. Je leur fis quelques présents et je retournai à bord dans la soirée, au moment où une brume épaisse enveloppait le navire.

24 août. Nous appareillons avec une légère brise de N. E. et un temps clair et chaud, et nous faisons route vers la pointe Hope où mon intention était d'ériger un autre signal si le *Plover* ne l'avait déjà fait. A une heure de l'après-midi, on aperçoit au large des terres basses le yacht *Nancy-Dawson* et l'*Owen*. M. Shedden vient à bord accompagné de M. Martin, *second-master* du *Plover*, auquel M. Pullen avait confié les deux grandes embarcations de l'expédition. J'apprends de M. Martin qu'il était arrivé au mouillage de la pointe Hope le 19 courant, de conserve avec le yacht, et qu'il se disposait à retourner dans le Nord avec l'*Owen* pendant que les autres embarcations revendraient sous la direction du yacht.

Les canots, après avoir quitté le *Plover* le 25 juillet, avaient été retenus un jour ou deux par la glace avant d'atteindre la pointe Barrow ; ils trouvèrent les indigènes très-doux et disposés à les assister en toutes choses. Le yacht accompagna les canots jusqu'à la pointe Barrow. Ce navire éprouva plusieurs accidents : il fut une fois pressé sur la côte par la glace ; dans une autre occasion il échoua près la pointe Barrow, et s'en tira, grâce à l'assistance des indigènes, qui se mirent au cabestan et virèrent avec beaucoup de bonne volonté.

Dans une autre circonstance, le *Nancy-Dawson*, poussé par la glace qui arrivait subitement sur lui, rompit son câble et faillit être écrasé. Il recouvra son ancre et son câble.

M. Shedden avait érigé un signal dans l'anse du Refuge, où il avait aussi l'intention de laisser quelques provisions, mais les indigènes étaient trop nombreux pour qu'il pût le faire à leur insu, et il y renonça.

Il trouva une autre petite anse à peu de distance, dans le S. de l'anse du Refuge, par 71° 5' de latitude, et il y déposa un grand baril de farine et un grand baril de viandes conservées, pris sur son propre approvisionnement ; des renseignements laissés à l'anse du Refuge indiquaient la position de ce dépôt. Rien ne peut égaler l'obligeance de M. Shedden pour les équipages des canots ; il les a pourvus de tout ce que pouvait fournir son navire et les a accompagnés en courant les plus grands risques. Malheureusement son équipage était fort mal intentionné ; il est trop nombreux pour un si petit navire.

Les embarcations ont toutes atteint l'ouverture de Dease dans la soirée du 3 mai, mais elles y furent retenues jusqu'au 5 par les fortes brises.

Ce temps fut néanmoins employé à installer les embarcations ainsi qu'un *baïdar* que M. Pullen avait acheté à la pointe Barrow. Elles se mirent en route dans l'après-midi du 5, ayant des vivres pour cent jours, outre dix caisses de pemmican ; cette petite expédition consistait en deux baleinières de 27 pieds et un *baïdar* du pays, montés en tout par 14 hommes.

⁴ Pour comprendre cette allusion, il faut se rappeler la polémique qui s'est élevée, il y a quelques années, entre le capitaine Ross et le capitaine américain Wilkes au sujet de leurs découvertes respectives dans les régions antarctiques. Suivant le rapport du capitaine anglais, il avait trouvé la mer libre là où l'officier américain avait marqué une terre. (Note du traducteur.)

J'ai eu l'honneur d'envoyer à Leurs Seigneuries des copies des lettres officielles de M. Pullen qu'on a reçues depuis son départ ; ces lettres donneront plus de détails que je ne pourrais le faire ; elles feront aussi connaître à Leurs Seigneuries le zèle et le courage avec lesquels le lieutenant Pullen a entrepris ce voyage, sans s'inquiéter des dangers auxquels il allait s'exposer.

Quoique Leurs Seigneuries, en fixant leur choix sur M. Pullen, aient apprécié le caractère et la capacité de cet officier, je pense qu'elles ne trouveront pas hors de propos les réflexions suivantes. Je ne connais pas d'officier plus capable de diriger avec succès une pareille expédition. Il joint à la santé et à une grande force corporelle, la patience, le talent et une grande décision de caractère. Outre ces qualités précieuses de leur chef, les embarcations avaient devant elles la mer libre et un bon vent pour les y pousser, aussi je ne doute qu'elles n'atteignent à une époque assez peu avancée de la saison, un des établissements de la compagnie de la baie d'Hudson sur le Mackensie ; mais je pense que ce sera trop tard pour qu'elles puissent revenir cette année dans le golfe de Kotzebue.

Dease et Simpson ont fait, il est vrai, leur voyage du Mackensie à la pointe Barrow et sont revenus dans la même saison ; mais ils se dirigèrent dans l'O. au commencement et revinrent dans l'E. sur son déclin, alors que règnent les vents de la partie de l'Ouest. Nos embarcations auraient à revenir dans l'O. à une époque avancée de la saison, et je crois que cela est impossible en raison de la formation des banquises et de la persistance des vents et des courants d'O.

La lettre de M. Pullen dit positivement qu'il ne reviendra pas ; il attendra dès lors les ordres de Leurs Seigneuries à la factorerie d'York.

24 août. Nous avons mis en panne devant la pointe Hope, vers minuit, par un temps très-menaçant.

25 août. J'ai fait mettre des vivres à bord de l'*Owen* et je l'ai expédié dans le golfe de Kotzebue, supposant que le *Plover* y a relâché ; j'invite le *Commander* Moore à employer cette embarcation à la reconnaissance de la rivière Buckland.

28. Il me paraît impossible de rester plus longtemps sur la côte, et je commence à m'en éloigner en faisant toute la voile que le navire peut porter. Mon équipage est nécessairement très-exposé dans toutes ces manœuvres, et il a beaucoup à souffrir du froid et des rhumatismes. Je me trouve aussi fort réduit, parce que j'ai été obligé de donner dix hommes au *Plover* sans compter ceux que j'ai débarqués à Oahou.

Dans la matinée du 31, je fis encore route pour la pointe, mais, ne trouvant pas qu'il fût possible d'y débarquer, je laissai arriver pour le golfe de Kotzebue. Je doublai le cap Krusenstern le 1^{er} au matin pendant un coup de vent de N. O., avec trois ris dans les huniers, et les ris aux basses voiles. Avant de passer devant la baie Hotham, nous avions repris toute notre voilure et nous mouillâmes à 9^h 30^m du soir, devant l'île Chamisso. Nous trouvâmes le *Plover* et le yacht à l'ancre sous la presque-île Choris. L'*Owen* était absent. Le *Commander* Moore l'avait pris pour remonter la rivière Buckland, mais on attendait son retour pour le 3.

Après avoir complété notre eau aux sources de l'île Chamisso, mon équipage fut employé à assister le *Plover* dans les préparatifs de l'établissement de ses quartiers d'hiver. Le maître d'équipage avec un détachement et les charpentiers furent occupés à construire une maison.

Le *Commander* Moore s'étant décidé à hiverner dans le golfe, avait un vif désir de visiter quelques chefs qu'on disait occuper des campements considérables dans le haut de la rivière ; je me décidai donc à aller dans ces localités avec un détachement suffisant pour nous assurer le respect de ces peuplades, quoique le capitaine Moore m'eût dit qu'elles étaient très-favorablement disposées. En conséquence, je me mis en route le 9 avec l'*Owen*, le canot ponté du *Plover*, le *Cutter* de l'*Herald* et deux guigues, leurs équipages et plusieurs officiers.

La première nuit, nous établîmes notre bivouac à la pointe de l'Eléphant, et tout l'équipage se répandit sur les falaises de glace pour chercher des fossiles, mais on n'en trouva aucun de quelque importance.

La seconde nuit, nous nous arrêtâmes près d'un grand village d'indigènes, composé de 22 tentes et renfermant environ 150 individus. Nous dressâmes nos tentes près des leurs et descendîmes à terre nos chaudières, gamelles, haches, scies, etc., mais aucun de ces objets ne disparut, bien que nous ayons eu quelquefois le tiers de toute cette population autour de nous. C'est à peine si ces gens devenaient gênants et insistaient pour rester, lorsque nous les invitâmes à se retirer.

C'étaient toujours de fort beaux hommes, mais ils étaient défigurés par les morceaux d'os qu'ils portent tous en guise de parure, à leur lèvre inférieure. Ils nous apportèrent de l'eau et du bois, nous donnèrent du poisson et de la venaison, et nous offrirent du lard de baleine et de la chair de veau marin. Je laissai quelques hommes dans les canots pour les garder, et j'envoyai le reste de l'équipage à terre. Les indigènes paraissaient se divertir beaucoup à se joindre à nos matelots dans leurs jeux, et ils luttaient avec eux à la course et au saut.

Nos chasseurs étaient toujours accompagnés par quelques-uns de ces gens ; ils témoignaient une grande surprise en voyant nos jeunes officiers abattre des oiseaux du premier coup.

Lorsque nos canots se remirent en route, ils furent précédés, jusqu'à une distance assez considérable, par de petits kayaks¹ dans lesquels les indigènes sondaient avec leurs pagaies, pour nous indiquer le chenal. Nous avions, dans chacune des grandes embarcations, des pilotes qui restaient constamment avec nous, et qui témoignaient une grande anxiété lorsqu'ils ne pouvaient éviter de nous faire échouer.

Je suis entré dans quelques détails au sujet de ces peuplades intéressantes, à cause de la différence des rapports qui ont régné entre elles et nous et ceux qu'accuse le capitaine Beechey. Peut-être avons-nous dû cette heureuse différence à ce que nous avions un interprète qui leur expliquait ce que nous attendions d'elles.

¹ Canot fait de peaux de phoques tendues autour d'une carcasse en bois, et percé d'un trou dans lequel se place l'homme en s'enveloppant hermétiquement d'une sorte de chemise faite de peaux de vessies.

(Dictionnaire de Marine de MM. DE BONNEFOUX et PARIS.)

**A.H. 1850/2 — Expéditions arctiques à la recherche du Capitaine Sir John Franklin.
Rapport du Lieutenant Pullen - Fort Simpson, rivière Mackensie - 4 oct. 1849.**

Dans la soirée, je débarquai au milieu des naturels et je reçus d'eux un accueil très-gracieux accompagné de frottements de nez ; ils dansaient, s'appelaient les uns les autres d'une voix de stentor, et nous montraient leurs camps avec une satisfaction évidente. Entre autres divertissements, un de ces hommes, qui paraissait le chef de la bande, rassembla tous ses gens et ils nous amusèrent pendant une heure par leurs danses accompagnées de chants et d'une musique qu'ils faisaient sur une espèce de tambourin formé d'une peau mince de veau marin tendue sur un châssis de bois circulaire et qu'ils frappaient avec un bâton. Je leur donnai des colliers, du tabac à fumer et à priser qu'on leur jetait à qui les attraperait : ce jeu leur plaisait beaucoup ainsi qu'à nos hommes ; il n'y avait rien de plus plaisant que de les voir tous, femmes et enfants, drapés dans leurs fourrures, se rouler sur le terrain. Nous nous séparâmes très-bons amis ; plusieurs d'entre eux nous suivirent aux embarcations où je pensai la main d'un de ces hommes qui s'était blessé en chassant le veau marin : je suis sûr qu'elle n'avait jamais été lavée comme elle le fut dans cette circonstance.

A.H. 1851/2 — Instruction nautique traduite des
« Sailing directions for the western coast of Africa »,
publiée par ordre de l'amirauté d'Angleterre.

La Fosse sans fond (il s'agit du « Trou sans fond »).

Près de Picaninny-Bassam par 6° 17' de longitude O. on arrive à un point extraordinaire de cette côte, appelé la *Fosse-sans-fond*. Le grand banc de sondes qui entoure le continent africain et qui s'étend à des distances différentes de la côte, par conséquent avec des degrés de déclivité différents tout en conservant une pente uniforme, se rapproche ici tout près de la côte et se trouve partagé en deux par un étroit ravin d'une très-grande profondeur. E. et O. de ce point l'accore extérieur du banc est à 14 ou 15 milles de la terre, mais en cet endroit ces deux accores tournent graduellement vers la côte en formant l'entonnoir. A 8 milles de la côte les deux fonds de 183 mètres ne sont qu'à 3 milles l'un de l'autre et il n'y a pas de fond entre les deux; à 3 milles ils sont éloignés l'un de l'autre de moins de 1 mille, et il y a 360 mètres d'eau entre les deux. A 1 mille de la côte le canal a à peine $\frac{1}{4}$ de mille de largeur, et à $\frac{1}{3}$ de mille, on y trouve encore 180 mètres d'eau; enfin, au fond de cette véritable vallée sous-marine, il y a 36 mètres d'eau tout à fait à l'accore de la plage. Le fond est en général une vase molle bleuâtre, mais à 348 et 402 mètres d'eau la sonde rapporta des morceaux de roche de corail.

A.H. 1851/2 — Expédition à la recherche de Sir
John Franklin et des équipages des navires
l'Erebus et le Terror.

En 1845, les deux bâtiments l'*Erebus* et le *Terror*, sous le commandement de sir John Franklin, célèbre par son voyage aux bords de la mer polaire, quittaient l'Angleterre pour aller chercher un passage par le N. de l'Amérique; les difficultés d'une telle entreprise ne permettaient guère d'espérer d'avoir des nouvelles de cette expédition que par son retour qui ne devait pas avoir lieu avant trois ans; cependant ce terme fut dépassé sans qu'aucune nouvelle parvint de son succès ou de son retour. Les inquiétudes augmentèrent avec le temps; on s'émut à l'idée que ces malheureux équipages pouvaient être arrêtés dans les glaces, privés de moyen de retour par la destruction de leurs bâtiments et invoquant un secours sans lequel ils périraient infailliblement. Tout le monde civilisé se sentit intéressé au sort de ces intrépides navigateurs, et plusieurs expéditions furent organisées pour chercher à les délivrer.

On a déjà donné, dans les *Annales hydrographiques*, divers rapports sur les recherches infructueuses faites en 1848 et 1849 par le capitaine James Ross, qui avait cherché à pénétrer dans les mers polaires par le détroit du Prince-Régent, et par M. Richardson, qui avait gagné la côte Nord d'Amérique pour arriver au même but. D'autres bâtiments avaient continué ces travaux en 1850 et 1851. Les navires le *Resolute*, l'*Assistance*, le *Pioneer* et l'*Intrepid* (ces deux derniers à hélice), avaient été envoyés par la baie de Baffin sous le commandement du capitaine Austin; le capitaine Penny, avec les bricks *Lady-Franklin* et le *Sophia*, avait aussi été employé à ce grand acte d'humanité.

Le capitaine sir John Ross, ce vétéran des mers polaires, avait offert l'aide de son expérience pour aller au secours de ceux dont il pouvait, mieux que tout autre, apprécier les angoisses, et le *Felix* lui avait été confié dans ce but.

Les États-Unis d'Amérique avaient consacré à cette recherche deux bâtiments, le *Rescue* et l'*Advance*, sous le commandement du capitaine de Haven. Tous ces bâtiments, après avoir passé dans les glaces l'hiver de 1850 à 1851, viennent de rentrer sans autre résultat que d'avoir trouvé la preuve que l'expédition de sir John Franklin avait passé l'hiver de 1845 à 1846 à l'entrée du canal Wellington, fait qui, au reste, avait déjà été connu par le retour, en octobre 1850, du *Prince-Albert*, envoyé par lady Franklin elle-même, et qui est retourné dans ces parages en 1851.

Les rapports des capitaines Austin et Penny ont déjà été publiés; nous avons cru qu'il serait intéressant d'en donner immédiatement la traduction en y joignant deux cartes, une qui indique les reconnaissances nouvelles faites par les expéditions sous les ordres de ces officiers; l'autre, qui est une fraction d'une carte polaire déjà publiée, fait connaître l'ensemble des nouvelles découvertes dans cette partie de la mer glaciale. Nous donnerons donc ici les deux rapports du capitaine Penny, du 12 avril et du 8 septembre 1851; ceux du capitaine Austin, du 12 août et du 30 septembre; un extrait de celui de sir John Ross, du 25 septembre 1851, et un extrait aussi d'un journal américain sur l'expédition des États-Unis rentrée à New-York le 30 août 1851.

P. DAUSSY.

PREMIER RAPPORT DU CAPITAINE PENNY.

A bord du bâtiment de S. M. *Lady-Franklin*; du havre
Assistance sur l'île Cornwallis, le 12 avril 1851.

A M. le secrétaire de l'Amirauté.

Monsieur, j'ai l'honneur de vous faire connaître qu'après m'être séparé, le 21 août dernier, du bâtiment de Sa Majesté *North-Star*, je suivis de près la côte Nord du détroit de Barrow jusqu'au dimanche 24, examinant tout scrupuleusement. Étant arrivé devant l'île Beechey, je parlai au schooner américain *Rescue*, et j'appris que le navire de Sa Majesté l'*Assistance* avait trouvé des traces de l'expédition de Franklin sur le cap Riley. L'*Assistance* faisait alors route à l'Ouest. Comme j'étais désireux de connaître toutes les particularités de cette découverte, je la suivis avec l'intention d'aller à bord, mais je ne pus le faire qu'à deux heures du soir; les deux bâtiments furent alors amarrés à la glace, aux deux tiers de la largeur du canal Wellington; l'*Assistance* était à environ 1 mille $\frac{1}{2}$ à l'O. de nous. Trouvant, d'après ce qui m'avait été dit, que les traces observées paraissaient indiquer un détachement qui s'en retournait, je jugeai convenable de revenir sur la côte Est du canal Wellington. Le lendemain matin, je débarquai avec un détachement et j'examinai la côte depuis 10 milles au N. jusqu'au cap Spencer; on reconnut auprès de ce cap un campement qui paraissait être celui d'un parti de chasseurs et remonter à environ trois ans. Nous fûmes rejoints par les schooners l'*Advance*, le *Rescue* et le *Felix*, et le lendemain matin nous nous amarrâmes à la glace dans une baie située sur la côte N. O. de l'île Beechey. Après nous être consultés avec le capitaine de Haven et sir John Ross, il fut convenu que le premier enverrait un détachement continuer les recherches vers le N., le long de la côte orientale du canal Wellington, tandis que j'explorerais la côte vers l'Est. Pendant ce temps, un détachement composé de tous mes officiers, qui avait été envoyé dans la direction de la tour de Casvall, découvrit le lieu qui avait été occupé par les bâtiments de l'expédition de sir John Franklin dans l'hiver de 1845 à 1846. Trois tombeaux furent aussi trouvés: les marques qui étaient à la tête indiquaient que ces tombeaux étaient ceux de trois matelots qui étaient morts au commencement du printemps de 1846; mais, malgré les recherches les plus scrupuleuses dans toutes les directions, aucun document ne put être découvert. Le même soir, un canot fut expédié sous la direction du capitaine Stewart, pour explorer la baie Radstock et ses environs; mais on ne découvrit, dans cette direction, aucune espèce de trace.

Le *Resolute* et le *Pioneer* arrivèrent encore et s'amarrèrent auprès de nous le mercredi matin. L'état défavorable de la glace nous retint jusqu'au soir; une ouverture se fit alors dans l'Ouest. Je m'avançai le lendemain matin à une certaine distance dans le canal Wellington, et j'envoyai un détachement sous la direction de M. J. Stuart pour communiquer avec l'*Assistance*. Le même soir, nous revînmes de nouveau dans la baie Beechey, et le détachement nous rallia dans l'après-midi, après avoir parcouru plus de 40 milles.

Nous apprîmes, par son rapport, que l'*Assistance* n'avait trouvé aucune trace, dans les 30 milles de côtes environ qu'il avait examinés au N. et au S. de l'entrée Barlow.

L'état des glaces rendit impossible tout mouvement des bâtiments jusqu'au jeudi 5 septembre, que nous pûmes quitter la baie Beechey; mais elles étaient encore si peu rompues au large, que ce ne fut pas avant le dimanche 8 que l'on put atteindre la côte Ouest du détroit.

Pendant que nous étions sous l'île Beechey, des arrangements furent faits avec sir John Ross pour laisser la le yacht *Maria* comme dépôt de provisions dont nous fournîmes chacun notre part.

Le dimanche 8, je débarquai avec un détachement à 12 milles environ au N. de l'entrée Barlow; un tas de pierres avec un bâton au milieu fut établi dans l'endroit le plus apparent. Le détroit de Wellington étant entièrement fermé par des glaces qui tenaient à la terre, il ne nous restait d'autre alternative que de nous diriger vers l'O., dans le but de gagner le cap Walker, ou de chercher quelque passage entre les îles Parry, et, si on n'en apercevait aucune, d'atteindre l'île Melville. Nous dirigeant donc de ce côté, nous nous frayâmes un passage au milieu des glaces qui étaient déjà assez fortes pour nous faire éprouver un grand retard; malgré ces obstacles, nous atteignîmes, le mardi 10 septembre, l'île Griffith, et, nous y étant amarrés, nous eûmes, le capitaine Austin et moi, une nouvelle conférence pour concerter nos recherches.

Le lendemain matin, l'apparence étant devenue plus favorable, je fis une tentative pour gagner le cap Walker; mais après m'être avancé de 25 milles, la glace étant redevenue compacte et le brouillard épais, je fus obligé de m'arrêter et de venir reprendre ma position précédente. L'épaisseur de la glace nouvelle augmentait d'heure en heure, et elle était devenue un tel obstacle que, même avec une forte brise, le navire ne se mouvait plus qu'avec une grande difficulté; il était donc absolument nécessaire de trouver une place où les bâtiments pussent être mis en sûreté; en conséquence, je me dirigeai vers ce port, dont l'*Assistance* m'avait donné une grossière esquisse. Nous y arrivâmes le jeudi 12 septembre, à 11 heures du matin, et peu de temps après, le schooner le *Felix*, commandé par sir John Ross, y entra aussi. Deux canots furent halés à terre pour pouvoir, au besoin, tenter de nouveaux progrès; mais, dès le 20, il devint impossible de sortir, et il fallut faire tous les préparatifs pour l'hiver.

Quant à la manière dont nous avons passé l'hiver, un seul fait dira tout : c'est qu'il n'y eut pas, à bord du *Lady-Franklin* ou du *Sophia*, un seul cas de maladie; on s'était arrangé, il est vrai, de manière à ce que le corps et l'esprit de chacun fussent tenus continuellement occupés; en sorte que, avec un équipage comme celui que j'avais, il aurait été vraiment surprenant de voir un malade. Je ne puis, à ce sujet, que faire la mention la plus avantageuse de MM. Sutherland, Goodsir et Stuart, dont l'activité pour instruire aussi bien que pour amuser les hommes a grandement contribué à obtenir cet heureux résultat.

De fréquentes communications furent entretenues avec l'expédition du capitaine Austin, qui hiverna dans le détroit entre les îles Griffith et Cornwallis, et des dispositions ont été prises relativement aux différentes routes que l'on suivrait quand on pourrait commencer à voyager. D'après ces dispositions, deux détachements sont dès à présent prêts à partir du *Lady-Franklin* et du *Sophia*, avec chacun trois traîneaux pour explorer le canal Wellington et les terres qui peuvent se rencontrer au fond de ce grand détroit.

Indépendamment de ces détachements, deux traîneaux à chiens sont préparés pour étendre les recherches dans la même direction; l'un d'eux doit être conduit par l'interprète, M. Peterson, dont je demande la permission de faire une mention toute spéciale pour le noble dévouement qu'il a mis dans la recherche de nos compatriotes.

Le jour qui a été fixé pour le départ est le lundi 14 avril, si le temps est favorable; mais, avant de m'éloigner, j'ai cru nécessaire d'envoyer cette dépêche pour faire connaître à Leurs Seigneuries ce qui a été fait jusqu'à ce jour.

J'ai l'honneur, etc.

Signé WILLIAM PENNY.

DEUXIÈME RAPPORT.

A bord du navire de S. M. *Lady-Franklin* en mer
le 8 septembre 1851.

A M. le secrétaire de l'Amirauté,

Monsieur, pour compléter le rapport de ce que nous avons fait depuis la date de ma dernière dépêche, j'ai l'honneur de vous dire que, le 17 avril, six traîneaux avec quarante et un hommes, y compris les officiers, quittèrent les navires sous le commandement du capitaine Stewart, du *Sophia*, et je ne pouvais que me féliciter de ce que, avec les faibles moyens en notre pouvoir, nous ayons pu composer des détachements d'hommes aussi actifs et aussi forts. Le capitaine Stewart donna la direction de ces traîneaux à MM. Marshall, Reid et Stuart, et aux docteurs Sutherland et Goodsir.

La route qu'on se proposait de suivre était de se diriger d'abord tous ensemble jusque sur la côte Ouest du canal Wellington; puis, après avoir fait revenir en ce point les traîneaux qui étaient en réserve, on devait se séparer; deux détachements devaient gagner la côte orientale, tandis que les deux autres remonteraient la côte Ouest jusqu'au débouché du canal; la position des terres qu'on y rencontrerait devait déterminer la route à suivre au delà.

Chaque traîneau portait pour quarante jours de vivres, à raison d'un peu plus de 200 livres par homme. Je partis moi-même du bord, le 18 avril, avec les traîneaux à chiens, et accompagné de M. Peterson. Le 18, à midi, je rejoignis les autres traîneaux : ils avaient trouvé la glace très-difficile, à cause de la neige qui était tombée dernièrement et de la haute température; leur trajet, le jour précédent, n'avait pas dépassé 6 milles $\frac{1}{2}$. Le mauvais état dans lequel se trouvait l'appareil pour cuire les aliments avait déjà commencé à faire éprouver de grands inconvénients.

Le 19, la température diminua, et un vent violent nous fouettait à la figure, lorsque nous entrâmes dans le canal; ce vent continua ainsi avec seulement quelques interruptions jusqu'au 22. Pendant tout ce temps, j'étais continuellement au milieu de toutes ces compagnies; et, si l'inexpérience de mes jeunes officiers avait pu produire dans mon esprit quelques doutes sur le succès de l'entreprise, ils furent entièrement dissipés, lorsque je fus témoin de tout le soin qu'ils avaient de leurs hommes dans cette occasion.

Le 21, M. J. Stuart revint avec les deux traîneaux de réserve, et seulement une tente : en raison de la sévérité du temps, j'avais été très-inquiet pour ce détachement; cependant ils avaient rejoint le navire en deux journées de marche, après un court repos. Pendant ce temps, le vent avait continué dans la direction du canal, et la température avait varié de 25 à 30° (Fahrenheit) [—3° 9 à —1° 1 centig.].

Ces circonstances, ainsi que le besoin d'un assez grand nombre d'objets, tels qu'un supplément de combustible, etc., me faisaient craindre de ne pas réussir dans nos projets, si on ne pouvait pas à temps remédier à ce qui nous manquait. Je consultai donc mes officiers à ce sujet, et l'avis unanime fut que ce qu'il y avait de mieux à faire était de revenir sur-le-champ au navire. En conséquence, je déposai, en ce point, toutes les provisions et les deux meilleurs traîneaux, et je revins avec les deux autres pour leur faire quelques changements. La distance à parcourir était de 42 milles; les traîneaux à chiens firent ce trajet en une seule fois; les quatre autres détachements, après avoir effectué leur dépôt, se mirent en route, et arrivèrent à la baie Resolute le 26, à midi; ils étaient tous dans le meilleur état de santé, et on n'avait pas eu un seul cas de membre gelé. Je ne puis pas m'empêcher de témoigner ici mon étonnement et l'admiration que j'éprouvais, en voyant avec quelle ardeur et quelle bonne volonté les officiers, aussi bien que l'équipage, supportaient ces travaux dans des circonstances aussi pénibles. Depuis ce jour jusqu'au 5 mai, chacun fut employé très-activement à faire la plus ample provision possible de tout ce qu'il avait jugé, dans le premier voyage, devoir être nécessaire; enfin, le 6, après une courte prière adressée au Tout-Puissant, pour nous donner la force de rem-

plir notre mission, les traîneaux partirent de nouveau, l'équipage des deux traîneaux qui avaient été laissés à la station ayant été distribué sur les autres. L'expédition était encore une fois sous le commandement du capitaine Stewart jusqu'au moment où je pourrais aller moi-même la rejoindre au lieu de dépôt le plus éloigné, d'où je voulais voir chaque détachement prendre la route qui lui avait été assignée. Le 9 mai, à six heures du matin, je partis moi-même avec M. Peterson et le matelot Thompson, sur deux traîneaux à chiens; et, à deux heures du soir, nous rejoignîmes les détachements qui étaient alors campés auprès du lieu de dépôt le plus éloigné. A la pointe Séparation, par 75° 5' de latitude N., le capitaine Stewart, avec son aide le docteur Sutherland et M. J. Stuart du *Lady-Franklin*, nous quittèrent, en se dirigeant sur le cap Grinnell; là, M. J. Stuart se sépara de ses compagnons et suivit la côte jusqu'au cap Hurd, examinant attentivement toutes les anses pour découvrir de nouvelles traces; car une opinion très-prononcée existait encore que c'était de ce côté qu'on pouvait espérer de trouver quelque chose.

M. Goodsir, et M. Marshall son adjoint, avaient eu pour tâche d'examiner la côte Ouest, et de la suivre après le départ des traîneaux à chiens; ils devaient recevoir leurs instructions définitives, lorsqu'ils seraient arrivés à la fin du canal. Une excursion rapide fut faite avec les chiens jusqu'au cap de Haven, par 75° 22' Nord. De ce cap, la terre se dirigeait vers le N. O. l'espace de 10 milles, se terminant à une pointe qui fut ensuite nommée *pointe Décision*, et que l'on atteignit le 12 mai, à dix heures et demie du soir. On gravit une butte de 400 pieds de haut; et, comme on reconnut que la terre se dirigeait d'une manière continue entre le N. et l'O., je laissai, en ce point, des instructions pour M. Goodsir, afin qu'il suivit la côte vers l'O., tandis que moi-même je me dirigeai au N. O. q. N. dans la direction des terres que l'on voyait vers le Nord. Le 14, à cinq heures du soir, nous campâmes sur la glace, après avoir parcouru 25 milles au N. O. q. N., à partir de la *pointe Décision*. Le jour suivant, après avoir fait 20 milles au N. O. q. N., à partir du campement, nous atterrîmes, à sept heures du soir, sur une île qui fut nommée *Baillie-Hamilton*.

Etant montés sur une butte de 500 pieds de haut, qui se trouvait sur la pointe où nous avions débarqué, nous remarquâmes que vers l'O., dans le détroit entre les îles Cornwallis et Hamilton, la glace avait beaucoup diminué; on apercevait une île à 35 ou 40 milles dans l'Ouest. Comme l'état de la glace ne nous permettait pas de nous avancer à l'O., et que nous ne découvrions là aucune trace, nous nous avançâmes pour faire le tour de l'île, d'abord dans une direction N. N. E. et ensuite au N. N. O., autour du cap Scoresby. Le 16, nous aperçûmes une apparence d'eau; et, en nous arrêtant le 17 à la *pointe Surprise*, nous fûmes fort étonnés de voir devant nous un autre détroit dans lequel on remarquait une étendue de 25 milles de mer libre: une île restait à l'O. $\frac{1}{2}$ S., à la distance de 40 milles, et un cap à la distance de 15 milles à l'O. q. N. O.; le ciel sombre que l'on voyait au-dessus de ce cap semblait indiquer la présence de l'eau sur une étendue de peut-être 20 milles de l'autre côté. Ce point est situé d'après nos observations par 76° 2' N. et 95° 55' O. de Greenwich. L'eau nous empêchant de prolonger plus loin notre excursion, n'ayant d'ailleurs reconnu aucun indice, et les provisions pour les chiens étant épuisées, il ne nous restait plus qu'à retourner au navire, où nous arrivâmes le 20 mai, à minuit.

Les charpentiers et tout l'équipage restés à bord furent immédiatement occupés à préparer un canot pour essayer de gagner la mer libre que nous avions aperçue.

Le 29 mai, le second maître arriva; il avait laissé M. Goodsir par 75° 36' de latitude N. et 96° de longitude O.; ils avaient aperçu, de leur dernière station, la mer libre vers le Nord. Son retour avait été très-rapide, ayant fait par jour de 25 à 30 milles. Tout le monde à bord continuait à s'occuper activement à préparer le canot, les provisions, etc., et, le 4 juin, le départ eut lieu; on emmenait un traîneau de plus et un traîneau à chiens, M. Manson commandait le détachement.

Le 6 juin, M. John Stuart revint avec le détachement qui avait été envoyé au cap Hurd; son absence avait été de trente

et un jours; mais il n'avait trouvé aucune trace qui pût indiquer la route qui avait été suivie par l'*Erebus* et le *Terror*, ou de quelque compagnie qui aurait pu suivre la côte en se retirant.

Après trente-six heures de repos, M. J. Stuart repartit pour rejoindre M. Manson; son traîneau avait été disposé pour un voyage de vingt jours. Il rencontra le détachement qui emmenait le canot dans la matinée du 8 juin, à 1 mille à l'O. du cap Hotham. Le même jour, un traîneau à chiens, envoyé par M. Manson, arriva au navire; il portait la nouvelle que le traîneau, sur lequel le canot avait été placé, avait été reconnu tout à fait impropre pour ce service, après l'avoir essayé.

L'armurier qui était revenu sur ce traîneau à chiens se mit immédiatement à l'œuvre pour préparer un traîneau plus long; mais, comme nous n'avions pas de charpentier à bord, ce fut celui de sir John Ross qui tailla le bois nécessaire.

Le 11, à quatre heures du matin, je rejoignis le canot avec les deux traîneaux à chiens, et tout l'équipage fut immédiatement employé à disposer le nouveau traîneau et à répartir la charge de tout le détachement entre les deux longs traîneaux et les deux traîneaux à chiens. Le 12, M. Manson retourna au navire, où il n'était resté que le commis en charge.

La disposition du canot sur le traîneau avait été si bien faite que, grâce aussi à ce que l'état de la glace était meilleur, on pût parcourir une distance de 105 milles en sept jours. Le canot fut alors mis à l'eau et chargé, et le détachement qui avait exécuté ce travail fatigant retourna au navire, où il arriva le 25 juin en bonne santé; les chiens avaient traîné pendant tout le chemin leurs traîneaux devenus légers.

Après notre départ, nous rencontrâmes le docteur Sutherland à la *pointe Dépôt*; il revenait après une absence de 38 jours; il nous dit avoir laissé le capitaine Stewart par 76° 20' de latitude N. à l'ouvert du canal Wellington, mais sans avoir trouvé aucune trace.

Par le travers de la *pointe Griffith*, on rencontra MM. Goodsir et Marshall qui avaient exploré la côte Nord des terres Cornwallis et Bathurst jusque par 99° de longitude, mais de même sans avoir pu reconnaître aucune trace; ils avaient été obligés de revenir à cause de l'eau.

Après donc que le canot se fut séparé, le 17 juin, du détachement qui l'avait apporté, nous fîmes environ 10 milles vers l'Ouest. Nous fûmes alors obligés de nous réfugier dans une petite baie, à cause de la grosse mer qui nous était contraire et d'un fort vent d'Ouest. A partir de ce jour jusqu'au 20 juillet, nous explorâmes 310 milles de côtes, mais avec des circonstances très-désavantageuses, en raison d'un vent constamment contraire et de courants rapides. Nos provisions étaient alors réduites à moins de huit jours, et notre éloignement du navire était tel que la prudence ne permettait pas de continuer plus longtemps; nous commençâmes donc notre retour et nous parvinmes à atteindre, en 15 heures $\frac{1}{2}$, la baie Abandon. Les glaces étaient alors si nombreuses qu'elles eussent arrêté la marche même d'un canot vide; nous fûmes donc obligés de haler le nôtre à terre et de l'abandonner, en emportant avec nous des provisions pour quatre jours.

Le temps pendant notre retour fut toujours tempétueux, avec une pluie continuelle, qui rendait très-rapides les cours d'eau que nous avions à traverser. Cette grande humidité était extrêmement pénible, cependant je n'entendis pas un seul de nos gens se plaindre. Par 75° de latitude N. nous trouvâmes un canot que le capitaine Stewart avait prudemment envoyé pour nous secourir dans le cas où nous eussions été obligés d'abandonner le nôtre, comme cela était arrivé en effet; mais la glace ayant fermé l'entrée du canal Wellington qui avait été ouvert jusque-là, nous ne pûmes nous servir du canot que jusqu'à l'entrée Barlow; et nous nous rendîmes par terre de ce point au navire où nous arrivâmes le 25 juillet, à 10 heures du soir.

Le capitaine Stewart était revenu de son expédition le 21 juin, il était allé jusqu'au cap Becher par 76° 20' de latitude N. et 97° de longitude O.; reparti ensuite le 1^{er} juillet, il avait été établir un dépôt pour le cas de mon retour par le cap de Haven, il était revenu de cette excursion le 17 juillet. Pour ce qui est des détails de ces deux expéditions, je renverrai aux rapports de leurs commandants.

Je fus agréablement surpris à mon retour de voir que depuis le 2 juillet le détroit de Barrow était devenu libre aussi loin que la vue pouvait s'étendre, circonstance que j'étais loin d'espérer, car la glace du détroit avait paru en mouvement jusqu'au 11 mars. La glace fixe avait aussi quitté le canal Wellington jusqu'à la pointe Séparation, probablement vers le 5 juillet; et, le 27 juillet, lorsque nous eûmes terminé nos opérations, le bord fixe de la glace dans le canal était encore dans la même position.

Le navire continua à être bloqué par la glace jusqu'au 10 août, mais, si les différents détachements eussent été revenus à temps pour s'être remis de leurs fatigues et être en état de couper la glace à l'époque où l'eau avait commencé à paraître, nous aurions sans doute été en liberté vers le 15 juillet.

Le 11 août le navire du capitaine Austin entra dans notre baie, en faisant route vers l'Est. Les détachements qu'il avait envoyés avaient pénétré aussi loin qu'on pouvait l'espérer, mais ils n'avaient pas été plus heureux que les nôtres pour trouver les traces de l'expédition que nous recherchions.

En définitive, on n'avait rien trouvé qui pût engager à courir les risques d'un second hivernage, et, mes ordres étant positifs à cet égard, je me déterminai à revenir immédiatement en Angleterre, si des instructions contraires ne me parvenaient pas.

Dans ma route de retour j'ai touché au cap Hay et à la pointe Button dans la baie Pond, positions qui sont regardées comme étant celles où on aurait pu faire remettre des dépêches par les baleiniers. N'y ayant rien trouvé, j'ai continué ma route le long de la terre; par 70° de latitude j'ai traversé une masse de glace de 140 milles d'étendue. Nous fîmes tous nos efforts pour atteindre Liefly (Liflig?) sur l'île Disco, afin de voir s'il n'y avait pas quelques dépêches pour nous; mais la brume et la violence du vent du N. nous obligèrent à porter au large, après avoir failli nous jeter sur un récif qui est auprès de la côte. Nous nous séparâmes du *Sophia* à environ 20 milles au large de la côte, espérant le rejoindre après avoir communiqué avec l'établissement danois; mais la brume et le vent ayant continué pendant 24 heures, nous ne pûmes plus le revoir et notre séparation fut définitive. Les instructions du capitaine Stewart étaient dans ce cas de faire route pour Woolwich, en prenant, soit la Manche, soit le Firth de Pentland selon le vent.

ANN. HYDR.—2^e SEM. 1851.

A.H. 1851/2 — Extrait des Sailing directions for the western coast of Africa. Golfe de Bénin (région de Lagos).

Toutefois, les navires marchands anglais sont tout naturellement regardés comme les intermédiaires par lesquels les croiseurs contre la traite reçoivent leurs renseignements; il en résulte que nos agents commerciaux qui résident dans le pays éprouvent dans la plupart des villages de la côte tous les obstacles que la méfiance, la jalousie et la haine peuvent faire naître; dès lors, toutes les relations commerciales avec les habitants sont d'une nature précaire. D'un autre côté, partout où les habitudes d'un commerce convenable et légitime ont heureusement pris racine, il arrive que le détestable trafic de la traite languit; et sur un de ces points, Badagry, il est non-seulement désavoué, mais encore interdit par les chefs. On doit certainement beaucoup aux pieux efforts et au dévouement de nos missionnaires, qui s'attachent sans cesse à démontrer aux indigènes les doubles avantages d'un commerce honnête et licite; et on devrait en attendre plus encore s'ils étaient répandus plus régulièrement et en plus grand nombre le long de cette côte.

A.H. 1852/1 — Notes et observations sur Greytown ou San Juan de Nicaragua, côte Mosquito, par le Master de l'Indefatigable.

Les Américains ont deux steamers à fond plat, le *Director* et l'*Ann* qui ont essayé de remonter la rivière; mais ils sont

maintenant échoués dans l'une des rapides; et la mort de plusieurs de ceux qui les montaient, l'état de maladie des survivants me font bien craindre qu'ils n'arrivent pas jusqu'au lac. Si, cependant, ils parviennent à surmonter toutes les difficultés, ce résultat ouvrira une carrière à bien des brillantes spéculations.

Le commerce consiste en cuirs, peaux de daim et bois de campêche venant de l'intérieur; ces objets sont apportés par les *bongos*, qui portent en retour des cargaisons de marchandises pour approvisionner les marchés de Grenade, de Nicaragua et de Léon. Ces bateaux portent de 15 à 20 tonneaux; ils sont armés de douze ou huit avirons, suivant leur grandeur, et mettent de huit à douze jours pour remonter la rivière, suivant sa force et sa profondeur, et à peu près le même nombre de jours pour descendre. Chaque nageur gagne six à huit piastres par voyage, et le patron un doublon. Ils sont nourris par les propriétaires du bateau et consomment une énorme quantité de vivres. Le prix du passage pour les personnes qui remontent la rivière est de 15 à 30 piastres, y compris le transport d'une petite quantité de bagage.

Ces hommes, lorsqu'ils remontent la rivière, se mettent en route dès le point du jour et nagent pendant toute la journée, à l'exception de deux heures vers midi. Lorsqu'ils quittent l'établissement, ils se dépouillent complètement de leurs vêtements, et ne se rhabillent pas avant d'arriver à leur destination, si ce n'est la nuit. Le tirant d'eau habituel de leurs bateaux qui sont à fond plat, est d'environ 0^m 48, quand ils sont chargés, et ils coûtent plus de 1,000 piastres chaque.

Cette rivière pourrait devenir un moyen de communication très-avantageux, et si l'on se contentait de faire traverser le continent aux marchandises sur de simples bateaux, elle répondrait admirablement à ce but, quand on aurait creusé un canal pour faire communiquer, soit le lac de Nicaragua, soit celui de Managua, avec l'Océan Pacifique. Mais je le tiens pour impossible, si l'on veut que des navires à voiles et à vapeur passent d'un océan dans l'autre par cette route, car la rivière, comme cours d'eau naturel, est trop peu profonde, et d'après sa pente et la nature du pays, on pourrait difficilement la canaliser avec une profondeur suffisante pour donner passage à des navires de plus de 2^m 44 de tirant d'eau, ou d'un tonnage supérieur à 200 tonneaux, et les navires au-dessous de cette force ne peuvent être employés qu'au cabotage.

N.B. — Le canal de Panama a été ouvert en 1914.

A.H. 1852/2 — Expéditions arctiques à la recherche des bâtiments de Sir John Franklin.

Nous continuons la reproduction des divers documents relatifs aux expéditions envoyées par le gouvernement anglais à la recherche des navires de sir John Franklin.

Il y a près de sept ans et demi que ce hardi navigateur a quitté l'Angleterre, et les seules traces que l'on ait trouvées de son passage dans les régions polaires ont démontré, ainsi que nous l'avons vu, que la baie située entre le cap Riley et l'île Beechey avait été le lieu d'hivernage de l'expédition dans la saison de 1845 à 1846, et que le départ semblait s'être effectué subitement.

Nous avons mentionné le départ, dans les premiers jours de janvier 1850, d'une nouvelle expédition composée de l'*Enterprise* et de l'*Investigator*, sous les ordres du capitaine Collinson, et qui devait continuer les recherches, en passant par le détroit de Behring. Avant de faire connaître les quelques détails que l'on a appris sur cette expédition, nous donnons les instructions de l'Amirauté au capitaine Collinson.

Nous ferons connaître ensuite les diverses expéditions projetées ou proposées, celles en cours d'exécution, ainsi que tous les détails qui se rattachent à ces recherches. Nous joignons à ces renseignements les deux cartes qui accompagnaient les articles précédents, et sur lesquelles on a indiqué les nouvelles découvertes.

B. DARONDEAU.

A.H. 1859 — Expéditions arctiques à la recherche de Sir John Franklin et des équipages de l'Erebus et du Terror. Lettre de M^cClintock, commandant le Fox, à l'Amirauté d'Angleterre.

Monsieur le secrétaire,

J'ai l'honneur de vous prier de faire connaître aux lords commissaires de l'amirauté que la dernière expédition arctique, dont j'avais été chargé par lady Franklin, est arrivée saine et sauve en Angleterre. Leurs Seigneuries seront sans doute bien aises d'apprendre que nos efforts pour découvrir le sort de l'expédition de sir John Franklin ont été couronnés d'un plein succès.

Nous avons trouvé, à la pointe Victory, située sur la côte N. O. de l'île King-William, une note datée du 25 avril 1848, et signée par les capitaines Crozier et Fitzjames. Cette note fait connaître que l'Erebus et le Terror avaient été abandonnés dans les glaces le 22 avril 1848, à 5 lieues dans le N. N. O. de cette pointe et que les personnes encore vivantes, au nombre de 105, s'étaient dirigées vers la rivière Great-Fish, sous le commandement du capitaine Crozier. Sir John Franklin était mort le 11 juin 1847.

Nous avons recueilli sur la côte Ouest de l'île King-William un grand nombre d'objets qui offrent un grand intérêt et qui ont appartenu à nos infortunés compatriotes; les Esquimaux nous en ont donné d'autres, et ils nous ont appris qu'après que les navires eurent été abandonnés, l'un d'eux fut écrasé et coulé par la glace, tandis que l'autre fut jeté à terre, où il est encore depuis cette époque, et il n'avait cessé d'être pour eux depuis une mine inépuisable de richesses.

Nous n'avons jamais pu avec le Fox pénétrer dans l'O. du détroit de Bellot et nous avons hiverné dans la baie de Brentford; des expéditions en traîneau, dirigées par le lieutenant Hobson, le capitaine Allen-Young et par moi, ont parcouru le bassin de la rivière Great-Fish; nous avons pu ainsi explorer 800 milles de côte, et relier les découvertes des explorateurs qui nous avaient précédés, au N. et à l'O. de notre position, avec celles de sir James Ross, Dease, Simpson et Rae au S.

Comme Vos Seigneuries trouveront peut-être quelque intérêt à lire un rapport détaillé de notre voyage, je joins à cette lettre un extrait de mon journal, avec une carte des parties que nous avons découvertes et visitées, et aussitôt que je le pourrai je me présenterai moi-même à l'Amirauté pour donner de plus amples renseignements; je présenterai en même temps à Vos Seigneuries la note trouvée à Port-Victory.

F.-L. M^cCLINTOCK, capitaine.

Extrait du journal de commandant Clintock

Après m'avoir quitté au cap Victoria le 28 avril, le lieutenant Hobson se dirigea vers le cap Félix. A petite distance dans l'O. de ce cap il trouva une très-grande hutte, auprès de laquelle il y avait trois petites tentes; on découvrit dans cet endroit des couvertures, de vieux habits et d'autres restes d'une station de chasse ou d'une station magnétique. Mais,

quoique la hutte fût creusée en dessous et que l'on eût pratiqué une tranchée tout autour à une distance de dix pieds, cependant on n'y trouva aucune note; on ramassa un morceau de papier blanc plié dans la cabane, et deux bouteilles cassées qui avaient peut-être contenu quelques notes, gisaient en outre parmi les pierres qui étaient tombées du sommet de la hutte. Les objets les plus importants découverts dans cet endroit, y compris un pavillon de canot, ont été recueillis par M. Hobson. A 2 milles environ plus loin au S. O., on trouva une autre petite hutte, mais il n'y avait dedans ni notes ni reliques; enfin, à 3 milles environ au N. de la pointe Victory, il y avait une seconde petite hutte que l'on visita et dans laquelle on ne trouva qu'une pioche cassée et une boîte à thé encore pleine.

Le 6 mai, le lieutenant Hobson planta sa tente auprès d'une grande hutte située sur la pointe Victory; il trouva, au milieu de quelques pierres qui s'étaient détachées de la voûte de cette hutte, une petite boîte en fer-blanc contenant un papier sur lequel était écrit ce qui suit: « Cette hutte a été construite par l'expédition de Franklin, sur l'emplacement où l'on supposait que devait être la colonne de sir James Ross, qui n'a jamais pu être trouvée. L'Erebus et le Terror ont passé leur premier hiver à l'île Beechey, après avoir remonté le canal Wellington jusque par 77° N., et après être retournés par le côté Ouest de l'île Cornwallis; le 12 septembre 1846, les navires étaient entourés de glaces par 70° 5' N. et 100° 43' Ouest. Sir John Franklin est mort le 11 juin 1847. Le 22 avril 1848, les bâtiments ont été abandonnés à 15 milles dans le N. N. O. de la pointe Victory et les survivants, au nombre de 105, sont descendus à terre dans cet endroit sous le commandement du capitaine Crozier. » Ce papier était daté du 25 avril 1848, et le jour suivant l'expédition devait se mettre en route pour la rivière Great-Fish. Le total des morts jusqu'à ce jour s'élevait à neuf officiers et quinze hommes. Une très-grande quantité de vêtements et de provisions de toute sorte gisaient épars dans les environs, comme si l'on avait voulu se débarrasser d'un grand nombre d'objets devenus inutiles; il y avait des pioches, des pelles, des ustensiles de canot et de cuisine, des morceaux de fer, des cordes, des poulies, de la toile, un cercle d'inclinaison et un sextant sur lequel étaient gravés les mots: « Frederic Hornby R. N., » une petite boîte à médicaments, des avirons, etc.

A quelques milles plus au S., vers le milieu de la baie Back, on trouva une seconde note, qui avait été déposée par le lieutenant Gore et M. des Vœux, en mai 1847; mais elle n'ajouta rien à nos renseignements.

Le lieutenant Hobson continua ses recherches jusqu'à quelques jours de marche avant d'arriver au cap Herschell, sans trouver aucune trace du navire naufragé ou de naturels. Il laissa pour moi dans cet endroit un rapport détaillé de l'importante découverte qu'il avait faite et en retournant au N., par la côte Ouest de l'île King-William, j'eus l'avantage de connaître tout ce qui avait été découvert déjà.

A.H. 1861/2 — La République de Libéria.

La république de Liberia, fondée en 1821, mérite surtout de fixer l'attention sous un autre point de vue que le commerce et les avantages que l'on pourrait en retirer. Elle prouve tous les jours que les hommes de couleur sont aptes à organiser un gouvernement et qu'ils peuvent fonder un Etat stable et prospère.

Elle compte 250,000 habitants, dont 10,000 sont des noirs libres provenant des Etats-Unis d'Amérique. Tous ces hommes sont les agents commerciaux et les intermédiaires de plus de 2,000,000 de nègres de l'intérieur de l'Afrique. Ils ont volontairement et absolument arrêté la traite sur une grande partie

du littoral de la côte d'Afrique occidentale, et ils ont fait considérablement pour améliorer la condition des tribus de l'intérieur; enfin leurs progrès de toute nature justifient l'assertion de M. Édouard Everett, qui dit qu'on peut les comparer aux fondateurs des autres Etats.

A.H. 1862/1. — Lettre du Capitaine Maury sur le climat du Pôle Sud.

Un des résultats les plus curieux de ces recherches, c'est d'avoir conduit à la découverte de faits et de circonstances qui tendent à faire croire que les hivers au pôle antarctique ne sont pas, à beaucoup près, aussi froids qu'au pôle arctique; c'est cette croyance unie à ce fait qu'il existe auprès du pôle Sud une région inconnue dont la surface est deux fois plus grande que l'Europe, qui m'engage à traiter ce sujet devant toutes les puissances maritimes intéressées, afin qu'elles puissent prendre les mesures nécessaires pour faire une exploration de ces régions inconnues au S.

Dans un ouvrage récemment publié à Londres (*Physical geography of the sea and its meteorology*), on trouve longuement exposée la preuve que les hivers antarctiques sont moins froids que les hivers arctiques. Mais comme il serait possible que vous n'ayez pas eu connaissance de cet ouvrage, permettez-moi d'appeler votre attention sur les tables, les dessins et les planches qui accompagnent le monographe n° 2, sur le baromètre à la mer, récemment publié par ce bureau.

A.H. 1864/2 — Le révérend L. Gulick, missionnaire anglais. Renseignements géographiques, ethnographiques, etc. sur quelques îles de l'Océan Pacifique.

Îles Carolines.

Après Quiros cette île* a sans doute été vue quelquefois, mais on n'en a pas parlé. D'après une tradition qui existe chez les naturels, l'équipage d'un canot aurait débarqué sur la côte Sud de l'île; les hommes qui le composaient avaient une peau si extraordinaire qu'on ne pouvait les tuer qu'en leur perçant les yeux. C'étaient probablement des Espagnols revêtus de cottes de maille. Quelques récits semblent faire supposer qu'on aurait aperçu des navires au large; les naturels croyaient que c'étaient des îles qui sortaient de la mer pour y rentrer ensuite, et ils redoutaient tellement ce phénomène, que, quand ils en voyaient un, la population se sauvait dans l'intérieur et les prêtres buvaient de l'ava pour conjurer les esprits de s'interposer jusqu'à ce que l'objet que l'on redoutait eût disparu.

Les quelques individus qui ont été à la mer sont parmi eux les plus prompts à saisir toutes les occasions de se rendre utiles. Ils sont ordinairement bien accueillis partout où ils vont en dehors de leur île natale. Lorsqu'on leur apprend à lire, bien qu'il y ait différents degrés d'aptitude et d'intelligence, cependant ils apprennent généralement avec une si grande rapidité que c'est un plaisir de leur donner des leçons. Lorsqu'on forme des jeunes gens au service domestique, ils éprouvent rarement de la difficulté à remplir les différents états de cuisinier et de maître d'hôtel; mais leur nature entièrement indépendante les empêche de servir toute personne avec laquelle ils sont convaincus qu'ils doivent être sur un pied d'égalité. Leur éducation n'a pas encore été poussée assez loin pour en avoir la certitude, toutefois, il n'y a pas de raison pour admettre que cette promptitude à apprendre pourrait s'éten-

dre aux sciences abstraites; probablement, comme chez toutes les races semblables, leur intelligence s'arrêterait devant un raisonnement profond.

A.H. 1865 — Voyage de la corvette brésilienne Belmonte dans les Amazonnes en 1862, par le Commandant de la corvette Prainta.

La population vit abandonnée de corps et d'âme. Le vicaire, seul prêtre qu'il y eût dans l'endroit, a été changé il y a plus d'un an; et, comme cette paroisse ne se trouve pas dans une zone d'épidémie, il n'y a jamais paru de médecin.

C'est du reste ce qui a lieu dans presque tous ces villages, et sans la présence du *Belmonte*, un pauvre malheureux, mordu au pied par un caïman, serait aujourd'hui en terre. En passant devant sa case, nous fûmes appelés par une pauvre vieille, que nous apprîmes plus tard être sa femme, pour voir ce malade, que nous trouvâmes atteint de gangrène, le docteur que nous envoyâmes nous affirma, ce que nous supposions, que s'il ne coupait la jambe du malade, celui-ci mourrait en peu de temps. Les devoirs de chrétien nous empêchaient de laisser mourir ainsi le malheureux et, comme nous ne pouvions rester en cet endroit, nous l'emportâmes à Santarem, où le médecin fit l'amputation.

Quand nous partîmes, nous le laissâmes en traitement dans la maison du charitable colonel Pinto et aux soins d'un excellent pharmacien. A notre retour pour Belem, nous reprîmes le pauvre malheureux et le laissâmes à Prainha jouissant d'une santé parfaite. Nous citons ici ce fait parce que, quand nous avons vu cet homme pour la première fois, il se plaignait de mourir faute de quelqu'un pour le soigner.

Nous fîmes dans ce port des exercices de voiles et d'artillerie.

Manaos

La bourgade (maloca) est l'agglomération de plusieurs sauvages qui ne font rien de plus, à de rares exceptions, que de planter le manioc suffisant pour leur nourriture.

C'est ici que l'on reconnaît l'indolence et le défaut de stimulants de cette race d'hommes qui, nés pour la vie de la mer, au lieu de s'y livrer, vivent, élèvent leurs enfants et meurent dans la plus complète misère et la plus grande inaction; il suffit de leur parler du service de la patrie pour qu'ils se cachent dans les bois et n'en sortent pas avant le départ de celui qui leur a parlé.

Il est triste et répugnant le tableau qui se présente à la vue de l'homme civilisé qui visite une maloca. Dans une chaumière sans aucune clôture extérieure vit le sauvage couché dans un hamac, presque toujours ivre, la pipe à la bouche et un vase de chibé (eau mélangée avec de la farine) sous son hamac. Le chibé est une boisson si substantielle que seulement avec elle le sauvage voyage un temps infini.

Jamais le sauvage ne dit oui, même quand il sait parfaitement ce qu'on lui demande; s'il pêche et sale quelque poisson il vend le tout pour aller le lendemain l'acheter quatre fois

Pour nous et pour ceux qui les connaissent, ils ne peuvent être que marins, car une fois soumis à la discipline, ils sont excellents. Nous avons vu des embarcations montées par des sauvages: c'était admirable! Poulies, cordages, coutures, etc., ils font tout sans avoir jamais rien appris!

A.H. 1866 — Voyage de la corvette espagnole Narvaez, de Manille aux Mariannes. Les indiens des Carolines.

Comme je l'ai déjà dit, Arrumiat était le plus renommé des pilotes des Carolines, et il méritait véritablement sa réputation; il connaissait les étoiles et les classait par groupes. Il savait que la polaire est toujours immobile dans le ciel, tandis que toutes les autres tournent autour de la terre; que la ceinture d'Orion se lève et reste toute l'année aux mêmes points de l'horizon; que les planètes sont des astres errants qui diffèrent des étoiles, en ce que celles-ci sont fixes dans leur position relatives entre elles. Par le levé et la position d'Orion, il déterminait les points cardinaux Est et Ouest; la Polaire lui faisait reconnaître le Nord: enfin il possédait des connaissances astronomiques véritablement merveilleuses chez un sauvage. Il savait la position de toutes les îles Carolines et d'une partie des Mariannes (depuis Guajan jusqu'à Saypan), et il les figurait sur une table avec des haricots, les plaçant dans leurs vraies positions relatives, mais pas à leurs distances respectives. Il connaissait notre compas et le dédaignait comme un instrument inutile pour les gens des Carolines, qui, me dit-il, « portent le leur dans la tête, » et en vérité paraissent savoir se passer de l'aiguille aimantée.

La sollicitude du gouverneur actuel des Mariannes pour les Indiens des Carolines lui a fait créer, à Garapan, une école pour les garçons et une autre pour les filles. Ces écoles sont dirigées par un ménage d'Indiens chamorros qu'il a fait venir d'Agaña. Je fus véritablement ému en voyant ces créatures écrire dans la langue de Cervantes, non pas sur du papier et avec des plumes, objets que l'on ne possède pas à Garapan, mais avec un morceau de roseau et sur les larges feuilles des bananiers; elles répondaient à mes questions et me servirent d'interprètes près de leurs pères, qui ne me comprenaient pas quand je leur parlais.

Ces insulaires possèdent une espèce de chantier, où, à l'époque de mon passage, il y avait deux embarcations en construction et plusieurs autres en réparation. C'est là que les pilotes se réunissent pour donner aux jeunes gens des leçons de navigation. Ceux qui aspirent à piloter quelque bateau doivent subir un examen en règle devant une réunion de vieux pilotes, sans l'approbation desquels ils ne peuvent pas prendre la mer pour faire un long voyage.

Ils ne se servent pas d'ancres. Quand il est nécessaire de mouiller leur bateau, un homme se jette à l'eau, avec le bout du câble à la main, et il l'amarre aux roches du fond. Ils agissent de même pour lever l'ancre: un Indien se laisse glisser à l'eau le long de l'amarre, sans se préoccuper de la profondeur non plus que du requin qui peut se montrer ici tout à coup à petite distance, et la détache de la roche ou du bloc de corail autour duquel elle était amarée. En somme, ce sont véritablement de bons marins ingénieux et intrépides.

Comme les hommes, les femmes étaient toutes peintes en jaune brillant, chargées de bracelets et de colliers de petits cailloux, les cheveux dénoués sur les épaules. Elles étaient presque toutes nues; quelques-unes avaient cependant une pièce d'étoffe descendant jusqu'aux genoux; d'autres avaient garni cette espèce de ceinture avec des feuilles de palmier. C'étaient les plus jeunes, et leur ajustement ne pouvait être plus

fantastique. L'une d'elles (une seule au milieu de plus de cent) était vêtue à l'europpéenne, avec une vieille robe de percale sombre dont il était facile de reconnaître la provenance; elle enveloppait la naissance des chairs, sans chemise ni aucun vêtement dessous, la ceinture non attachée, les agrafes défaits, la moitié de la jupe traînant sur le sol, sans bas ni souliers, ayant sur la tête un chapeau de couleur chocolat, comme ceux que portent les Anglaises, avec un voile vert flottant au vent comme une banderolle; cette femme ressemblait au diable en personne.

Telle fut la fin de cette fameuse danse, qui restera dans le souvenir des indigènes de Garapan, car cette fête avait été donnée pour célébrer l'arrivée du gouverneur avec le navire espagnol qui marchait par le feu. La corvette *Narvaez* est le premier bâtiment à vapeur qu'aient vu les habitants de Garapan. Quand il parut à l'horizon, enveloppé dans les brumes du soir, ses voiles serrées, laissant derrière lui un large panache de fumée et marchant rapidement contre le vent, les habitants réunis sur la plage crurent à une apparition surnaturelle. On nous a raconté que l'alcade, qui, comme je l'ai dit plus haut, avait navigué sur un balcinier, intervint pour les tranquilliser, en leur expliquant que c'était réellement un navire, car ils ne parlaient de rien moins que d'émigrer dans l'intérieur de l'île au moment où le *Narvaez* laissa tomber son ancre devant la côte.

A.H. 1868 — Sur quelques îles de l'Océan Pacifique (Département de la Marine - Washington États-Unis), Nouvelles Hébrides: île de Santa Cruz.

Les naturels sont d'une belle et forte race, et ils viennent promptement à bord des navires, apportant des cochons, des fruits à pain et des ignames; ils cherchent aussi à vendre des nattes qu'ils fabriquent avec une grande habileté. L'aspect de leurs canots, des maisons, etc., annonce une grande intelligence; les premiers sont pourvus de balanciers, et la plupart, blanchis à la chaux, ont une jolie apparence; ils ont aussi de grands canots doubles avec lesquels ils font de longs voyages. Les villages sont grands, et les maisons entourées de défenses en pierres.

Sur la côte Nord, les villages sont près de la mer avec de 300 à 400 habitants dans chacun d'eux.

Les insulaires paraissaient gais et d'un bon naturel; cependant il ne faudrait pas s'y fier, parce que, sans aucune raison connue, ils ont attaqué l'embarcation de l'évêque lorsqu'elle quittait le village qui est à l'extrémité N. O. de l'île; ils la brisèrent presque, blessèrent deux hommes avec leurs flèches, dont un mourut à la suite de ses blessures. Leurs arcs sont des armes d'un aspect formidable ayant environ 2^m 1 de longueur avec des flèches proportionnées.

N.B. — Souvenons-nous de Lapérouse!

**A.H. 1868 — Mer des Indes. Les îles Nicobar (au nord de Sumatra) et la piraterie.
Rapport publié par l'Overland china mail.**

L'expédition que viennent de faire dans les îles Nicobar les navires de guerre anglais *Satellite* et *Wasp*, pour châtier quelques actes récents de piraterie, a servi à constater, ce que l'on connaissait déjà du reste, que ces îles sont habitées par des populations se livrant à la piraterie sur une vaste échelle, et

dont l'habitude est de massacrer les équipages des navires qu'ils coulent ensuite en pleine mer.

Il y avait dans tous les villages une grande quantité de provisions, et plus de 150 canots de guerre, quelques-uns ayant 24 mètres de longueur. Les prisonniers avouèrent que de nombreux actes de piraterie avaient été commis dans ces dernières années; les équipages des navires étaient ordinairement massacrés, les femmes étaient prisonnières, et les bâtiments conduits au large et coulés.

Pendant cette expédition il a été brûlé 211 maisons et 261 canots de guerre; mais les nombreux habitants des îles ont toujours pu se réfugier au milieu des jungles, où il a été impossible d'aller les chercher tant à cause de leur éloignement du bord de la mer que par suite de la pluie qui n'a cessé de tomber pendant tout le temps que l'expédition a duré. Les 6 personnes qu'on a faites prisonnières et le chef Acheeup qu'on a forcé de venir à bord des navires ont avoué que les habitants de ces îles se livrent constamment à la piraterie, et qu'il n'y existait aucun étranger à l'exception de la jeune fille qui a été reconduite à bord de l'un des navires.

A.H. 1869 — Description de l'archipel Hawaï ou îles Sandwich.

Les naturels sont forts, actifs, bien faits, et d'une taille un peu au-dessus de la moyenne de celle des Européens. La peau de ceux exposés au soleil est d'un brun olive foncé, mais le teint des chefs est comparativement clair. La figure est large, les yeux noirs et vifs, et le nez, bien que n'étant pas aplati, est remarquable par le développement des narines. Les cheveux sont noirs et ondulés, mais pas crépus. Les femmes sont en général gracieuses sinon jolies, et sont positivement attrayantes. Les chefs, hommes et femmes, deviennent souvent obèses en vieillissant.

Le courage a toujours été une des qualités marquantes des Hawaïens; mais depuis la fin des guerres meurtrières entre les chefs des différentes îles, ils n'en font plus preuve qu'à l'occasion des joutes et des fêtes. Les hommes font d'excellents matelots, et servent comme tels en grand nombre à bord de tous les navires qui fréquentent l'océan Pacifique. Comme caractère, ils sont affables et généreux, remarquables pour leur politesse et leur hospitalité, mais plutôt indolents qu'actifs.

Bien que jadis ils offrirent à leurs dieux des sacrifices humains, les Hawaïens n'ont jamais été cannibales.

A.H. 1870 — Traversée de la barque Glenisle d'Australie en Chine, par l'Est de la Nouvelle-Calédonie.

Archipel Marshall.

Les habitants des Marshall sont probablement les plus grands voyageurs qu'il y ait maintenant dans l'océan Pacifique. En 1861, quelques-uns de ces insulaires sont revenus dans leur groupe de l'île Wellington, située à 600 milles dans l'O., et cela sans avoir à leur disposition aucun des moyens dont se servent les navigateurs civilisés, et qu'ils regardent comme indispensables. Leur passion pour les voyages permettra de propager rapidement l'Évangile parmi eux. Ils ont une connaissance très-exacte des îles qui sont dans leur propre mer et une grande habileté pour naviguer. Ils construisent des cartes grossières au moyen

desquelles ils se font une idée assez exacte des positions et des distances relatives des différents groupes. Ces cartes sont faites avec de petits bâtons attachés ensemble en lignes droites ou courbes, figurant ainsi les courants ou la grosse mer qu'on peut rencontrer, tandis que les îles se trouvent à certain point de rencontre de ces mêmes lignes. La construction de ces cartes est un secret que les chefs gardent pour eux, et le premier homme qui nous l'a divulgué, quoiqu'il fût de la famille du chef, fut menacé de mort.

A.H. 1872 — Notes sur une partie de la côte Est de Madagascar par le Révérend J. Holding.

Tamatave.

Les domestiques des blancs peuvent eux-mêmes être pris par la police hovahienne, si on les rencontre dans les rues, et forcés à travailler; il m'est arrivé plusieurs fois d'avoir à faire ma cuisine moi-même parce que mon cuisinier avait été emmené pour le travail obligatoire. Il n'est pas dans l'usage d'opposer de la résistance; on vous répond: service de la reine, et tous sont regardés comme esclaves de la reine. Si vous demandez à un Malgache quel est son maître, il vous répondra: la reine, s'il est libre; s'il est esclave, il vous dira le nom de son propriétaire.

A.H. 1872 — Océan Pacifique. Groupe Gilbert (relation du Révérend S.J. Whitmee lors d'un voyage à bord du navire des missions John Williams, en 1870).

Tous les hommes étaient nus, comme sur Arorae. Nous avons trouvé chez eux beaucoup de haine contre les négriers, et surtout contre ceux de Taïti. Ils me racontèrent que, moins d'une année auparavant, une partie de l'équipage d'un de ces navires débarqua sur l'île, ouvrit le feu sur les naturels, en tua quatre et en obligea un grand nombre (plus de cent, à ce qu'ils prétendent) à s'embarquer dans les canots. D'après ce que je connais des naturels des îles des mers du Sud, je crois que presque tout le mal qu'ils font aux équipages des bâtiments est dû, directement ou non, à la cruauté avec laquelle les étrangers les traitent. Pourquoi John Williams a-t-il été massacré sur Eromanga? Parce que les naturels étaient exaspérés des procédés cruels des marchands de bois de sandal et avaient résolu de s'en venger sur le premier blanc qu'ils rencontreraient. Si je n'avais pas été accompagné par des naturels chrétiens de Tamana, qui dirent aux habitants le but de ma visite, j'aurais bien pu payer de ma vie la barbarie de ces modernes marchands d'esclaves.

A.H. 1873 — Voyage d'exploration du *Polaris* (1871-1873).

RECHERCHE D'UN PASSAGE DANS LES MERS ARCTIQUES*; ACCIDENTS DE NAVIGATION; DÉCOUVERTES FAITES; SÉPARATION DE L'ÉQUIPAGE DU *Polaris* EN DEUX PARTIES, DONT L'UNE RESTE À BORD, ET L'AUTRE, SUR UN BLOC DE GLACE FLÔTANT, EST POUSSÉE JUSQUE SUR LES CÔTES DU LABRADOR, OU ELLE EST RECUEILLIE PAR LE NAVIRE ANGLAIS LA *Tigresse*. Mort du Capitaine Hall, commandant le *Polaris*.

* entre le Groenland et Ellesmere.

Extrait du Rapport de la Commission d'enquête sur l'Expédition du *Polaris*.

Le *Polaris* quitta Disco le 17 août 1871, en même temps que le *Congrès*, et arriva le lendemain à Upernavick. Là il prit à bord quelques chiens, des peaux de chien et de veau-marin, et un peu de charbon, puis il embarqua les Esquimaux Hans et Hendrick, ou Christian, qui avaient déjà accompagné les docteurs Kane et Hays, plus la femme de Hans et trois enfants. On pensait que Jensen, qui avait aussi accompagné le docteur Hays, rejoindrait le navire à Tessuisack.

En quittant Upernavick, le *Polaris* toucha à Tessuisack et s'y procura d'autres chiens, et des vêtements de peau tout faits ; mais Jensen ne vint pas se joindre à l'expédition.

Parti de Tessuisack le 24, il marcha dans le N., à la vapeur, et franchit les canaux Smyth et Kennedy, sans être retardé ni arrêté par les glaces. Près du Cap Frazer, le capitaine Hall explora la côte Ouest dans une embarcation, pour chercher un point d'hivernage, mais il n'en trouva point.

Après avoir franchi le canal Kennedy, le capitaine Hall se trouva dans un large golfe, là même où Kane place la mer Polaire ; il y trouva, sur la côte du Groënland, une baie où le navire hiverna dans la suite, et qu'il nomma pour cela baie du *Polaris* ; sa pointe Nord reçut le nom de cap Lupton.

Continuant toujours vers le N. le navire entra dans un canal étroit, de 25 à 30 milles de large, bordé de hautes terres, et, le 30 août, il atteignit le point le plus Nord où est allée l'expédition, soit 82° 29' N. d'après le capitaine Hall, mais, d'après M. Meyer, seulement 82° 16' Nord. Ce point est toujours dans le canal nouvellement découvert, et appelé par le capitaine Hall détroit de Robeson, du nom du ministre actuel au département de la marine. Là le bâtiment rencontra d'énormes glaces flottantes, qui, barrant le détroit, l'empêchèrent d'avancer.

Après d'inutiles efforts pour se frayer un passage à travers les glaces, le capitaine Hall, avec une embarcation, explora un petit port de la côte Est du détroit, pour y prendre ses quartiers d'hiver. Le port fut jugé impraticable, et fut nommé port Repulse.

Après avoir couru de très-grands dangers, le navire se trouva complètement enveloppé par les glaces, dans l'intérieur même du canal ; il en sortit, poussé par elles jusqu'à la latitude de 81° 30' N., où le cercle s'ouvrit autour de lui, et, le 3 septembre, il alluma ses feux pour gagner dans l'E. la baie *Polaris* ; il y prit son poste d'hiver, dans une endenture de la partie Est de la côte, protégé par un bloc de glace échoué. Le capitaine Hall nomma cette crique : crique Grâce-à-Dieu, et le bloc, banc de glace de la Providence.

Le 3 septembre 1871, à minuit, il descendit à terre, dans la partie Est de la baie *Polaris*, et, au nom de Dieu et du président des États-Unis, planta le pavillon américain sur la terre qu'il avait découverte.

Pendant qu'il était bloqué dans le canal Robeson, le *Polaris* courut un si grand danger d'être écrasé que les provisions furent débarquées sur la glace, et toutes les mesures prises pour abandonner le navire, qui heureusement s'en tira sans avaries.

Aussitôt le navire amarré pour hiverner, le capitaine Hall commença ses préparatifs pour un voyage en traîneau vers le N. et pendant ce temps l'on débarqua et l'on monta l'observatoire ; on mit en train les observations scientifiques, on fit le levé du port, l'on s'occupa de nettoyer le navire, et d'y faire des installations chaudes pour l'hiver.

Le 10 octobre, le capitaine Hall quitta le *Polaris*, accompagné de M. Chester, premier *mate*, et des Esquimaux Joe et Hans, avec deux traîneaux, et quatorze chiens.

En partant pour cette expédition, le capitaine Hall foulait déjà du pied la terre la plus Nord que jamais homme eût vue ;

écrivit sa dernière dépêche au ministre de la marine ; l'original de cette dépêche a été trouvé dans son portefeuille, lequel fut recueilli sur la glace, et conservé par l'esquimaux Joé, après la séparation de l'équipage. Une copie en fut placée par le capitaine Hall lui-même, dans une grotte, sur le flanc de la montagne du cap Brewoort.

En partant pour ce voyage, le capitaine Hall avait, paraît-il, espéré faire au moins 100 milles dans le N., mais après en avoir fait 50, il se vit obligé, par la nature du terrain, la dureté de la glace, et la rigueur du climat, de revenir en arrière, et de remettre au printemps pour une seconde tentative. Il rejoignit le *Polaris* le 24 octobre, bien portant en apparence ; mais le jour même de son arrivée, il fut pris de maux d'estomac et de vomissements, se mit au lit, et tomba sérieusement malade. Les symptômes d'une congestion cérébrale se déclarèrent, avec délire et paralysie partielle. Tous les témoins s'accordent à dire que son mal fut nommé apoplexie, et parlent de cette paralysie d'un côté. Peu de jours après, cependant, il put quitter son lit, se promener un peu, et essayer de se remettre au travail ; mais bientôt il eut une rechute, fut repris du délire, et mourut le 8 novembre 1871. Trois jours après on l'ensevelit à terre.

D'après l'opinion générale de la commission, basée sur l'audition des témoins, cette mort, purement accidentelle, ne peut être imputée à la faute de personne. Il fut soigné par le docteur Bessels, et pour de plus amples informations il faut attendre le retour du *Polaris*. Les témoins sont unanimes pour attester sa bonté, sa capacité, le bon ordre et la discipline qu'il sut toujours maintenir à bord.

Après la mort du capitaine Hall, d'après l'ordre hiérarchique établi par le ministre de la marine, M. Buddington prit le commandement du navire, qui passa l'hiver, comme on le fait d'ordinaire dans les régions arctiques, sans trop souffrir du froid, sans maladie, et sans manquer un seul jour du nécessaire. Les observations scientifiques furent activement poussées ; on leva les plans des baies *Polaris* et Newman, ainsi que de la côte au S. de la baie *Polaris*, jusqu'à 70 milles. Les hommes de l'équipage furent employés à divers travaux, et les Esquimaux envoyés à la chasse toutes les fois que ce fut possible.

Vers la fin de novembre, par une violente bourrasque de N. E. le *Polaris* chassa sur ses ancres, et fut jeté sur le banc de glace dont nous avons déjà parlé. Il s'y amarra, et put rester dans cette position jusqu'à l'été suivant. Pendant l'hiver, le bâtiment se trouva pressé contre le pied de la glace Providence par d'autres blocs qui dérivèrent sur lui, et, soulevé sur le flanc de cette glace par la marée et la pression, il resta à-demi suspendu, jusqu'en juin 1872. Dans cette position fatigante, par des coups de vent violents, son brion fut craqué, et des couples sous les bossoirs fendus, ce qui lui fit faire de l'eau lorsqu'il se retrouva à flot. Cette voie d'eau, sérieuse d'abord, puisqu'on fit jouer les pompes à vapeur pour l'étaler, se ferma peu à peu, et on parvint à l'étaler dans la suite à l'aide des pompes à bras manœuvrées 6 minutes par heure.

Dans le commencement de juin, avant que le navire ne fût dégagé des glaces, M. Buddington expédia MM. Chester et Tyson, dans deux canots, avec l'ordre d'aller le plus au N. qu'ils pourraient. Cette expédition perdit un canot, qui fut broyé par les glaces au commencement du voyage : on le remplaça par le canot en toile, et après de grandes difficultés et beaucoup de temps perdu, ils arrivèrent à la baie Newman. Là, ils attendirent jusqu'au milieu de juillet que les glaces s'ouvrirent, bien que les ordres écrits du capitaine Buddington fussent de revenir à bord. Ne pouvant pas porter les canots, ils les abandonnèrent sur la plage, et regagnèrent à pied le *Polaris*, qu'ils rejoignirent après une absence de six semaines environ.

Pendant leur absence, vers la fin de juin, le *Polaris* avait quitté ses quartiers d'hiver, et fait plusieurs tentatives pour gagner dans le N. et rejoindre, avec les canots, l'expédition Chester et Tyson ; mais on ne put trouver aucun passage, et, à leur retour, le capitaine Buddington se détermina à faire route au S. pour revenir aux États-Unis, dès que la glace le permettrait. C'est ce qu'il commençait à faire le 12 août 1872, naviguant lentement le long de la côte Ouest, lorsque, le lendemain, ayant pris le milieu du chenal, le navire fut rudement accosté par la glace, par 80° 40' N. et se trouva pendant quelques heures en perdition ; puis il se dégagea.

Le 16 août, par 80° 02' N., le *Polaris* fut amarré à un gros bloc flottant, environ par 68° O. et se laissa dériver avec lui dans le canal de Smyth jusque près de l'île Northumberland. Conformément aux usages établis en pareille circonstance, des vivres et un peu de combustible avaient été montés sur le pont, prêts à être débarqués sur la glace, si le navire venait à être menacé, et il avait été bien ordonné et convenu qu'en cas de péril imminent, non-seulement ces vivres, mais des vêtements, les papiers, les notes, les instruments, des fusils et des munitions seraient débarqués sur le bloc, pour assurer la vie des hommes, et sauver les résultats de l'expédition, s'il devenait nécessaire d'abandonner le navire et de se réfugier sur la glace. On avait aussi établi une tente sur le glaçon, pour servir d'abri en cas de perte du navire.

Dans la nuit du 15 octobre, par 79° 35' N. environ, un violent coup de vent, avec des tourbillons de neige, vint rendre ces précautions urgentes ; le navire fut subitement soulevé par l'énorme pression d'un morceau de glace, qui dérivait sur lui, venant du S. ; le bâtiment fut en entier hors de l'eau, et reçut plusieurs chocs terribles qui finirent par le coucher complètement sur le côté. Le capitaine Buddington fit aussitôt jeter par-dessus le bord les objets préparés, envoya la moitié de l'équipage les porter sur les hauteurs du bloc, où, la glace étant plus épaisse, ils seraient relativement plus en sûreté : en même temps il envoya les Esquimaux hors du bord dans leurs kyacks, et fit amener sur la glace les deux canots restants. Pendant ces opérations, au milieu de l'obscurité d'une nuit comme on en a dans ces parages, une rafale plus violente de vent et de neige rompit les amarres du *Polaris*, qui fut rejeté au large du bloc, et en peu de minutes hors de la vue des hommes qui travaillaient sur la glace.

L'opinion unanime des témoins et celle de la commission d'enquête est que cette séparation fut purement accidentelle.

Après que le bâtiment fut hors de vue, quelques hommes, qui se trouvaient sur un morceau de glace séparé furent recueillis par les canots, qui heureusement étaient restés sur la glace, et le groupe se retrouva au complet sur le bloc principal, où l'on s'arrangea pour passer la nuit. Le lendemain ils firent plusieurs tentatives pour gagner la côte avec les canots, mais les glaçons qui leur barraient le passage, et la violence du vent, rendirent tous leurs efforts inutiles. Pendant qu'ils luttèrent ainsi, mais à une heure qui est mal précisée par les témoins, ils aperçurent dans le N. le *Polaris*, qui semblait se diriger, voiles et vapeur, vers le bloc. Ils mirent au bout d'un aviron une capote de caoutchouc, et le plantèrent sur un point élevé du glaçon ; ils déployèrent des pavillons, et firent d'autres signaux pour attirer l'attention du navire, qui s'approchait toujours, et vint à si peu de distance, qu'ils le virent jusqu'aux lisses, distinguant son tuyau d'échappement ; enfin, estimant qu'il n'était plus qu'à 4 milles, ils croyaient certain qu'il viendrait jusqu'à eux, et que dans peu de temps ils allaient pouvoir regagner le bord. Cette espérance fut déçue, le *Polaris* changea sa route, et disparut derrière la terre. Peu de temps après, le glaçon dérivant toujours, quelques hommes l'aperçurent

encore sous la terre ; ses voiles étaient serrées, et il paraissait mouillé ou amarré à la terre ou à la glace.

Il est très probable que les naufragés furent aperçus du *Polaris* : la tente, les embarcations, les pavillons, cette capote de caoutchouc, enfin dix-neuf personnes se détachant sur un fond blanc formaient des points visibles non douteux.

Il est naturel aussi que, dans leur désappointement de n'être pas secourus, les naufragés aient attribué la manœuvre du capitaine Buddington à de la pusillanimité, sinon à de l'indifférence ou de l'incapacité ; il n'est pas surprenant non plus que cette opinion ait germé dans leurs esprits pendant les longues et pénibles heures d'un hiver entier sur la glace, et qu'elle affecte même, aujourd'hui encore, leur jugement ; mais ni eux, ni personne jusqu'à présent ne connaît la situation du *Polaris* au moment de l'événement, ni la manière dont on appréciait à bord l'imminence de leur péril. Il faudrait savoir ces choses pour porter un jugement impartial, et l'on ne peut accuser, en leur absence, des personnes qui ne peuvent expliquer leur conduite, motivée peut-être par d'impérieuses circonstances. Examinons les faits sans passion, et souvenons-nous que la nuit de la séparation, le *Polaris* avait été si durement heurté par les glaces que le capitaine et l'équipage le croyaient perdu : c'est pour cela qu'ils avaient commencé leur travail de débarquement de vivres ; que lorsque la force du vent brisa ses amarres et le jeta en dérive, ses tuyaux de vapeur, ses registres, les mouvements de sa machine étaient gelés, et qu'il était resté déjà quatre heures sans avoir de pression, et par suite sans force évolutive au milieu des blocs ; qu'il faisait toujours de l'eau par son brion, et qu'il fit probablement de nouvelles avaries en s'en allant en dérive ; enfin qu'il n'avait plus une seule embarcation ; souvenons-nous de tout cela et nous verrons peut-être que le premier devoir du capitaine était de sauver son navire et la vie des hommes qui restaient sous son commandement, en allant chercher abri sur la côte de l'île Northumberland, où les naufragés l'aperçurent pour la dernière fois. Le capitaine Buddington pensait peut-être, d'ailleurs, que, grâce aux canots et aux kyacks, les naufragés auraient autant de facilité à regagner le *Polaris* que lui à aller au-devant d'eux.

Quoi qu'il en soit, la question fut rapidement tranchée par les éléments. Peu de temps après que le *Polaris* avait été vu pour la seconde fois, il passa une violente rafale du N. E., le temps s'embruma, et perdant de vue le navire et la terre, les dix-neuf abandonnés dérivèrent sur leur glaçon dans le Sud. La commission est d'avis unanime que cette dernière séparation fut purement accidentelle.

Depuis le 15 octobre 1872 jusqu'au 30 avril 1873, époque où ils furent recueillis, ces dix-neuf naufragés, hommes, femmes et enfants restèrent donc sur leur bloc, dans l'obscurité, le froid terrible et le brouillard. Dans leurs premiers efforts pour gagner la terre, ils occupèrent successivement plusieurs glaçons détachés ; enfin, forcés d'abandonner tout espoir de se diriger, ils revinrent camper définitivement sur le premier bloc, dont l'étendue primitive fut estimée à 5 milles de circonférence. Les Esquimaux creusèrent des huttes dans la neige, où ils s'installèrent avec leurs vivres. Ils en avaient heureusement une grande quantité, et on y fit des rations approximatives, à l'aide de balles de fusil comme poids. Dans le courant de l'hiver, les Esquimaux tuèrent quelques veaux marins et un ours, ce qui renouvela leur provision de viande fraîche.

Le 1^{er} avril, leur réduit se trouvant de beaucoup diminué par des ruptures successives de la glace, et le courant les portant au S. O. vers la pleine mer, ils mirent un canot à l'eau, et firent route vers l'O. pour gagner la côte. Arrêtés souvent par des glaçons inextricables, ils portaient leur canot à bras quand celui-ci ne pouvait passer, et le remettaient à flot, dès

qu'une coupure leur permettait de gagner un peu dans l'Ouest. Ils passèrent ainsi un mois dans des efforts désespérés.

Vers la fin d'avril, leurs provisions étaient presque épuisées, ils n'avaient plus qu'un biscuit par tête et une bouchée de pemmican, lorsqu'un ours, qui les suivait à la piste, fut tué, et vint les sauver de la faim. Cette nouvelle provision de viande fraîche ranima leur courage; ils redoublèrent d'efforts, et furent enfin recueillis, le 30 avril 1873, par la *Tigresse*, au moment où ils avaient la côte du Labrador en vue, à une quarantaine de milles, et où ils espéraient l'atteindre avant d'épuiser leurs provisions.

Les détails de ce voyage extraordinaire sont donnés tout au long dans les journaux qui furent tenus par différentes personnes sur le glaçon.

Bien qu'épuisés par des efforts surhumains, par le manque de vivres, et par la crainte de ne pouvoir jamais réussir à se sauver, la santé de ces infortunés naufragés était bonne, et au bout de peu de jours ils avaient entièrement recouvré leurs forces physiques et leur sérénité.

Au moment de la séparation, tout le monde était en bonne santé à bord du *Polaris*, et les naufragés pensent bien que leurs compagnons seront restés à bord, sains et saufs. Le navire faisait toujours de l'eau par l'avant, mais on franchissait facilement la voie d'eau à l'aide des pompes à bras. Il avait encore beaucoup de vivres, mais peu de charbon, probablement assez cependant pour passer son hiver: il est probable qu'il aura hiverné là où on l'a aperçu, la seconde fois, sous l'île Northumberland. Le docteur Hays y a trouvé des Esquimaux, dont le campement est tout près, à Notlik. Il paraît probable que le navire aura pu entrer en relations avec cet établissement, et sauf accidents ou maladies, les naufragés ne manifestent aucune crainte relativement à l'existence du reste de l'équipage. Ils ne croient pas tous, cependant, que, dans l'état où ils ont quitté le *Polaris*, il puisse gagner seul, à la voile, les établissements danois de Disco ou d'Upernavick, et ils s'accordent tous à dire que sa position réclame impérieusement des secours. L'île Northumberland est à 77° 20' N.: un navire dans de bonnes conditions d'armement, et moyennement favorisé, pourrait y aller et en revenir dans l'été et l'automne; il est donc utile, d'après la commission, d'envoyer un bâtiment à l'île Northumberland, pour prendre langue, informer les autorités du Groënland, et chercher auprès des Esquimaux des renseignements qui permettent de secourir le *Polaris*.

D'après les dépositions des naufragés, la partie scientifique de l'expédition aurait été conduite avec soin et méthode, sauf les vues photographiques et le draguage, qu'on a eu, du reste, peu d'occasions de mettre en pratique. Les notes astronomiques, météorologiques, magnétiques; les études de marée, en un mot les observations physiques étaient extrêmement complètes, ainsi que les collections d'histoire naturelle; les soutes du *Polaris* étaient pleines de peaux et de squelettes, de Lœufs musqués, de veaux marins, et d'autres mammifères, d'oiseaux de différentes espèces, avec leurs œufs; de nombreux invertébrés marins, de plantes modernes et fossiles, de minerais... etc. Dans ces collections intéressantes figuraient aussi des morceaux de bois trouvés à terre, ou près de terre, dans les baies Newman et du *Polaris*, et que M. Meyer reconnaissait très-bien pour des bois de noyer, de frêne et de sapin. Entre autres phénomènes curieux cités par les naufragés, l'inclinaison de l'aiguille aimantée n'a pas dépassé 35° et sa déclinaison 96°, chiffres inférieurs à ceux qu'ont observés le docteur Kanes et le docteur Hays à Port Foulke et au havre Rensselaer. Les aurores boréales étaient fréquentes, mais peu brillantes, en général légères, et composées tantôt d'un, tantôt de plusieurs faisceaux. Les bandes lumineuses étaient rares. Une seule fois, en février 1872, ils virent une aurore

boréale bien nette, d'un rouge rosé; elle fut annoncée le matin, entre 8 et 10 heures, par une forte déviation de l'aiguille aimantée. Les étoiles filantes étaient constantes, et quoiqu'on n'en vit aucune pluie ni gerbe, il était difficile de regarder le ciel sans en apercevoir, d'un côté ou de l'autre. Les marées furent soigneusement observées; et la montée moyenne de l'eau fut trouvée de 1^m 65 environ. La plus grande sonde trouvée fut d'environ 180 mètres. On constata l'existence d'un courant constant vers le S., variable suivant les endroits et les saisons. La température d'hiver, plus douce qu'on ne l'avait supposé, atteignit en janvier le minimum de — 50°, quoique mars fût le mois le plus froid.

Les vents dominants étaient du N. E., bien qu'on essayât parfois de violentes tempêtes de S. O. et qu'on constatât de légères brises, de tous les points de l'horizon. On eut quelquefois de la pluie, mais à terre seulement, car sur la glace, il ne tombait que de la neige. Pendant l'été, les terres, hautes ou basses, n'étaient pas couvertes de neige ni de glace, sauf dans quelques endroits, et dans les creux de roches. Le sol, pendant cette saison, était couvert de mousse, du milieu de laquelle perçaient çà et là quelques plantes arctiques, quelques-unes fort belles, mais sans aucune odeur, et des saules, s'élevant à peine à la hauteur d'arbrisseaux. Les rochers, de nature schisteuse et ardoisée, contenaient des plantes fossiles, dont plusieurs spécimens furent conservés. Enfin, sur la terre découverte de glace on retrouvait des traces évidentes de glaciers antérieurs.

On trouva de nombreux animaux vivants, entre autres des bœufs musqués, tués pendant l'hiver; leur nourriture se compose de mousses qu'ils mettent à nu, en fouillant la neige avec leurs sabots.

On vit souvent des ours, des loups, des renards, et autres mammifères. Les oies, les canards, et les oiseaux d'eau, même les pluviers, et autres oiseaux errants, abondaient pendant l'été, surtout les oiseaux de mer; les oiseaux de terre étaient généralement plus rares, sauf une sorte de ptarmigan ou perdrix de neige. Les naufragés ne disent pas avoir vu de faucons ni de hiboux. Bien que les filets et les lignes fussent tendus souvent, jamais on ne vit de poissons; la mer était cependant pleine d'invertébrés, tels que sèches et crustacés. On croit que ceux-ci servent à la nourriture des veaux marins, qui sont très-abondants. L'expédition vit aussi de nombreux insectes, particulièrement des papillons, dont on prit des spécimens, ainsi que des mouches, des abeilles et autres insectes de cette espèce.

Les résultats géographiques de l'expédition, d'après les renseignements qu'ont pu fournir MM. Tyson et Meyer, et leurs compagnons, sont les suivants:

La mer Polaire, libre, décrite par Kane et Hays, n'est en réalité qu'un golfe d'une grande étendue, formé par la brusque ouverture, vers le N., du canal Kennedy, et qui comprend à l'O. la baie de Lady Franklin, et à l'E. un vaste bras de mer, de 22 milles de large à son entrée, et qui sans aucun doute s'enfonce considérablement vers le S. E. Sa longueur n'a pas été déterminée, et M. Meyer pense que ce pourrait bien n'être autre chose qu'un détroit se reliant au golfe François-Joseph de l'expédition allemande et hanséatique, et formant la limite septentrionale du Groënland. Ce bras de mer fut appelé le bras du Sud. Au N. de lui, du même côté, est l'échancrure de la côte, nommée baie *Polaris* par le capitaine Hall, par 81° 38' N., et dans laquelle son navire hiverna. La pointe Nord de cette baie fut appelée cap Lupton; la pointe Sud n'a pas encore été baptisée.

Après le cap Lupton, la côte court au N. E. et forme la rive orientale d'un nouveau canal de 25 à 30 milles de large, ouvrant en dehors du golfe dont nous venons de parler; c'est

ce canal qui fut appelé, par le capitaine Hall, détroit Robeson. La côte Ouest, au N. de la terre de Grinnel, n'a pas encore de nom. Au N. E. du cap Lupton, par 81° 57', est un long bras de mer, que le capitaine Hall baptisa du nom de baie Newman; il nomma sa pointe Nord cap Brevoort, et sa pointe Sud Sumner Headland. Du cap Brevoort, la terre continue à courir au N. E. jusqu'au port Repulse, par 82° 09', le point le plus élevé en latitude où l'expédition ait pu arriver par terre.

A partir d'une élévation de 520 mètres au port Repulse, la côte Est du canal Robeson se continue vers le N. E. jusqu'à la fin de ce canal, puis tourne à l'E. et au S. E. et se perd dans cette direction, mais déjà plus dans le S. que le point d'observation. On ne découvre aucune autre terre dans le N. E., mais la côte occidentale continue à courir droit au N., et paraît se terminer à une pointe haute, dont la latitude est estimée à 84° N.

M. Meyer dit que par temps clair, de la hauteur du port Repulse, il a distingué, droit dans le N., une ligne brillante, à peu près circulaire, que d'autres observateurs ont cru être de la terre; mais il pense, lui, que cette ligne indique la mer libre. Ainsi, la détermination certaine des limites de ce qu'on supposait antérieurement être une mer libre, la découverte du bras du Sud, du détroit, Robeson, et d'un vaste espace de mer dans le N. de ce détroit, l'examen et le plan de la côte Est, faits jusqu'à 82° 09' N., l'examen à la vue, un peu plus loin pour la côte Est, et beaucoup plus loin pour la côte Ouest, le fait d'avoir conduit le *Polaris*, sous vapeur, jusque par 82° 16' N., latitude beaucoup plus élevée que celle qu'on avait jamais espéré atteindre, la rectification des erreurs du docteur Hays dans le tracé de la côte Ouest, et de celles du docteur Kane, dans le tracé de la côte du Groënland, tels sont, en somme, les résultats géographiques et hydrographiques atteints dans le voyage du *Polaris*.

Sans doute, les résultats scientifiques demeureront incomplets tant que le bâtiment ne sera pas de retour, et qu'on n'aura pu examiner les richesses des collections qu'il a entassées et les notes qui sont encore à bord; mais les naufragés nous en apprennent déjà bien assez pour exciter la curiosité et justifier l'espoir prochain de sérieuses additions aux connaissances humaines.

A.H. 1874 — Notes sur les Nouvelles Hébrides et l'île de Santa Cruz.

C'était l'une des femmes d'un chef de l'île, et les blancs l'avaient enlevée, non pour ses charmes, mais pour la faire travailler sur une plantation. Je la délivrai aussitôt; puis je la rendis à son époux désolé.

Le prix d'une femme est, en général, d'environ 3 porcs; on obtient à ce taux la main d'une noire beauté.

La chair humaine est très-appréciée lorsqu'on peut s'en procurer. Tous les hommes boivent habituellement du kava.

Les propriétés des naturels sont la terre et les cocotiers; j'ai su que, chez eux, le vol, aussi bien que le meurtre, est ordinairement puni de mort.

Dans quelques îles, j'ai vu des idoles, que l'on adore, mais avec peu ou point d'idées de divinité et de vie future. L'historien de Mendana dit que, en 1595, chaque village de l'île Santa-Cruz avait une grande maison contenant des images de bois grossièrement sculptées. M. Dillon parle également de grands bâtiments

réservés, dans les villages de Vanikoro, aux esprits dépouillés de leurs corps. Je n'ai pas eu le temps d'approfondir cette question intéressante, mais je crois qu'il reste encore beaucoup à apprendre au sujet des superstitions de ces naturels.

A.H. 1874 — Les voyages des Norvégiens à la Nouvelle Zemble et à la mer de Kara en 1871.

Les voyages dans les mers polaires en 1872.

Le comte Wilschek, qui voulait agir de concert avec l'expédition autrichienne du *Tegethoff*, est parti de Tromsø le 19 juin avec l'*Isbjörnen* (le navire de Weyprecht et Payer, en 1871) et est entré le 30 à Horn-Sound (Spitzberg Sud), où il est resté jusqu'au 5 juillet. Il n'a pas jusque-là rencontré de glaces sur la côte Ouest du Spitzberg, et la côte Est paraissait aussi complètement dégagée, sauf quelques glaces descendant de Wybe Jans Water. Il y avait par conséquent beaucoup de chances d'atteindre le cap Nassau par la route directe aux environs du parallèle de 76° 30' N. L'*Isbjörnen* est arrivé sans difficulté jusque dans le N. E. de l'île Hope; mais là il a rencontré le bord de glaces épaisses se dirigeant dans le S. E. et a dû suivre ce bord jusqu'au parallèle de 73° N., où il a pu, près de la baie Sans-Nom, sur la côte Ouest de la Nouvelle-Zemble, se frayer un chemin et atteindre la mer libre près de la côte. Après un court séjour à Matotschkin-Sharr, l'*Isbjörnen* a fait route pour le cap Nassau: on ne voyait que peu de glace sur les montagnes autour du détroit, qui ont sur la côte une hauteur de 600 à 900 mètres, et qui, dans l'intérieur, s'élèvent même à plus de 1,067 mètres; mais, dans le Nord de la baie de la Croix (au delà de 74° N.), la neige paraissait épaisse, et d'immenses glaciers descendaient des vallées. Il a fallu se frayer encore une fois un chemin à travers une ceinture de glaces de dérive, au delà de laquelle la mer est restée complètement libre, montrant seulement un horizon de glace au N. E. et au N. N. O. Le 12 août, l'*Isbjörnen* a aperçu le *Tegethoff* et a pu communiquer avec lui; le 13, les deux navires étaient ancrés sur un grand bloc de glace devant l'île de Barents (76° 17' N. et 58° 24' E.), et ils sont restés là pendant huit jours, débarquant leurs approvisionnements avec des traîneaux sur un petit îlot. Le 21 août, le *Tegethoff*, profitant d'une ouverture dans le N. E., a continué sa route, et l'*Isbjörnen* est parti de son côté pour rentrer à Tromsø. Il a été favorisé par le temps et le vent; il a reconnu le cap Goose le 25 et est entré peu après dans la Petchora, où il a débarqué le comte Wilschek et ses compagnons, qui sont revenus par la Russie, et d'où il a fait route directement pour Tromsø. Le comte Wilschek pense que le *Tegethoff* aura dû hiverner au cap de Glace, parce que le capitaine Carlsen, qui était son pilote, disait qu'il n'avait jamais vu les glaces présenter dans cette région des conditions plus défavorables.

Les recherches et les collections du professeur Höfer, le géologue qui accompagnait le comte Wilschek, donneront sans doute des résultats intéressants. Il a trouvé près de Matotschkin-Sharr, à une hauteur de 914 mètres, des pétrifications identiques avec celles des monts Ourals, ce qui prouverait l'incorrection non-seulement des théories actuelles sur l'âge géologique de ces couches, mais aussi de l'assertion du professeur Von Baer, admise par l'Académie de Saint-Pétersbourg, et d'après laquelle la Nouvelle-Zemble serait un éperon, non pas de l'Oural, mais du Paï-Choï.

Quant à l'expédition du *Tegethoff*, qui avait quitté Bremerhaven le 13 juin et Tromsø le 14 juillet, elle avait été, comme on le voit d'après les lettres du lieutenant Payer, très-contrariée dans cette première partie du voyage. Le capitaine Weyprecht remarque dans une de ses lettres que les conditions de glace et de température étaient des plus défavorables, que le thermomètre n'est presque jamais monté au-dessus de 0°, qu'il est tombé une grande quantité de neige, qui ne fondait pas et venait s'ajouter à la glace, et enfin que, tandis que pendant toutes les années précédentes les chasseurs de morses norvégiens ont pu s'avancer sans difficulté très-loin dans le Nord, aucun n'a pu cette année pénétrer dans cette région. Mais il espérait cependant pouvoir encore doubler la Nouvelle-Zemble et atteindre la côte de Sibérie, où il se proposait de passer l'hiver. Les dernières nouvelles que l'on ait

ées sont celles qu'a données le comte Wilschek, qui a vu le *Tegethoff* partir du cap Nassau et faire route dans l'Est.

H. — Découvertes des capitaines Altmann, Johnsen et Nilsen dans l'Est du Spitzberg.

Les voyages des capitaines norvégiens Altmann, Johnsen et Nilsen feront mieux connaître la terre qui est appelée, sur les anciennes cartes, terre de Viche et, sur les cartes plus récentes, terre de Giles (Gillis), promontoire Suédois ou terre du Roi-Charles.

La terre de Viche, vue en 1619 par le baleinier anglais Viche, était généralement placée entre les parallèles de 74° 45' et de 78° 18' N. et figurée comme bien plus étendue qu'elle ne l'est réellement, et même avec la limite Nord des glaces dans le Sud à elle. Dans ces dernières années, cette terre a été vue pour la première fois, en juillet 1859, par Carlsen et Tobiesen, qui (d'après leur point observé et la distance) ont placé la côte Sud par 78° 33' N.; pendant l'été de 1860, Carlsen l'a vue de nouveau d'un point situé par 79° 34' N. et à 2 milles au large de la côte Est de la terre du N. E., et, de ce point, il relevait au S. E. q. S., à 32 milles, ce qu'il a pris pour la partie S. O. (mais ce qui était probablement le point le plus élevé de la côte N., le mont Haarlagrehaugen); cela la placerait par 79° 9' N. Tobiesen a vu, en 1860, le promontoire de l'Ouest (le promontoire Suédois) dans le S. E. q. S. de la pointe S. E. de la terre du N. E. L'expédition suédoise de Nordenskiöld a pris, de la montagne Blanche dans le Spitzberg Est, des relèvements de cette même terre qui la placent entre les parallèles de 78° 50' et de 79° N., et par 26° 40' E. environ. En 1870, Von Henghlin a pris, du mont Middendorff (sur la côte Sud du détroit de Freeman), des relèvements du centre, qui restait au N. 66° 15' E. (du compas), à une distance estimée de 60 milles. En dernier lieu, le capitaine Ulve est monté, en 1871, jusqu'au sommet de la pointe Thumb, sur l'île William, et a trouvé que le centre restait à l'E. S. E.

En combinant ces éléments, on a établi l'existence d'une île ou d'un groupe d'îles entre les parallèles de 78° 33' et de 79° 9' N., avec le promontoire Ouest (le promontoire Suédois) par environ 24° 20' E. La limite orientale et la configuration approximative de cette terre viennent aussi d'être déterminées par les explorations des capitaines Altmann, Johnsen et Nilsen, et le professeur Mohn a pu, d'après l'ensemble de ces documents, construire la carte ci-jointe.

Le capitaine Altmann, de Hammerfest, a trouvé la mer à l'Est du Spitzberg (sur laquelle il navigue depuis vingt ans) bien moins engagée par les glaces pendant l'été de 1872 qu'elle ne l'était ordinairement. Parti le 25 juillet des îles Ryk-Ys, il a fait route au S. O. vers une masse de glaces située près du glacier du Roi-Jean, sur la côte de l'île Edge, puis à l'E. q. N. E. et ensuite au Nord jusqu'au 28 au matin; il a aperçu alors dans l'E. N. E. la terre, sur laquelle il a mis le cap, et il a reconnu, en s'approchant, qu'elle s'étendait vers l'Est et qu'il y avait plusieurs pointes. A environ 2 milles de terre, il a rencontré une barrière de glace, le long de laquelle il a continué sa route. Le 29, il a atteint la pointe Est, et comme il n'y avait aucune autre terre en vue au Nord et à l'Est, sauf une petite île tout près de la pointe, il a viré de bord et fait route au Sud, louvoyant pendant toute la journée du 30 le long de la côte, qui était fréquemment enveloppée de brume. A 4 heures du soir, la pointe Ouest de l'île restant au N. O., Altmann a mis le cap dessus, mais il a bien vite été arrêté par la ceinture de glace qui, partant de la pointe S. E. de la terre, s'avancait dans la direction du S. O. La terre paraissait divisée par un large sound en trois grandes îles, avec d'autres plus petites. Dans l'après-midi du 31, Altmann a quitté la pointe S. E. et a gouverné le long de la ceinture de glace qui s'étendait dans la direction du S. O. sur une distance de 60 milles, presque jusqu'aux îles Ryk-Ys, et dont la surface était très-unie, presque sans *ice-bergs*.

Le journal d'Altmann était accompagné d'un croquis de la terre découverte, que le lieutenant Matthiesen (de la marine suédoise) avait dressé d'après le journal et les communications verbales du capitaine, qui n'avait pu obtenir d'observations astronomiques. Ce croquis présente trois grandes îles, nommées (en allant de l'Est

vers l'Ouest) île Bear, île Giles et île de la Glace-Ferme. La pointe Est de l'île Bear, avec une petite île devant, est par 79° 2' N. et 29° 30' E.; il y a aussi devant la pointe S. O. deux îles, et un rocher au large de l'île extérieure. La pointe Sud de l'île Giles est par 78° 53' N. et 27° 10' E., et la pointe Sud de l'île de la Glace-Ferme par 78° 43' N. et 26° 20' E. Cependant cette dernière position ne cadre ni avec la route du capitaine Altmann de la pointe S. E. de la terre aux îles Ryk-Ys, ni avec les observations de Carlsen, en 1859. Les vues de côtes qui accompagnent ce croquis représentent l'île Bear comme une colline basse avec des pentes douces des deux côtés; l'île Giles, comme une île haute avec des bords assez escarpés; et l'île de la Glace-Ferme, comme ayant le même caractère, excepté que la colline la plus Sud ressemble à un cône évasé ou presque à un cylindre.

Le capitaine Nils Johnsen, de Tromsø, après avoir croisé, pendant la dernière partie de juin, dans l'E. S. E. des îles Ryk-Ys, et, au milieu d'août, dans le voisinage de l'île Hope, est arrivé le 16 août par 78° 18' 46" N. (latitude obtenue par des hauteurs méridiennes); à 2 heures de l'après-midi, il a vu la terre de Giles, dont il s'est approché jusqu'à une distance d'environ 12 milles dans le S. E.; et le 17, à 3^h 30^m du matin, il a mouillé devant la pointe N. E. de la terre pour l'explorer et pour recueillir du bois de dérive. Il a appareillé à 7 heures du soir, a fait route pendant la nuit et le lendemain au S. O., le long de la côte Est de la terre, puis à l'Ouest, jusqu'au moment où il a rencontré la ceinture de glace. A midi, le 19, la pointe N. O. de la terre était au Nord, mais peu après la terre a disparu. Nils Johnsen est rentré à Tromsø le 12 septembre.

Il a malheureusement été impossible d'avoir des observations sur la côte de la terre ainsi découverte; l'estime faite d'après les observations obtenues à bord le 16, le jour où l'on a aperçu la terre, place la pointe N. E. par 79° 10' N. et 27° 40' E. Le promontoire S. E., qui est dans le S. O. de cette pointe, a de 304 à 365 mètres de haut, et se termine par deux caps escarpés, que Nils Johnsen a appelés cap Nordenskiöld et cap Hammerfest; de là la côte suit pendant quelques milles la direction de l'Ouest et incline ensuite au N. O. Un cap bas, aigu, que Nils Johnsen a nommé cap Tommerness (du Bois), et qui est couvert de bois de dérive, s'avance loin dans la mer, à 10 milles environ dans le S. O. de la pointe N. E.; il y a entre ce cap et le cap Nordenskiöld une large baie, qui a paru cependant, malgré la brume, ne s'étendre qu'à quelques milles dans l'intérieur des terres. On a vu la mer briser sur une roche à peu de distance dans le Sud du cap Tommerness. Johnsen a remarqué dans la baie plusieurs petites îles basses et allongées; il n'a vu nulle part ailleurs de fiords ni d'ouvertures profondes. La terre paraissait tout à fait plate et basse, sans pics remarquables, en dehors des trois chaînes isolées, que l'on prenait, de loin, pour trois îles séparées, jusqu'à ce que l'on pût s'approcher assez pour voir la terre basse qui les relie. Près de la pointe N. E., s'élève une montagne, à laquelle on a donné sur la carte le nom du capitaine Johnsen; elle n'est pas très-élevée, a un sommet aplati et est longue à peine de 1 mille, avec des flancs escarpés, mais des pentes douces aux deux extrémités. De son sommet, Nils Johnsen a vu, loin dans le S. O., une haute montagne bleue, évidemment le promontoire de Nordenskiöld, et dans l'Ouest, le Haarlagrehaugen, qui est probablement le point le plus élevé de l'île. Près du mont Johnsen, la terre est tout à fait basse et plate. La pointe N. E. est basse, sablonneuse en partie, et contient plusieurs lacs, sur lesquels il n'y avait pas de glace (le 17 août). Il y avait sur la côte du bois de dérive en abondance; de plus il y avait une grande quantité de vieux bois, en grande partie pourri, à une distance de quelques centaines de mètres de la rive et à 6 mètres au-dessus du niveau de la mer; d'où l'on pourrait conclure que l'île se serait élevée d'environ 6 mètres dans une période relativement récente.

Le rapport du capitaine Johnsen était aussi accompagné d'une carte préparée d'après son journal et les renseignements verbaux qu'il a donnés, et elle a servi de base à celle du professeur Mohn; il n'y a été fait de modifications que lorsqu'elle était en désaccord avec des données évidemment correctes.

Le troisième journal qui raconte un voyage presque complet de circumnavigation autour de cette terre par le capitaine Nilsen, d'Hammerfest, est malheureusement bref et peu clair dans la partie la plus importante. Le 27 juillet, Nilsen est arrivé en vue de la terre, qu'il a d'abord prise pour la côte Est du Spitzberg, mais il a bientôt compris que ce devait être la terre que d'autres navigateurs de l'Arctique avaient vue dans l'Est du Spitzberg. Elle s'étendait dans la direction du N. E., et la description de la partie qu'il a vue d'abord concorde bien avec celle de la côte N. E. par les deux autres capitaines. Le 31 juillet, il a mouillé au large d'une petite île ronde, haute de 4^m,50 environ et située tout près de la pointe extrême de la terre. Il y avait une grande quantité de bois de dérive parsemée sur toute l'île, dans le Nord et dans l'Est de laquelle la mer était libre de glaces jusqu'à une distance de 12 à 16 milles; au delà de cette distance, on voyait un grand nombre d'*ice-bergs* de grande dimension suivant la direction de l'E. S. E. Bien qu'il y eût une zone parfaitement libre entre la côte et ces *ice-bergs*, Nilsen, qui avait l'intention de faire du Nord, a préféré contourner ces *ice-bergs* pour gagner la haute mer; mais lorsque, après avoir fait au moins 40 milles dans l'E. S. E., il a trouvé que les *ice-bergs* formaient un mur s'étendant encore plus loin dans la même direction et ne laissaient aucun passage entre eux, il est revenu en arrière, jusqu'à l'îlot près duquel il avait mouillé, a fait d'abord 2 milles environ dans le Nord de l'îlot, et a fait route ensuite dans le N. O., le long de la ceinture de glace solide qui se dirigeait dans le N. O., puis dans l'O. q. N. O. Il est resté, en suivant cette route, en vue de la terre pendant environ 60 milles; mais, après cela, la glace s'étendait si loin qu'il n'était pas certain que la terre se terminât là où on la perdait de vue. Le capitaine Nilsen a estimé que la partie orientale de l'île avait environ 8 milles de large. Il n'y a pas de sound entre les parties que Altmann avait appelées île Bear et île Giles, et l'on voyait distinctement la terre basse reliant les parties plus élevées. Nilsen pense qu'il peut exister un détroit entre les deux parties que Altmann a nommées île Giles et île de la Glace-Ferme, et s'il n'en est pas ainsi, la terre qui réunit ces deux parties ne peut être que très-basse.

Lorsque Nilsen est arrivé à la partie la plus Nord de la ceinture de glace, il a trouvé qu'elle descendait de là dans le S. O. et l'a suivie pendant quelques milles dans cette direction; il a alors aperçu de nouveau la côte Ouest. La glace solide était à une distance de plusieurs milles de la côte, formant un grand arc vers le Sud et remontant ensuite dans le Nord; dans la direction du Sud, elle s'étendait à perte de vue, probablement jusqu'à la ceinture que les capitaines Altmann et Johnsen ont vue enveloppant la côte S. O. Nilsen est arrivé, le 3 août, dans sa route vers l'Ouest, jusque dans le voisinage du détroit de Hinlopen, et assez près pour voir distinctement le cap Tørel et la pointe Thumb. Le détroit lui a paru bloqué par les glaces, et il a été obligé de retourner dans l'Est, mais en suivant une route plus directe; il a gagné de là le cap Hammerfest, puis les îles Ryk-Ys en longeant la ceinture de glace, qui s'éloignait de terre au delà du cap, suivant la direction du S. O.

Le capitaine Nilsen, qui avait pu, cinq ans auparavant, aller des îles Ryk-Ys au détroit de Hinlopen, pense que la condition de la glace, en 1872, était de nature à indiquer qu'elle n'est pas permanente, bien qu'elle fût tout à fait compacte et épaisse en moyenne de 60 à 91 centimètres.

Il est intéressant d'ajouter que le capitaine Johnsen a trouvé, sur la partie N. E. de la terre, des ours polaires, des rennes, des renards polaires, des phoques en grand nombre, etc. Il n'a vu que des lichens et quelques herbes pour toute végétation; mais le grand nombre des traces de rennes, vieux et jeunes, montre d'une manière certaine qu'il doit y avoir sur cette terre une végétation assez abondante. Il a recueilli également des échantillons minéralogiques, principalement de quartz et d'argile.

III. — Voyages de M. Leigh Smith et du capitaine Gray devant le Spitzberg Ouest et le Groënland Est.

Parmi les voyages faits pendant l'été de 1872 dans la partie Ouest de la mer Arctique d'Europe, ceux de M. Leigh Smith et

du capitaine David Gray sont probablement les plus importants pour la connaissance de cette mer.

M. Leigh Smith est parti des Shetland le 26 mai pour Jan-Mayen, où il a débarqué; de Jan-Mayen, il a voulu atteindre la côte Est du Groënland; mais comme, à une époque aussi peu avancée de la saison, il n'a pas trouvé la glace ouverte, il a fait voile pour le Spitzberg, et atteint, malgré les conditions défavorables de la glace, jusqu'à 80° 30' N. et 9° 40' E.; il a visité ensuite Wijde-Bay et est rentré à Hull le 26 août, après une navigation laborieuse de quatre mois.

Ses observations de température à de grandes profondeurs confirment pleinement celles de 1871, et montrent une augmentation de température avec la profondeur. Le 11 septembre 1871, par 81° 20' N. et 16° 22' E. (à 35 milles de terre), il avait trouvé que la température était de 1°,11 à la surface, et de 5°,56 à 548 mètres; en 1872, étant pris dans les glaces (6-12 juillet) par 80° 17' N. et 7° 26' E. (à 32 milles dans le N. N. O. de la côte N. O. du Spitzberg), il a trouvé 0°,56 à la surface et 17°,78 (?) à une profondeur de 1,096 mètres, et il en conclut « qu'un courant d'eau chaude et très-salée se dirige vers le Nord dans les couches inférieures de la mer profonde entre le Spitzberg et le Groënland. »

Le capitaine David Gray, de Peterhead, qui, après la longue expérience de ses nombreux voyages à la baleine, est très-familier avec la mer du Groënland et a pleinement prouvé sa navigabilité, a trouvé en 1872 une mer extraordinairement libre de glaces. Bien qu'il ne soit pas venu assez près de la côte du Groënland pour déterminer les conditions qu'y présentait la glace, il n'hésite pas à affirmer qu'un bâtiment aurait pu suivre sans difficulté la côte du Groënland aussi loin dans le Nord que le capitaine l'aurait voulu, et même jusqu'au pôle Nord, et que cela aurait pu se faire, retour compris, pendant les mois d'été.

Le capitaine Gray a fait dans la mer du Groënland, du 13 avril au 3 juillet, entre les parallèles de 68° et de 79° Nord, des observations de température en eau profonde jusqu'à 731 mètres.

IV. — Voyage d'Edward Whympre au Groënland occidental.

Ce voyage est surtout intéressant au point de vue géographique et orographique. M. Whympre a exploré principalement le Waigat et les environs d'Umenak. Dans le fiord d'Umenak, il a pu faire l'ascension d'une montagne haute d'environ 2,134 mètres, y monter un théodolite et obtenir des résultats importants, ce pic isolé commandant la vue de presque tout le district d'Umenak, qui contient les montagnes les plus élevées du Groënland proprement dit, et une vue magnifique de la glace intérieure. Il a constaté que l'élévation de ces montagnes dépasse d'environ 600 mètres celle qu'on leur avait assignée jusqu'ici; que le Waigat, dans certaines parties, n'a qu'à peine la moitié de la largeur que lui attribuent nos cartes, et que ses montagnes sont à peu près deux fois plus hautes qu'on ne le suppose.

Il a recueilli en outre dans son expédition des collections très-importantes, surtout en plantes fossiles et en minéraux.

V. — Expédition suédoise de MM. Nordenskiöld et Tørel.

La cinquième grande expédition suédoise au pôle Nord, dirigée par le professeur Nordenskiöld et le capitaine Tørel (de la marine suédoise), avait l'intention d'hiverner sur les Sept-Îles, la limite Nord de l'archipel du Spitzberg, et de pénétrer, de bonne heure au printemps de 1873, avec des traîneaux à rennes, jusqu'au pôle Nord, si c'était possible. Comme les observations scientifiques en hiver n'ont encore été faites que jusqu'à la latitude de 78° 37' N., un séjour pendant l'hiver par 80° 40' N. est d'une très-haute importance pour la géographie physique de ces régions.

L'expédition, composée du vapeur *Polhem* et de deux annexes, un vapeur et un brick, destinés à porter les approvisionnements et devant revenir à la fin de la saison, est partie de Tromsø le 21 juillet et est arrivée vers le milieu d'août à la côte N. O. du Spitzberg; mais la glace, que les vents dominants du S. O. avaient chassée des côtes orientales du Groënland et du Spitzberg, s'était accumulée en masses immenses sur la côte N. O., où elle était

réunie assez solidement pour empêcher l'expédition d'atteindre les Sept-Îles; et les navires sont restés à l'ancre près de Hakluyt-Head jusqu'au 30 août.

Le 1^{er} septembre, la glace s'est ouverte suffisamment pour permettre une tentative pour pousser en avant, et, dans la nuit du 2, le *Polhem*, remorquant le brick, à doublé Vertigen-Hoek, à mi-distance entre Hakluyt-Head et les Sept-Îles. Le vapeur annexe a suivi, le 3, après avoir rembarqué les rennes, que l'on avait mis à terre sur les îles Norway.

Septembre et octobre s'écoulèrent sans que l'on vit revenir les deux annexes, ni six navires de pêche norvégiens portant ensemble soixante-deux personnes, de sorte que cent soixante et seize personnes allaient avoir à vivre sur les dix-huit mois de provisions embarquées pour les vingt et un hommes de l'expédition qui devaient hiverner aux Sept-Îles; et le gouvernement suédois a fait partir le vapeur *Albert* le 18 novembre pour tenter d'aller secourir ces équipages. Quatre heures après son départ, un des navires de pêche est arrivé à Hammerfest avec dix-huit hommes; le 26, il en est rentré un autre avec vingt hommes; ces trente-huit hommes représentaient les équipages de quatre des bâtiments, et les autres hommes, au nombre de vingt-huit, faisaient route avec des embarcations le long de la côte Ouest vers Ice-Fiord, que l'on pensait être encore ouvert. Quatre des navires de pêche avaient été abandonnés dans les glaces où ils étaient pris, à Gray-Hook, sur la côte Nord du Spitzberg, et les deux qui sont revenus rapportaient que les trois navires de l'expédition suédoise étaient pris dans les glaces à Mussel-Bay (la Baie des Moules), et que tous les rennes des traîneaux s'étaient sauvés.

VI. — Voyage de l'*Albert* (21 novembre-14 décembre 1872).

Le vapeur *l'Albert*, commandé par le capitaine de vaisseau Otto, aidé par le capitaine Lauritz Hansen, chasseur de morses expérimenté, est parti d'Hammerfest le 18 novembre et de Tromsø le 21, faisant route au N. O. pour éviter la glace que l'on sait toujours entourer l'île Bear. Le temps a d'abord été assez bon, et *l'Albert* était arrivé le 27 par 73° 25' N. et 8° 15' E. (dans le S. O. de l'île Bear) lorsque la brise fraîche de l'E. S. E. qui avait soufflé jusque-là a augmenté jusqu'à coup de vent, avec un temps très-sombre, des grains de neige et une mer très-forte. *L'Albert*, dont le gouvernail, en forçant contre l'étambot, l'avait endommagé considérablement, a dû rester à la cape jusqu'au 29, où, le vent ayant un peu molli, il a pu reprendre sa route. Mais le 1^{er} décembre, le coup de vent a recommencé; la mer était encore plus grosse, et le baromètre baissait si régulièrement qu'un changement favorable était bien douteux. Au contraire, le coup de vent a augmenté jusqu'à l'ouragan, et la mer était telle que jamais aucun de ces hardis navigateurs n'avait rien vu de semblable. On ne pouvait plus entendre la voix humaine en aucun point du bord, et c'est à peine si le navire obéissait au gouvernail. Dans ces conditions, et en présence de la diminution rapide du combustible, le capitaine Otto a rassemblé un conseil, qui a conclu qu'il ne serait guère possible d'atteindre Ice-Fiord, et qu'en prolongeant ces tentatives, on mettrait le navire en péril imminent; et il s'est alors décidé à revenir. Bien que le coup de vent diminuât un peu, la mer resta très-grosse. Le 7 décembre au matin, *l'Albert* était à environ 10 milles dans le Nord de l'entrée Nord de Tromsø, mais le coup de vent a repris avec tant de force qu'il n'était pas possible de songer à entrer, et qu'il a fallu faire route au Sud pour Christiansand, où il est arrivé le 14.

Cette croisière hardie a donné des résultats importants pour la météorologie de la mer Arctique. Ainsi, dans cette saison d'hiver, la température de l'eau est restée partout, jusqu'à 77° N. et dans l'Ouest du méridien de Greenwich, au-dessus du point de congélation, et l'on n'a vu de glace nulle part. Dans l'Est de ce méridien, les températures de l'eau ont été de 1, 2, 3 et 4 degrés. Par 75° 45' N. et 1° 40' E., à 230 milles dans l'O. N. O. de l'île Bear, où la température de l'air était en moyenne de — 5°,39 en novembre 1865, et de — 8°,5 en décembre de la même année, la température de l'eau était de 4°,72, d'après les observations de *l'Albert*.

VII. — Voyage de l'*Isbjörnen* à l'île Bear (27 décembre 1872-17 janvier 1873).

L'insuccès de *l'Albert* n'a pas découragé les Norvégiens, et ils n'ont pas voulu renoncer à secourir les équipages que l'on pensait être dans Ice-Fiord, parce que les pêcheurs expérimentés croient que la côte Ouest du Spitzberg est libre de glaces pendant l'hiver. On a fait une seconde tentative avec *l'Isbjörnen*, le navire de MM. Payer et Weyprecht et du comte Wiltsehek, et il est parti de Tromsø le 27 décembre, sous le commandement du capitaine Kjelsen. On voulait aller directement à l'île Bear, et de là au cap Sud du Spitzberg; mais c'était tout au moins bien difficile avec un navire à voiles. *L'Isbjörnen* est bien arrivé, malgré le mauvais temps, dans la nuit du 7 au 8 janvier, à une distance d'environ 3 milles de l'île Bear, mais il l'a trouvée entourée de glaces solides, et il a essayé de continuer sa route dans le N. N. O. Mais le coup de vent est devenu très-violent; la manœuvre du navire était très-pénible, les voiles couvertes de glace, les manœuvres courantes gelées dans les poulies; il a fallu, dans ces conditions, renoncer à atteindre le Spitzberg et revenir au Sud. *L'Isbjörnen* est rentré à Tromsø le 17 janvier, après une traversée de retour très-pénible et un coup de vent très-violent du S. O. avec une mer furieuse.

En apprenant l'insuccès de ces tentatives, M. Rosenthal, de Brème, a affrété le beau vapeur *Groënland*, pour l'envoyer au secours des pêcheurs norvégiens, et ce navire, commandé par le capitaine Melsom, avec soixante et dix hommes d'équipage, est parti de Tönsberg le 28 janvier, muni d'excellents instruments, qui lui permettront de faire toutes les observations désirables.

V^{ie} DE LA TOUR DU PIN,
capitaine de frégate.

A.H. 1875 — Commandant G.S. Nares. Campagne hydrographique du Challenger dans l'océan Atlantique, en 1873.

Le *Challenger*, partant d'Angleterre le 21 décembre 1872, éprouva de forts coups de vent de S. O. jusqu'à ce que le parallèle du cap Finistère fût passé, le 30 décembre. Ensuite le temps fut variable jusqu'à l'arrivée à Lisbonne, le 3 janvier 1873, qu'un fort coup de vent de S. O. empêcha de quitter avant le 12.

Entre Lisbonne et Gibraltar des vents faibles d'Est et de Nord permirent de donner avec succès quelques coups de filet et de drague par grand fond; on obtint aussi des sondes entre la côte dans le voisinage de Lisbonne et les grands fonds au S. O. dans la direction de Madère.

Le fond descend en pente douce jusqu'à 2,697 mètres, vase, à 31 milles de la côte. Près du plateau de roches de 774 mètres, marqué à présent sur les cartes, on trouva 2,520 mètres fond de vase, ce qui rend l'existence de ce plateau extrêmement douteuse.

A Gibraltar on fit un nouveau plan du môle intérieur, des observations magnétiques, et l'on régla les chronomètres.

Le commandant Nares, ayant appris que le *Shearwater* était à Malte, profita de cette occasion favorable pour déterminer par le télégraphe la différence en temps entre les deux endroits, et compléter ainsi les observations entre Gibraltar et Bombay.

On quitta Gibraltar, le 26 janvier, faisant route vers l'Ouest pour continuer la ligne des sondes entre Lisbonne et Madère. On trouva de grands fonds de vase molle, favorable à la pose des câbles télégraphiques.

Arrivé à Madère le 3 février et parti le 5 février.

Le 7 février on était à Ténériffe, où le professeur Thomson explore les hautes terres de l'intérieur de l'île. Trois jours furent employés à sonder et à draguer dans les canaux voisins; dans chacun on trouva de grands fonds, vase, mais de couleur plus noire que d'habitude. On put ajouter quelques sondes à celles du mouillage devant Santa Cruz; elles indiquent que probablement un plateau de 73 à 82 mètres, sur lequel, s'il est nécessaire, on peut mouiller, s'étend le long du rivage au Nord à $\frac{1}{2}$ mille de distance.

de la terre. On ne s'aperçut malheureusement de l'existence de ce plateau qu'en dressant le plan après notre départ, et il serait bien utile d'avoir encore d'autres sondes.

Partis de Ténériffe le 14 février, nous arrivions à Saint-Thomas le 16 mars. Pendant la traversée on sonda fréquemment et la nature du fond fut déterminée. On dragua par grand fond, de 300 milles en 300 milles environ, lorsque le temps et les circonstances le permirent. Les résultats des sondes, de la drague et les séries de température sont indiqués sur les tableaux et les cartes.

Les sondes montrent une remarquable élévation de 3,658 mètres à 2,789 mètres, à une distance de 160 milles dans le S. O. de l'île de Fer. La nature rocheuse du fond et l'abaissement de la température habituelle à cette profondeur indiqueraient un mouvement considérable de la couche d'eau inférieure. En ce point la drague rapporta quantité de corail blanc mort et des éponges, sans vase.

Le 26 février, le navire étant aux $\frac{2}{3}$ de la distance des îles Canaries aux Indes occidentales, on obtint une profondeur de 5,761 mètres; le temps était remarquablement beau, et la ligne fila à pic tout le temps. Le fond rapporté par la tige du sondeur, et ensuite par la drague, était de l'argile de couleur chocolat foncé, sans aucun des caractères habituels de la vase molle de l'Atlantique, et contenait peu d'êtres organisés d'espèce quelconque. Cette formation de découverte nouvelle continuant au fond de la mer s'étend à environ 350 milles à l'Est et à l'Ouest de ce chenal ou trou profond, dont les bords s'élèvent de chaque côté, et la nature du fond revenant graduellement à la vase molle de l'Atlantique. La même argile, mais légèrement plus claire, fut trouvée dans l'Ouest des Indes occidentales.

Aux $\frac{2}{3}$ de la distance, étant à 1,000 milles des Indes occidentales, on trouva 3,475 mètres de profondeur sur le « Dolphin Rise », découvert par les lieutenants Lee et Berryman, de la marine des États-Unis. Ces officiers obtinrent des sondes un peu moindres un peu au Nord.

Cette élévation a évidemment une certaine étendue, nos sondes indiquant une profondeur moindre que 3,650 mètres à 180 milles de distance. Par 3,704 mètres sur le côté Est de l'élévation, la tige de sonde rapporta de la roche décomposée, indiquant une base rocheuse; la drague, dans le même endroit cependant, ramena de la vase molle. Toutes les sondes du lieutenant Berryman dans ces environs paraissent exactes.

Pour assurer une comparaison aussi bonne que possible, la même ligne fut toujours employée pour obtenir les séries des températures. On observa fréquemment des températures de 183 mètres en 183 mètres entre la surface et une profondeur de 2,743 mètres, avec 7 à 10 thermomètres attachés à la ligne en même temps, et un poids de 23 kilogrammes. On portait la plus grande attention à obtenir la verticalité de la ligne. Lorsqu'il y a du courant à la surface, il est difficile d'être certain que la ligne sera verticale à moins d'employer un poids très-lourd, et de risquer ainsi de perdre des thermomètres par la grande tension de la ligne quand on la hale à bord. Les séries de température montrent l'existence d'une couche d'eau à la température de 9°,44 dans presque tout l'Océan, en allant de l'Est à l'Ouest, à une profondeur uniforme d'environ 700 mètres. La température de l'eau au-dessus de cette profondeur augmente graduellement, au-dessous elle diminue. Tout changement dans la profondeur de l'eau donne invariablement une élévation ou un abaissement correspondant du tracé des lignes les plus basses, ce qui indiquerait un mouvement de l'eau du fond ⁽¹⁾.

La température du fond à toutes les profondeurs, excepté à la sonde de 2,789 mètres près des îles Canaries, était remarquablement uniforme, variant de 2 degrés sur le côté Africain de l'Atlantique à 1°,61 sur le côté Américain.

Toutes les températures ont été corrigées pour la pression conformément à la table d'erreurs donnée avec les thermomètres du Bureau hydrographique. Toute variation dans la température indiquée par un seul thermomètre est considérée comme provenant d'une erreur de lecture (le tube du thermomètre, n'étant pas fixé d'une

⁽¹⁾ L'élévation de la température de la couche supérieure en allant de l'Est à l'Ouest est naturellement due à l'action solaire sur la surface de l'eau.

Il serait prématuré de vouloir expliquer le changement dans la couche d'eau inférieure avant que les observations dans l'Atlantique soient complétées.

manière immuable à l'échelle, peut être déplacé verticalement de $\frac{1}{2}$ degré à 1 degré), ou d'un ébranlement de l'index à sa sortie de l'eau. Les courbes de changement de température ont, par suite, été tracées d'après les positions des lectures moyennes.

Le galvanomètre de M. Seiman pour déterminer la température de la mer a donné de bons résultats; mais nous avons encore à surmonter la difficulté de la lecture quand le navire roule, ce que le *Challenger* fait toujours. Pour obtenir des résultats pratiques, à moins de ne pas avoir de thermomètre protégé de Casella et une ligne de sonde bien essayée, ce moyen n'est certainement pas préférable à l'ancien système; mais s'il y avait une couche d'eau chaude sous une couche plus froide, le seul moyen actuel de la constater serait fourni par l'invention très-appreciable de M. Seiman.

Pour faire les plus grandes sondes on employa la ligne n° 1 et un poids à échappement de quatre quintaux. Un navire de la dimension du *Challenger* reste si bien debout au vent pendant que l'on sonde qu'il est bien plus facile de maintenir la ligne verticale qu'avec un plus petit navire, et cela à tel point qu'on put se dispenser d'employer la bouée à pinces de Burt (qui avait été jugée si utile à bord du *Newport* et du *Shearwater*).

La sonde de 5,441 mètres se trouve si près d'une sonde de 6,036 mètres du lieutenant Lee, que je pense que celle-ci a été faussée par la dérive du canot due au courant de surface; les intervalles donnés à la page 105 du rapport de la croisière du *Dolphin* ⁽¹⁾ montrent que le boulet avait atteint le fond après avoir filé 5,853 mètres.

La ligne n° 1 a donné un résultat très-satisfaisant, et maintenant que la ligne de sonde est toujours munie de bons thermomètres et de bouteilles à eau, je pense qu'il est préférable de l'employer toujours. Elle ne met pas beaucoup plus de temps pour filer que la ligne n° 2, et la certitude qu'elle est plus forte doit la faire préférer, quand il s'agit de conserver ou de perdre des instruments qu'on ne peut pas remplacer.

Dans les deux seules occasions où l'on employa la ligne n° 2, elle rompit sans charge anormale.

⁽¹⁾ Voir les sondes du *Dolphin* dans les *Annales hydrographiques* de 1860, tome XVII, pages 41 et 212, et tome XVIII, pages 75 et 378.

La tige Hydra, qui est beaucoup trop faible, même avec temps ordinaire, a invariablement abandonné les poids au fond, et il n'y a d'autre perfectionnement à désirer que de la faire plus forte et plus grande, afin qu'elle rapporte une plus grande quantité de spécimens du fond.

Depuis le départ de Ténériffe, il n'est survenu aucun accident à la ligne de dragage; l'effort qu'elle a supporté prouve qu'elle est d'une fabrication très-supérieure.

Des observations magnétiques ont été faites régulièrement; l'heure habituelle était 9 heures du matin; mais si l'on draguait à ce moment, ce n'était qu'un peu après avoir mis le navire en bonne route; parce que, pendant que l'on drague, le cap du navire change si souvent de direction que les observations ne concordent pas.

A Lisbonne, on a fait à l'Observatoire de l'Infant D. Luiz des observations magnétiques dont les résultats s'accordent assez bien avec ceux des observateurs portugais. A Gibraltar, la station choisie, probablement exempte d'attraction locale, était sur le terrain neutre, près de la borne de 274 mètres, plus près des lignes espagnoles. L'emplacement où la *Novara* avait fait ses observations, à l'angle S. E. de l'*Almeda*, était occupé par deux canons, et au côté Ouest par des piles de boulets; mais on observa dans un endroit à l'Est, à 91 mètres de tout morceau de fer visible, afin de faire une comparaison. Ces observations montrent que la force d'inclinaison et la force horizontale *v* sont moindres que sur le terrain neutre. Avant de quitter Gibraltar, on fit tourner le navire dans l'Est du rocher pour observer la déviation; l'inclinaison et la déclinaison furent observées aux huit principaux rumb du compas. A Madère et à Ténériffe les instruments furent débarqués et on fit des observations.

Les observations faites à la mer paraissent être satisfaisantes et concordantes, mais si la vibration de l'hélice n'affecte pas

beaucoup l'aiguille, il n'en est pas de même du tangage, quand on marche à la vapeur debout au vent, qui a une action considérable, ainsi que le roulis. Un roulis de 5°, ce qui n'est pas rare, amène une oscillation de l'aiguille de 3° de chaque côté de la verticale, et rend l'observation très difficile. A cause de cela, quand il y avait un peu de mouvement, on faisait les observations la face tournée à l'Est et à l'Ouest, et on notait la bande du navire.

Madère, 16 juillet. — Les chronomètres réglés et le charbon complétés, on quitta Saint-Thomas le 24 mars et on était aux Bermudes le 4 avril. On sonda à l'extérieur des récifs de l'île, sur ses côtés Est et Sud, avec le vapeur de l'Arsenal. On put faire aussi des observations complètes de magnétisme à l'extrémité Ouest de l'île. Ayant trouvé une place convenable près de l'Arsenal, où la variation s'accordait avec celle qu'on avait obtenue à la mer par des relevements vrais, elle fut marquée, et le commandant Aplin a promis de la faire graver sur une pierre fixée à cet endroit.

Le niveau moyen de la haute mer des syzygies a été calculé d'après le registre des marées tenu dans le bassin de l'Arsenal pendant les douze mois précédents, et une marque semblable à celle de Gibraltar a été peinte sur le mur vertical au côté Nord du bateau-porte, sur le côté Ouest du bassin, à 0^m 559 au-dessus du niveau moyen, qui était à 0^m 896 au-dessous de la cinquième marche sur le côté Sud du débarcadère principal.

Parti des Bermudes le 21 avril, on a tracé une ligne de sondes jusqu'à la limite des petits fonds devant Sandy Hook; de là fait route pour Halifax.

Quitté Halifax le 19 mai et arrivé aux Bermudes le 31, ayant fait des sondes sur le parcours.

Appareillé des Bermudes le 12 juin et arrivé à Madère le 16 juillet en touchant à Madère et à Saint-Michel (San-Miguel). Je recommande vivement ce dernier port comme relâche, préférable à Fayal pour les navires de guerre pendant les mois d'été. En hiver, toutefois, le mouillage de Fayal est plus abrité. Le brise-lame du port de la pointe Delgada s'avance maintenant jusque par les fonds de 16 mètres⁽¹⁾ et suffit pour abriter tous les navires qui visitent le port pendant la saison des fruits, qui commence en novembre et finit en mai; pendant cette période, il y a accidentellement de très-mauvais temps du S. O. et du N. O. Les canonnières peuvent en tous temps s'abriter. Le mouillage dans la rade est beaucoup plus commode que celui de Funchal (Madère), et l'on a promptement des provisions de toute espèce.

Les diverses grandes sondes obtenues dans le voisinage des Bermudes prouvent que c'est un pic isolé s'élevant brusquement d'une base de 120 milles de diamètre seulement. Les grandes sondes trouvées à moins de 60 milles de ces îles et qui ne donnent aucune indication de leur existence prouvent bien que c'est à tort que l'on suppose qu'il ne peut pas exister des hauts-fonds dans le voisinage de grands fonds.

Les séries de température montrent que la couche chaude qui est immédiatement au-dessous de celle qui est produite par la chaleur solaire et autres causes locales, notées dans mes remarques sur la section entre Saint-Thomas, les Bermudes et Sandy Hook, 19 mai, s'étend à moins de 280 milles des Açores, où on la perd subitement. Nous avons ainsi déterminé les limites Sud et Est de cette énorme masse chaude s'étendant à 2,250 milles du Gulf-Stream. Sa température demeure si constante, nous pouvons sûrement avancer qu'elle est produite par ce courant, qui s'étend à travers l'Atlantique vers les côtes d'Europe, au Nord des Açores.

Il est à remarquer qu'à mesure que sa distance du Gulf-Stream augmente, sa largeur ou profondeur reste la même, et probablement il en sera ainsi jusqu'à ce qu'elle atteigne la surface un peu plus au Nord et à l'Est; mais aussi loin que nous avons pu l'observer, elle n'a pas perdu un atome de chaleur en parcourant cette énorme distance; il est probable que toute déperdition est constamment réparée par la source mère. L'eau chauffée que nous avons trouvée au-dessus d'elle, à la surface pendant l'été, doit certainement disparaître en hiver, et elle doit atteindre la surface en quelque point à mi-distance environ entre les Bermudes et les Açores.

En comparant les deux sections faites à travers l'Atlantique, la manière dont les isothermes entre 15°,56 et 4°,44, occupant les profondeurs respectives de 366 et 1,280 mètres, sont pressées en bas et comprimées en même temps par la ceinture chaude qui est sur le côté Ouest de la section Nord, est très-remarquable, l'isotherme de 4°,44 occupant presque la même position dans les deux sections. Au-dessous de cette bande, à une profondeur de 1,280 mètres, l'eau est semblable à un degré extraordinaire et change si légèrement qu'on ne peut tirer aucune conclusion.

Aussitôt que l'on perd la ceinture d'eau chaude à l'Ouest des Açores, l'eau qu'elle refoulait auparavant vers le bas s'élève et occupe exactement la même profondeur à laquelle on la trouve dans l'autre section prise à près de 1,000 milles plus au Sud.

On peut admettre que c'est à 200 milles dans l'Ouest des Açores qu'il y a le moins de courants; aux environs des îles mêmes, il y a des signes évidents de perturbations locales.

Peu après que l'on a perdu la ceinture chaude, on observe que l'isotherme s'élargit entre 7°,22 et 12°,78. Comme ce changement concorde assez bien avec celui qu'on trouve sur les côtes d'Europe, où l'eau est à la même température et occupe la même profondeur anormale, 1,280 mètres, on peut supposer qu'il existe une communication entre les deux, et que l'eau de la surface du Gulf-Stream passant au Nord des Açores vient se heurter contre les côtes d'Europe, où une partie s'accumule en dessous; après avoir perdu 8°,34 de sa chaleur, elle s'en sépare et se porte vers le Sud, où elle occupe la place de celle qui a été à l'origine poussée à l'Ouest par les vents alizés, en perdant de sa chaleur tout le temps. Car l'isotherme de 7°,22 dans la section Sud est seulement à 1,005 mètres de la surface; dans le Nord il est à 1,280 mètres; l'eau, à cette profondeur, est ainsi de 1°,67 plus chaude dans la section Nord que dans la section Sud. Comme on n'a pas trouvé la perturbation à cette profondeur près de Ténériffe, elle doit provenir du Nord.

La température de l'eau du fond varie très-peu, excepté sur le côté Ouest, où, dans la partie la plus profonde de la section Sud, l'eau est décidément légèrement plus froide que partout ailleurs.

Outre qu'on amarrait une bouée de courant à la ligne de sonde, ou un canot à la corde de la drague avant de la haler à bord, pour déterminer le courant de surface, en diverses occasions une drague de courant a été filée à différentes profondeurs; chaque fois on a trouvé que le courant de surface était presque superficiel et que le mouvement des eaux inférieures était si lent qu'il rendait les observations très-incertaines.

REMARQUES SUR LA SECTION ENTRE SAINT-THOMAS, LES BERMUDES ET SANDY HOOK.

Les sondes montrent qu'il existe une dépression remarquable, d'une profondeur de 7,087 mètres, immédiatement au Nord des îles Vierges. Comme on ne s'attendait pas à trouver une si grande profondeur près de terre, on s'était servi d'un poids de 3 quintaux seulement, mais le beau temps et le calme permirent d'avoir sans aucun doute une sonde exacte. Après avoir filé 5,670 mètres de ligne, les intervalles de temps restèrent les mêmes, 2^m 27^s par 549 mètres. Pensant que les poids pouvaient être au fond et qu'un courant inférieur entraînait la ligne, on essaya de la haler, mais elle roidit immédiatement, indiquant que les poids étaient encore dessus, et comme elle était parfaitement à pic, montra qu'elle n'était pas influencée par le courant.

A 6,767 mètres, les intervalles étaient de 2^m 44^s et, quoiqu'ils eussent augmenté au moins jusqu'à 3 minutes $\frac{1}{2}$ avant d'indiquer que les poids avaient atteint le fond, on essaya de nouveau de la haler, mais avec le même résultat qu'auparavant.

On laissa de nouveau filer la ligne et, quand la marque de 7,133 mètres arriva à l'eau, la diminution de la vitesse indiqua qu'elle avait touché le fond. On laissa encore filer 90 mètres pour enregistrer les intervalles de temps de chaque 45 mètres. Le premier fut en proportion de 3^m 56^s et le dernier de 4^m 20^s pour 183 mètres, preuve concluante qu'aucun courant n'influait la ligne.

Quand on ramena la tige, les deux thermomètres étaient brisés par l'énorme pression qu'ils avaient supportée à cette profondeur,

presque 4¹/₂ par pouce carré anglais. La tige rapporta deux espèces distinctes d'argile; celle qui avait appartenu à la surface du fond était de couleur chocolat et pareille à celle qu'on avait trouvée auparavant à de grandes profondeurs. Au-dessous la couche était couleur d'ardoise. Les matières ramenées par la drague indiquaient aussi qu'il se formait des dépôts différents à de différentes époques, ce qui serait produit naturellement par un changement accidentel dans la direction du courant du fond, qui, au lieu de passer sur le plateau Nord, descend quelquefois la pente Sud.

Les grands fonds qui entourent les Bermudes montrent que c'est probablement un pic isolé s'élevant sur une très-petite base. On sait que des bancs s'étendent à 20 ou 30 milles vers le S. O. des îles. Mais, d'après les sondes déjà obtenues, il est très-probable qu'il existe des grands fonds en dehors.

La fosse signalée près de la côte d'Amérique au-dessous du Gulf-Stream est probablement le résultat d'une erreur inévitable quand on sonde dans un courant de surface avec une grande vitesse; avec 4,801 mètres de ligne et un poids de 3 quintaux, qui paraissait la tenir verticale, on n'a pas atteint le fond; mais les poids étaient certainement à moins de 4,800 mètres de la surface.

Cette tentative pour obtenir des sondes dans les grands fonds au-dessous du Gulf-Stream montre la difficulté que l'on éprouvera toujours en sondant dans de forts courants. Le vent était de l'Est, force 4, avec une mer considérable, à tel point que je craignais de marcher en arrière, même avec les sabords fermés. Le courant remontait droit contre le vent et le navire se tenait en travers avec le cap au Nord.

Afin d'atteindre le fond aussi promptement que possible, on employa un poids de 4 quintaux, et une ligne n° 1 neuve, que l'on filait à volonté sous le vent du navire. Après les premiers 457 mètres, la ligne fila sans toucher le flanc du navire, indiquant que le sondeur avait traversé la couche d'eau de plus grande vitesse et que le courant portait le navire au vent plus rapidement qu'il n'était entraîné sous le vent par la dérive. On établit des voiles pour augmenter sa dérive autant que possible. Après avoir filé 2,743 mètres, on stoppa la ligne, qui roidit promptement sous un angle considérable. Avant que le cap du navire pût être amené dans la direction de la ligne et permit de marcher dessus à la vapeur, elle se rompit malheureusement, accidentellement sans doute, car les dynamomètres n'indiquaient pas une très-grande tension.

On sonda alors avec une ligne n° 1 et un poids de 3 quintaux de la même manière qu'auparavant; mais quand la ligne ne toucha plus le côté du navire, on mit le cap vent arrière et la ligne fut stoppée de temps en temps pour assurer, autant que possible, sa verticalité.

Chaque fois qu'on laissait filer la ligne, sa courbure se produisait naturellement en arrière, par la force du courant; quand on la stoppait et qu'on la roidissait, elle venait de l'avant et coupait l'eau jusqu'à être verticale. Afin de maintenir le navire à l'aplomb de la ligne, on était obligé de faire en avant à raison de 3 milles à l'heure. A la moindre diminution de vitesse, la ligne venait de l'avant, ou plutôt le navire était porté en arrière; il n'est pas possible d'avoir une preuve plus concluante de l'existence de cette rivière océanique, puisque nous étions à tous égards comme ancrés par la ligne de sonde, et le courant passait derrière nous comme sous la roue d'un moulin. Comme on ne pouvait noter les intervalles habituels de temps, on comptait le temps employé pour filer 46 mètres; mais cela fut peu utile, car, pour surcroît de complication, la vitesse du courant qui passait le long du navire était, à très-peu près, la vitesse habituelle avec laquelle la ligne filait en eau calme, c'est-à-dire 183 mètres en 2 minutes. Par suite, la ligne, si on l'avait laissée filer après que les poids eussent été au fond, aurait été entraînée par le courant avec une vitesse égale à la vitesse de descente produite auparavant par les poids. On aurait donc eu une diminution de tension indiquée par les dynamomètres en stoppant la ligne, et sa courbure ne serait pas venue de l'avant aussi vite que précédemment; ce qui aurait pu provenir également de ce que le navire aurait couru en avant de la ligne.

Quand on eut filé 4,801 mètres, ces deux faits se produisirent, et on hala la ligne à bord; sa grande tension fut attribuée à la

pression du courant sur sa courbure, mais les poids qui ne s'étaient pas détachés arrivèrent à la surface, et il est évident qu'ils n'étaient jamais parvenus au fond.

Quels que soient le poids et la ligne employés, on doit évidemment donner une grande part à la courbure de la ligne. Avec un poids très-lourd, il serait impossible d'arrêter une ligne légère pour produire la verticalité. Un fil de métal offrirait comparativement moins de résistance. Mais quand même l'opération pratique pourrait être faite, il y aurait encore une erreur d'au moins 183 à 366 mètres. Avec la ligne n° 1 et 3 quintaux, la sonde serait probablement affectée d'une erreur de 366 à 732 mètres, mais pas plus forte; c'est-à-dire qu'avec 4,801 mètres dehors, le poids serait au moins à 4,070 mètres de la surface.

Afin de diminuer l'erreur autant que possible dans les observations de séries de température, on employait les poids les plus lourds que pouvait comporter la force de la ligne, 1 quintal ¹/₂ au-dessous de 640 mètres et 2 quintaux dans les profondeurs supérieures à 1,097 mètres. Si la ligne n'était pas presque verticale, il en résultait une diminution de la profondeur appréciée du courant; c'est-à-dire que l'eau froide rencontrée en filant 183 mètres de ligne pouvait être un peu plus rapprochée de la surface, mais sans que l'écart fût grand.

Le résultat fait voir que le Gulf-Stream est très-superficiel, pénétrant seulement à environ 183 mètres de la surface; au-dessous de lui le courant froid du Labrador se dirige au Sud le long de la côte d'Amérique, en abaissant de plus de 11°¹¹ la température de la couche supérieure de 550 mètres de l'Atlantique; à 732 mètres, elle est plus basse de 8°⁹; à 914 mètres, de 5°⁵⁶; à 1,097 mètres, 2°²²; à 1,280 mètres, 1°¹¹, et toute la couche d'eau au-dessous de 3,109 mètres, de 0°⁵⁶.

Il est remarquable que la température du fond de ce courant ne soit pas inférieure à celle qu'on a trouvée dans les parties les plus profondes de l'Atlantique plus dans le Sud, ou même presque aussi basse qu'elle, ce qui paraîtrait indiquer que l'eau froide au fond provient d'une source Antarctique plutôt qu'Arctique.

La différence extrême de plus de 11 degrés à 549 mètres est due en partie à ce que l'eau de l'Atlantique est, à cette profondeur, composée d'une couche épaisse à 16°⁶⁷; mais le changement à 732 mètres est un refroidissement actuel de l'eau produit par un courant Arctique de surface; et si ce puissant courant n'avait pas été si peu rapide, on eût trouvé plus tôt quelque indice de sa présence.

Le temps étant trop mauvais pour faire des observations de courant avec un canot, une drague de courant lestée d'un poids de 15⁴/₆, et attachée à une ligne n° 2, fut filée du côté sous le vent du navire, pendant qu'on était en panne et dérivant sous le vent de ¹/₂ à ³/₄ de mille.

La ligne demeura contre le flanc du navire, sans devenir presque à pic avec 46, 91 et 183 mètres dehors, montrant ainsi que le navire dérivait sur la drague de courant. Avec 274 mètres de filés, la ligne ne toucha plus le côté du navire, ce qui indiquait que la drague avait traversé le fort courant. On fila alors jusqu'à 457 mètres, en mettant une bouée. On trouva avec le loch que le courant filait au delà de la bouée à raison de 1 mille ⁷/₁₀ par heure. Ainsi, si la drague de courant était dans une eau immobile, ce qui, je crois, a été le cas, la pression du courant sur la courbure de la ligne et la surface de la bouée entraînait la drague à raison de 1 mille ²/₁₀ à l'heure, ce qui, vu la légèreté des poids de la drague et la grosseur de la ligne de suspension, s'accorderait bien avec la part faite pour la dérive dans la détermination du courant du détroit de Gibraltar.

Les séries de température obtenues montrent l'expansion graduelle de la couche d'eau ayant une température entre 16°⁶⁷ et 18°⁸⁹, qui s'étend de 260 milles Nord de Saint-Thomas au Gulf-Stream, sur une distance totale de 1,000 milles, avec une épaisseur maximum de 695 mètres, c'est-à-dire 600 mètres de plus que la couche correspondante plus au Sud.

Quant à l'origine ou au mouvement de cette immense masse d'eau, il est encore prématuré de s'y arrêter; mais comme sa partie la plus épaisse rejoint l'eau plus chaude du Gulf-Stream, elle lui est évidemment liée, et elle en est probablement comme une projection. Dans le voisinage de Sandy Hook, elle va à 366 mè-

tres plus bas que le Guit-Stream, mais devant Charlestown, 600 milles plus près de la source, on trouve la même température à la même profondeur.

Bahia, 15 septembre 1873. — L'apparition de la petite vérole à Madère me fit abrégier mon séjour dans cette île, et j'appareillai le 17 juillet, sans refaire le plan de la rade ou celui de Porto Santo; on fit cependant un petit nombre de sondes intérieures dans les environs du mouillage.

En allant aux îles du Cap-Vert, des sondes et des séries de température furent obtenues environ tous les 100 milles. L'eau continua à être profonde jusqu'au près des îles, mais entre Saint-Antoine et Saint-Vincent nos sondes montrèrent que ces îles sont liées par un plateau avec peu d'eau dessus.

Le courant dans le chenal entre les îles est un courant de marée. Pendant les marées de quartiers, le courant de surface change au Nord ou au vent trois heures après le commencement du flot, et dure pendant 5 heures, à raison de 1 mille à l'heure. L'eau du fond est portée au Nord, plus d'une demi-heure avant celle de la surface, et pendant 6^h 15, intervalle régulier de marée. On peut donc dire que l'eau au fond n'est pas influencée par le vent alizé, qui, par un beau temps, mais après trois jours de vent fort, a suffi pour retarder de 1^h 15 le mouvement de marée de l'eau de surface. On dit que, dans les marées de syzygies, le courant est de 3 nœuds, mais j'en doute.

Arrivé à Saint-Vincent le 27 juillet, j'y suis resté jusqu'au 5 août; pendant ce temps, on leva le plan du mouillage. On ne put se procurer que très-peu de provisions; il n'y avait pas eu de pluie depuis trois ans.

Du 7 au 9 août le navire était mouillé dans Porto Praya, San Yago, et l'on se procura un bon approvisionnement de bœuf, de légumes et de fruit. Apprenant qu'on faisait en cet endroit un commerce de corail rose, j'employai la pinasse à draguer; on recueillit un petit nombre de spécimens de corail rouge très-sensible à celui de la Méditerranée, mais on ne trouva pas de corail rose. Il est remarquable que la température à 146 mètres, profondeur à laquelle croît le corail, soit la même que celle des bancs de corail de la Méditerranée, c'est-à-dire 11° 11; et que nous n'ayons jamais trouvé cette température plus au Nord. Maintenant qu'on a rencontré cette espèce de corail hors de la Méditerranée, je ne vois pas de raison pour qu'il n'existe pas dans d'autres localités favorables.

De grandes améliorations ont été faites dernièrement dans Porto Praya; la ville est propre, et un grand réservoir, alimenté par les collines éloignées, assure un approvisionnement bon et constant d'eau pure. On a construit un magasin à charbon sur l'île, mais on en demande si rarement que les propriétaires en voulaient 66 francs du tonneau. Je n'entendis point parler de la fièvre que l'on dit régner ici avec tant de force pendant la saison pluvieuse; peut-être que le nettoyage de la ville a été d'un effet bienfaisant.

Après avoir quitté San Yago dans la soirée du 9 août, on fit une ligne de sondes vers le S. E., en suivant la route indiquée par mes instructions, jusque par 3° 8' N., 17° 9' O., où l'alizé du S. E. m'obligea à me diriger à l'Ouest sur les rochers de Saint-Paul, aussi appelés Penedo de San Pedro.

L'alizé N. E. cessa le 11 août par 12° 30' N., 25° 17' O. C'est en ce point que l'on ressentit pour la première fois le courant de Guinée; mais, au lieu de porter au S. E., ce jour-là et les jours suivants pendant lesquels on le ressentit, il porta toujours au Nord de l'Est.

On rencontra le courant équatorial par 3° 8' N., 17° 9' O. et on le ressentit jusqu'à 400 milles au Sud du cap Saint-Roque, ayant une vitesse de $\frac{1}{2}$ mille à 2 milles $\frac{1}{2}$ par heure.

J'arrivai aux rochers Saint-Paul, dont on prit des photographies, le 27 août, et j'y restai, amarré avec une aussière sous le vent des rochers, jusqu'au matin du 29. On trouva des fonds de 914 à 2,469 mètres à 4 milles de distance autour de l'île; et de même que la partie hors de l'eau, les fonds sont de la roche composée de minéraux mêlés à de la serpentine, qui indiquent leur origine volcanique. Pendant notre séjour, le courant a constamment porté à l'O. N. O.; l'eau, s'élevant et s'accumulant contre le côté du vent des îlots, se précipitait au delà de chaque extrémité, à raison d'au

moins 3 milles à l'heure, en produisant une mer tourmentée et un raz de marée ou contre-courant sous le vent de l'île; ainsi une chaloupe qui avait été entraînée par négligence sous le vent de l'île, en restant dans le fort du courant, eut beaucoup de peine à regagner le navire. Nos canots ne pouvaient pas remonter le courant en essayant de s'élever au vent des îlots.

Ces rochers sont une réunion d'îlots groupés en forme de fer à cheval ouvert au N. O., ayant trois pics ou collines proéminentes dont les sommets sont couverts de guano, avec de plus petits îlots ou rochers au-dessus de l'eau gisant à l'extérieur sur les côtés Nord et Sud; le tout occupe un espace de 2 encablures $\frac{1}{2}$ du N. E. au S. O. et de 1 encablure $\frac{1}{2}$ de largeur. Le pic le plus élevé est sur l'îlot N. E. ou Milieu, et, d'après Fitzroy, a 18^m 3 de hauteur. Les îlots Nord et S. O. ont aussi chacun leurs pics avec 1^m 5 ou 1^m 8 en moins d'élévation.

Le seul danger situé au large qu'on ait découvert est un rocher à $\frac{1}{2}$ encablure de distance à l'Ouest de l'extrémité Sud; le moindre fond trouvé dessus est de 9^m 1, mais il peut y en avoir moins. Sauf cette exception, le côté Ouest de l'îlot S. O., qui est facilement reconnaissable par la plus Sud et la plus blanche colline du groupe, est accore, et si la mer n'y était pas constamment agitée, on pourrait y amarrer un navire. Devant le côté Ouest de la plus Nord des trois îles et formant le côté Nord de la baie, les rochers, avec environ 3^m 7 d'eau dessus, vont en pente, à 18 mètres de distance de la côte, jusqu'aux grands fonds; par suite, on ne peut pas, en cet endroit, approcher presque à toucher. A 91 mètres de distance, la profondeur est de 190 mètres.

La petite baie ou ouverture entre les îlots N. O. et S. O. a environ 51 mètres de largeur à l'entrée et 91 mètres de profondeur, avec des fonds de 18 à 9 mètres. Les rouleaux continuels produits par la houle du S. E. contournent les pointes et entrent dans la baie; ils produisent une mer tourmentée par leur rencontre avec les courants constants qui viennent toujours du S. E., et parce que chaque lame qui brise sur la côte du vent déverse son volume d'eau à travers les intervalles séparant les îlots. Avec un assez beau temps, on peut toujours débarquer immédiatement en dedans de chacune des pointes de la baie; mais avec une grue (*derrick*) ou un pont volant jeté sur les roches, il serait facile de maintenir la communication par les plus mauvais temps que l'on puisse s'attendre à avoir dans ces latitudes. Le débarquement serait très-difficile avec un vent de N. O., parce que la houle du S. O. doit être continue.

En ce qui regarde l'établissement d'un phare sur ces rochers dangereux, il y a un excellent emplacement, qui exigerait très-peu de préparation, sur l'îlot S. O., à 3 mètres au-dessus de la laisse de haute mer; c'est une surface plane de 12^m 2 sur 30^m 5, convenablement placée. Avec un derrick, le débarquement immédiat serait facile pendant l'été de l'hémisphère Nord. Quelques-unes des petites collines rocheuses actuelles, qui s'élèvent sur une base incertaine de roches, exigeraient un travail considérable pour y tailler la plate-forme de 6 à 9 mètres, de dimension suffisante à l'établissement des fondations; si on entreprenait ce travail, on gagnerait un accroissement d'élévation de 6 à 9 mètres; mais la dépense serait trop grande pour le résultat obtenu.

La roche de serpentine dont les îlots sont composés n'est pas bonne pour bâtir, quand même le prix du travail à une telle distance permettrait de l'employer.

On ne peut pas se procurer d'eau douce, quoique pendant la saison des calmes la pluie tombe probablement en quantité suffisante; mais les nuages de poussière d'eau produits par la mer, qui bat constamment la côte du vent, rendraient l'eau saumâtre.

On peut avoir d'excellent poisson en abondance, et, pendant la saison de la ponte des oiseaux de mer, un approvisionnement d'œufs illimité.

Il n'y a pas d'endroit où mouiller devant l'île pendant l'alizé du S. E.; cependant un navire pourra étaler facilement et sûrement avec une aussière amarrée de chaque côté de l'entrée de la baie.

En quittant les rochers Saint-Paul, on fit une ligne de sondes dans la direction de Fernando de Noronha, où je mouillai le 1^{er} septembre. Je demandai au commandant l'autorisation de faire le plan des environs de l'île et d'explorer l'intérieur au point de

vue géologique et botanique, autorisation qui me fut accordée puis retournée.

Comme il n'y avait rien à faire à Fernando Noronha, j'appareillai le 3 septembre et sondai dans le S. O. Le fond, à plus de 19 milles de la terre, où nous trouvâmes 1,554 mètres, était très-rocailleux; en dehors il y avait une profondeur de 3,932 mètres vase molle, prouvant qu'il existe un chenal profond entre cette île et les Rocas.

Devant la côte du Brésil, un vent du Sud et un courant portant sous le vent m'obligèrent à employer la vapeur jusque par 8° Sud; ensuite nous pûmes faire route le long de terre, et j'arrivai à Bahia le 14 septembre.

J'appellerai l'attention sur le banc qui s'étend à 260 milles à l'Est des rochers Saint-Paul. Examiné en tenant compte de la température de l'eau avoisinante, il semblerait appartenir, sinon à un banc continu, au moins à une chaîne de bancs avec moins de 3,658 mètres d'eau dessus, et s'étendant du « Dolphin Rise » probablement jusqu'à l'Ascension et à Sainte-Hélène. S'il existait quelque fosse plus profonde dans cette partie, je ne vois pas de raison pour que l'eau froide du fond, après avoir passé au Nord de l'équateur, ne se fraye pas un chemin vers l'Est.

Afin de déterminer les conditions du courant de surface, un canot a été fréquemment amarré sur la corde de la drague avant de la haler; dans chaque occasion, la direction et la vitesse du courant ont concordé assez bien avec celles qu'on obtenait par la différence entre la position observée du navire et sa position estimée.

En deux occasions on observa le courant inférieur en filant une drague de courant à différentes profondeurs. Chaque fois la couche d'eau immobile, ou presque immobile, fut rencontrée à une profondeur de 137 mètres, et la vitesse de mouvement diminuait graduellement à mesure que la profondeur augmentait.

REMARQUES SUR LA TEMPÉRATURE DE L'EAU DANS L'ATLANTIQUE NORD ENTRE L'ÉQUATEUR ET LE 40° DEGRÉ DE LATITUDE.

Les observations ont été obtenues en prenant des séries de sondes de température à chaque 183 mètres, jusqu'à 2,743 mètres, et au fond. Au-dessous de 2,743 mètres, la température baisse graduellement, ou, s'il y a quelque perturbation, nos thermomètres, protégés comme ils le sont contre la pression, ne peuvent la signaler. Actuellement nous pouvons supposer que l'eau à l'équateur, dans l'Est des rochers de Saint-Paul, se refroidissant aussi graduellement qu'on descend, conserve à toutes les profondeurs sa température normale, sans perturbations produites par des courants, excepté immédiatement à la surface; et que tout écart de cette régularité est produit par quelque mouvement des eaux, lent ou rapide.

À l'équateur, la diminution de température à mesure que la profondeur augmente est tellement rapide qu'à 110 mètres de la surface elle est 11°,39, la même qu'à Madère à la même profondeur.

À la profondeur de 274 mètres, la température est 10°, la même que celle du golfe de Gascogne, et de 15°,56 inférieure à celle de la surface.

Au-dessous de la couche d'eau immédiatement influencée par la chaleur solaire, qui, d'après ces observations, serait seulement de 110 à 146 mètres, toute l'eau à l'équateur à profondeur égale est plus froide que l'eau de l'Atlantique Nord, aussi Nord que le 40° degré de latitude.

La seule exception à ceci est aux Bermudes, où, entre 1,554 et 2,743 mètres, la température est légèrement plus froide; ce qui est probablement causé par le courant du Labrador, et c'est le seul cas où nous puissions signaler la présence de l'eau Arctique.

La température moyenne des premiers 2,743 mètres d'eau dans l'Atlantique Nord est de 2°,5 plus chaude que celle qu'on trouve à l'équateur, concordant avec la différence de température accusée entre les hémisphères Nord et Sud.

La température de l'eau du fond à toutes les stations entre les Bermudes et l'équateur, sur le côté Est de l'Atlantique, passant les Açores et les îles du Cap-Vert, est remarquablement uniforme à 1°,78. Au N. E. de cette ligne courbe, dans le golfe de Gascogne, la température au fond est de 0°,56 plus chaude; dans le S. O. de

la ligne, elle est de 0°,28 plus froide. Plus au Sud encore, à l'équateur, sur le côté Est de l'Atlantique, la température du fond est de 0°,22 ou de 1°,56 plus froide.

Comme à l'équateur il y a de l'eau à la température de 0°,22, et de l'eau plus chaude à toutes les stations au Nord, ceci prouve certainement que l'eau froide au fond de l'Atlantique jusqu'aux Açores et dans le golfe de Gascogne, ainsi qu'à l'équateur, provient d'une source Antarctique et non d'une source Arctique; car, si à l'équateur l'eau venant du Sud conserve sa température froide à un si haut degré, l'eau au fond de l'Atlantique Nord, si elle était fournie par l'océan Arctique, qui est plus près, devrait être au moins aussi froide; mais la température de la couche la plus basse augmente décidément à mesure que l'on va dans le Nord, et sépare complètement l'eau Arctique, trouvée par le *Porcupine* au fond du chenal Feroë, de celle que nous avons découverte à l'équateur.

Sur le côté Ouest de l'Atlantique, à toutes les stations au Sud des lignes des Bermudes aux Açores, l'eau du fond est plus froide que celle du côté Est, montrant que le courant froid Antarctique entre dans l'océan Atlantique Nord et se dirige au N. O. vers les chenaux entre les rochers de Saint-Paul et la côte du Brésil, et s'épuise graduellement à mesure qu'il tourne au N. E., de la même manière que le courant chaud équatorial le fait à la surface, ce courant étant considéré comme renfermant le Gulf-Stream, qu'il aide indubitablement à produire.

Ce courant froid entrant dans l'Atlantique Nord se trouve entre 3,109 mètres et le fond, avec une épaisseur totale de 1,280 mètres.

En comparant les températures de l'eau aux différentes profondeurs à plusieurs stations avec celles qu'on a trouvées à l'équateur, le changement est très-marqué et facile à reconnaître. Le plus grand changement, la plus grande perturbation observée à Sombrero (Indes occidentales), est un accroissement de chaleur de 7°,78 à 8°,33 à une profondeur de 183 à 457 mètres.

Aux Bermudes, l'élévation maximum est de 10°,56, mais à la profondeur plus grande de 457 à 640 mètres. Aux Açores, l'accroissement est seulement de 5°,56, à une profondeur semblable. À Madère, l'accroissement est aussi de 5°,56, mais à la profondeur plus grande de 549 à 1,188 mètres. Même dans le golfe de Gascogne, l'augmentation est de 4°,44 à une profondeur de 549 à 914 mètres.

Ainsi, l'élévation de la température de la masse d'eau, à Sombrero, et ensuite à toutes les stations dans l'Atlantique Nord, permet de tracer la chaleur qui engendre le courant équatorial et le courant alizé N. E., lesquels charrient continuellement une masse d'eau chauffée vers la mer des Antilles; mais on la trouve plus promptement en suivant l'élargissement d'environ 16°,67 des isothermes entre l'Amérique et les Açores, où elles forment un immense réservoir d'eau chauffée d'une épaisseur de 300 mètres et d'au moins 2,000,000 de milles carrés d'étendue. Ce changement de température, cette perturbation est plus grande et plus proche de la surface au côté Ouest de l'Atlantique, le point le plus rapproché de la source du courant, que du côté de l'Est, où il s'épuise lui-même lentement mais graduellement, s'enfonçant quand il expire.

Le plus remarquable abaissement rapide de température dû à la profondeur fut trouvé à une station à 180 milles au Sud des îles du Cap-Vert, à la limite Sud de l'alizé, la température à 91 mètres étant de 12°,33, tandis qu'à la surface elle était de 25°,56, un abaissement de 13°,23.

Quand le courant équatorial avait à la surface une vitesse de $\frac{7.5}{100}$ de mille à l'Ouest par heure, sa vitesse n'était que de $\frac{4.0}{100}$ à la profondeur de 91 mètres, et à 137 mètres il n'y avait plus de courant.

Simon's Bay, 15 décembre 1875. — Je quittai Bahia le 25 septembre, et me dirigeai au Sud le 30 septembre; nous sondâmes devant le banc des Abrolhos par 3,932 mètres.

Le 3 octobre, nous sondâmes avec filet de traîne par 4,298 mètres. En halant le filet, la tension était beaucoup plus grande que d'habitude, et il fallut beaucoup de soin et de patience pour l'amener à la surface, mais avant que le palan pour le hisser hors de l'eau pût être croché, le tourniquet employé pour enrouler la corde fut emporté, et le filet et son contenu furent perdus.

On sonde et on dragua les 6, 10, 11 et 14 octobre par des fonds de 4,161 à 3,475 mètres. Le dernier jour nous étions à 50 milles au Nord de Tristan d'Acunha, son unique pic étant distinctement visible.

Entre Tristan d'Acunha et le cap de Bonne-Espérance, les quatre sondes faites les 20, 23, 25 et 27 octobre prouvent l'existence d'un chenal plus profond de ce côté de l'Atlantique Sud que celui que nous avons trouvé du côté Ouest; mais les observations de température du fond indiqueraient qu'un chenal plus profond contenant de l'eau plus froide doit exister quelque part; nous n'avons pas réussi à le trouver.

Les séries de températures obtenues entre la côte du Brésil et l'Afrique Sud varient moins que celles qu'on a obtenues dans le bassin de l'Atlantique Nord. Quoique l'eau soit beaucoup plus froide que dans les mers du Nord, elle est, fait étrange, plus chaude qu'à l'équateur dans l'Ouest des rochers Saint-Paul. Je ne peux pas douter de l'exactitude des observations à l'équateur, les thermomètres employés ayant été bien contrôlés et concordant bien ensemble; mais, pour enlever tous les doutes, nous donnerons les détails suivants :

Le 30 août, sur l'équateur et par 32° 20' O., à 4,111 mètres, un thermomètre indiqua une température de 0°,89; comme elle était de 0°,84 plus basse que ce que nous avons enregistré avant, on considéra sur le moment l'observation comme douteuse. Le jour suivant, pour la vérifier, on employa trois thermomètres à une profondeur de 366 mètres plus grande; la moyenne des trois lectures était 0°,22, le maximum 0°,23, et le plus grand écart des trois instruments était de 0°,22. Le jour suivant, 1^{er} septembre, un seul thermomètre, mais bon et essayé, enregistra encore 0°,50 à la profondeur moindre que 4,020 mètres, et le 4 septembre, le cap Saint-Roque restant au S. 72° O. 90 milles, deux thermomètres enregistrèrent 0°,70 à la profondeur de 4,161 mètres. La largeur du cours d'eau froide étant ainsi égale à 500 milles.

L'eau la plus froide rencontrée dans la section de l'Atlantique Sud était près de la côte d'Amérique; le 30 septembre, à 3,932 mètres, sa température était de 0°,62; ceci concordait très-bien avec les observations obtenues les 1^{er} et 4 septembre près de la côte plus au Nord.

Le 3 octobre, à 4,298 mètres de profondeur, la température que nous croyions devoir être plus froide, était de 0°,78; c'est-à-dire que, malgré une plus grande profondeur, l'eau était légèrement plus chaude. Mais entre les deux stations il y a une distance de 350 milles, que nos observations à l'équateur prouvent devoir être presque suffisantes pour contenir un courant alimentaire froid portant au Nord.

La température du fond à Tristan d'Acunha, à mi-distance entre l'Amérique et l'Afrique Sud, est de 0°,56 plus élevée que celle qu'on trouve de chaque côté plus près de terre. Comme l'eau se mouvant d'une haute latitude vers l'équateur pourrait avoir une tendance à couler à l'Ouest, et en se heurtant contre la côte orientale à se diriger au Nord près d'elle, je chercherai dans le voisinage de la côte Sud d'Amérique le courant froid allant au Nord, qui existe indubitablement, là plutôt qu'ailleurs. Il peut aussi exister de plus grands fonds que ceux que nous avons découverts, l'expérience montrant que près des continents les fonds sont habituellement plus grands qu'au milieu de l'Océan.

Le 27 octobre, étant à 130 milles du cap de Bonne-Espérance, on trouva la température basse de 0°,50 à une profondeur de 4,250 mètres, ce qui indique qu'un courant froid court au Nord le long de la côte Ouest d'Afrique, probablement une branche du courant que l'on peut regarder comme allant au Nord sur le côté Est.

Si l'on admet que l'eau à l'équateur, dans l'Ouest des rochers de Saint-Paul, et au-dessous de 183 mètres, est la moins exposée aux perturbations, et, par suite, la plus appropriée pour servir de point de comparaison, on trouve qu'entre 91 et 732 mètres, à chacune des stations entre la côte du Brésil et Tristan d'Acunha, l'eau est plus chaude qu'à l'équateur. Ceci doit être produit par la branche brésilienne du courant équatorial, qui se courbe vers le Sud, et par la partie Sud du courant de l'alizé S. E. qui accumule l'eau chauffée dans cette partie de la mer. A l'Est de Tristan d'Acunha la différence diminue graduellement, jusqu'à 300 milles

à l'Ouest du cap de Bonne-Espérance, où l'eau est plus froide à toutes les profondeurs depuis la surface jusqu'à 2,743 mètres, ensuite elle reste presque la même jusqu'au près du fond, où elle est de 0°,28 plus chaude qu'à l'équateur.

On trouva la première indication du courant chaud de surface des Aiguilles à 380 milles dans l'Ouest du Cap, où la température de l'eau était de 15°,56, soit 2°,22 de plus que ce qu'on avait enregistré les jours précédents ou qu'on enregistra les jours suivants. La différence entre les observations et l'estime donnait alors 25 milles de courant Nord par jour, probablement en partie dû aux forts vents de Sud régnants.

On n'entra dans la branche actuelle ou portant au Nord du courant à l'Ouest du Cap qu'à 21 milles seulement de terre, et par des petits fonds, alors que la température de l'eau s'éleva de 14°,44 à 16°,68. 5 milles plus près de terre, les séries de températures montrèrent que l'eau était influencée à la profondeur de 164 mètres, la température ayant monté de 1°,95.

Il serait nécessaire de faire une grande quantité d'observations pour connaître la cause qui arrête brusquement le courant des Aiguilles et lui fait faire un détournement. Nos observations indiquent que les eaux du courant de dérive de l'Atlantique Sud, qui est large et comparativement lent, et qui porte constamment à l'Est, poussées par les vents réguliers de l'Ouest, viennent s'accumuler contre la côte Ouest d'Afrique, où elles élèvent suffisamment le niveau de la mer pour empêcher le courant des Aiguilles de continuer sa route au Nord, en l'absorbant ou en le détournant presque complètement; une très-petite portion de courant passe dans le Nord en contournant le Cap dans la saison des vents de Sud; elle se mêle avec l'eau plus froide du courant de surface, dont une partie se dirige au Nord, quand il rencontre la côte d'Afrique et le courant des Aiguilles. On doit naturellement s'attendre à de grandes variations de température, quand deux courants de nature si opposée se rencontrent et se mêlent. Il est bien connu au Cap que le courant chaud s'étend rarement au Nord jusqu'à la baie de la Table, où l'eau est toujours beaucoup plus froide qu'à Simon's Bay.

Pendant notre séjour, le vent souffla presque continuellement du S. E. et la température de la mer à Simon's Bay était de 16°,67 à 17°,78, la même que nous avons trouvée à l'extérieur près de terre; par suite, l'eau provenait de la même source. Mais, par un coup de vent de N. O., cette eau chaude fut chassée de Simon's Bay et remplacée en six heures environ par de l'eau à la température de 10°,56; et ceci s'applique non-seulement à l'eau de surface, mais encore à celle de 16^m4 de profondeur, dans laquelle le navire était mouillé, et dont on prit la température. Le courant contourne habituellement la baie, du cap des Aiguilles au cap Point; en cette occasion, pendant que l'eau se refroidissait graduellement, le courant contourna la baie dans la direction opposée, ou du cap Point vers le cap des Aiguilles.

On peut conclure de ce fait que, pendant les coups de vents de N. O., la pression du vent est suffisante pour refouler la branche étroite ou angle du courant des Aiguilles, qui dans les autres moments passe à toucher le cap, dans le Sud. Aussitôt que la pression du vent de N. O. cessa, la température de l'eau dans Simon's Bay augmenta graduellement, indiquant le retour du courant chaud des Aiguilles. Il est remarquable que la température de 10°,56 trouvée à l'eau de surface dans Simon's Bay pendant le coup de vent de N. O. était plus faible que celle trouvée à toute autre station dans l'Ouest pendant notre traversée, excepté à une profondeur de 91 mètres, la plus basse température à la surface ayant été 12°,22. Immédiatement avant notre arrivée, il y avait eu un peu de vent de Sud; après il souffla avec une grande régularité pendant quinze jours, et s'il s'étendait à quelque distance au S. O. du cap, on pourrait naturellement s'attendre à avoir de l'eau plus froide.

A.H. 1875 — Cinquième expédition suédoise au Pôle Nord, sous les ordres du Professeur Nordenskiöld - 1872-1873.

Le but de cette expédition, son armement et sa marche pendant les trois premiers mois ont été déjà brièvement rapportés dans les *Annales hydrographiques* ⁽¹⁾. Après l'automne de 1872, on ne reçut pas de ses nouvelles pendant près de neuf mois, et on commençait à éprouver des craintes sérieuses pour sa sécurité, lorsque, le 5 juillet 1873, le vapeur de ravitaillement l'*Uncle-Adam* arriva à Tromsø avec des nouvelles excellentes de la santé des membres de l'expédition, moins satisfaisantes au point de vue du succès et très-mauvaises relativement au sort des équipages des bâtiments de pêche norvégiens bloqués au Spitzberg par les glaces du dernier hiver. Quelques jours après, le *Gladan* arrivait au même port avec les rapports officiels des capitaines Palander et Krusenstierna des deux bâtiments de l'expédition, et des lettres du professeur Nordenskiöld pour M. Oscar Dickson, de Göteborg. Voici le contenu de ces documents :

Toutes les tentatives faites pour atteindre l'île Parry (au Nord du Spitzberg, par 80° 40' N.), où on avait d'abord eu l'intention de passer l'hiver, ayant échoué, on choisit pour hiverner la baie Mossel (baie des Moules) ou Half-Moon, par 79° 50' N. Les trois bâtiments, y compris l'*Uncle-Adam*, arrivèrent à ce mouillage le 3 septembre; mais le 6, avant que les deux navires qui devaient retourner en Norvège pussent partir, la baie était bloquée par les glaces flottantes; de sorte que, au lieu de vingt et un hommes, nombre pour lequel on avait fait des provisions d'hiver, il s'en trouvait soixante-sept à nourrir. Les rennes amenés de Norvège pour l'expédition en traîneau, qui devait partir au printemps pour le Nord, s'échappèrent par la négligence des Lapons à qui la garde en était confiée. Néanmoins, on ne se découragea pas; les mesures nécessaires à l'installation des quartiers d'hiver furent promptement décidées; la maison apportée de Göteborg fut débarquée et ses différentes pièces assemblées. L'expédition reçut alors une demande très-inattendue de secours pour cinquante-huit hommes, composant les équipages de six bâtiments de pêche norvégiens, bloqués par les glaces dans le voisinage, à la pointe Grey, et qui avaient à peine assez de vivres pour arriver au commencement de l'année suivante. Le commandant de l'expédition leur répondit que ses soixante-sept hommes étaient déjà à la ration réduite, et les engagea à aller à Ice-Fiord, où on avait construit une maison pour la future colonie suédoise, qui devait y exploiter les champs de phosphate, et où se trouvait un dépôt considérable de farine, de pois, de *grit* ⁽²⁾, de pommes de terre, de viandes et d'autres comestibles. Dix-huit de ces hommes suivirent ce conseil, et le 7 octobre, ils partirent dans leurs embarcations, faisant route au Sud, pour Ice-Fiord; les autres restèrent d'abord sur leurs bâtiments, se proposant d'user de l'offre que leur avait faite le commandant de se réunir à l'expédition, à la condition d'obéir strictement aux règlements qu'il pourrait être forcé d'établir; mais avant qu'ils eussent pris leurs quartiers d'hiver, un coup de vent dégagea deux des bâtiments. Trente-huit hommes partirent le 4 novembre sur ces deux navires; ils arrivèrent dans leur pays après une longue et dangereuse traversée, ayant vainement essayé d'entrer à Ice-Fiord pour prendre leurs compagnons qui s'y trouvaient. Deux Norvégiens, un maître de pêche expérimenté des mers arctiques et son cuisinier, restèrent avec les bâtiments encore bloqués à la pointe Grey; le premier ne voulait pas abandonner son navire, qui n'était pas assuré. Ils furent plus tard trouvés morts dans un canot avec lequel ils paraissaient avoir essayé d'atteindre les quartiers d'hiver des Suédois. Les bâtiments avaient été détruits par les glaces.

Le sort des dix-huit hommes d'Ice-Fiord a été raconté par le *Dagbladet*, de Christiania, d'après le journal tenu par ces informés, depuis le 7 octobre 1872 jusqu'au 19 avril 1873. Ce journal avait été recueilli par un maître de pêche norvégien, qui trouva leurs cadavres. L'absence de discipline et leur incapacité à utiliser

convenablement les ressources qu'ils avaient à leur disposition semblent avoir été les causes principales de leur malheureux sort. D'après ce journal, il n'est fait mention d'aucun travail ou exercice corporel, et on n'en a trouvé aucune trace dans leurs quartiers d'hiver. Ils n'avaient pas utilisé les commodités qu'offrait la maison; au lieu de se diviser en deux ou trois chambrées, tous ces hommes s'étaient réunis dans une seule pièce, qui paraissait être d'une grande malpropreté. Ils n'avaient consommé qu'une petite quantité de légumes conservés, pommes de terre, etc., tandis qu'ils avaient mangé beaucoup de viande salée, si propre à donner le scorbut. Jamais détachement hivernant dans le Nord n'avait été mieux approvisionné. Ces hommes auraient peut-être suivi un meilleur régime, s'ils n'avaient pas eu tant de choses à leur disposition.

Après avoir quitté la pointe Grey, le 7 octobre, ils arrivèrent au bout de sept jours à l'établissement suédois d'Ice-Fiord, ayant enduré toutes les souffrances auxquelles ils étaient exposés dans leurs embarcations. Ils ne firent que deux excursions de chasse, où ils tuèrent deux ours blancs, deux renards et plusieurs rennes. On lit dans leur journal, à la date du 7 novembre : « Les parties de chasse ont cessé, à cause de l'obscurité. » Le thermomètre fut soigneusement noté cinq fois par jour, à 4 heures et à 8 heures du matin, à midi, à 4 heures et à 8 heures du soir. La température minimum (— 19°) du mois d'octobre fut observée le 21. Le thermomètre remonta ensuite constamment jusqu'au 31, où il marquait 0°. La température resta élevée pendant les premiers jours de novembre; le 8, à midi, on notait + 2°. À partir de ce moment, le thermomètre descendit constamment jusqu'au 16 au matin, jour le plus froid du mois; il marquait alors — 22°. Le 22, on eut — 2°. En décembre, la température fut encore plus variable; le minimum (— 22°) eut lieu le 19, le maximum (— 4°) le 5, à 5 heures du soir. Du 2 au 5 janvier, les journées furent douces, mais le 12, le thermomètre descendit à — 31°. Il monta de nouveau dans la seconde quinzaine du mois; il resta à 0° depuis le 21 au soir jusqu'au 22 à midi. Février eut aussi des journées douces, — 1° le 2 et le 3. Au milieu du mois, le 14, à 4 heures du soir, fut notée la plus basse température de tout l'hiver, — 32°. Les observations cessent d'être inscrites le 3 mars.

Bien que le journal ne mentionne pas le genre de maladie qui causa la mort de ces pauvres gens, il est bien évident que ce fut le scorbut, cet épouvantable fléau. La première mention de maladie est du 9 décembre, date à partir de laquelle le journal répète uniformément : « Aucune amélioration dans la santé. » Le dimanche 2 février, il ne restait plus que trois hommes valides; deux pêcheurs avaient déjà succombé. Le 20 du même mois, on lit dans le journal : « Aujourd'hui nous avons vu le soleil pour la première fois en 1873. » À partir du 23 février, le journal est écrit par une autre main; un troisième homme était mort. Le 25, il ne restait plus qu'un seul homme bien portant. Le vendredi 28, dans la soirée, on enregistre une nouvelle mort. À partir de cette date, le journal ne contient plus que l'indication des décès; le dernier eut lieu le 19 avril. Le sort de ces hommes est d'autant plus horrible qu'ils succombèrent évidemment sans chercher à lutter contre l'influence énervante de l'oisiveté et de l'obscurité, tandis que, dans leur pays, on faisait, mais en vain, les plus grands efforts pour les secourir.

Très-différent de ce lugubre tableau est celui que présentent les quartiers d'hiver suédois dans la baie Mossel. Les officiers y maintinrent leurs hommes dans une activité constante en les obligeant à un travail forcé qui les préserva du scorbut. Un homme mourut de consommation; un second périt sur la glace; le reste jouit d'une santé parfaite. Un télégramme de Palander et Nordenskiöld, envoyé par l'*Uncle-Adam*, dit : « L'hiver s'est passé très-heureusement. De nombreux rapports contenant des observations scientifiques, d'un intérêt imprévu prouvant l'abondance de la vie animale et végétale dans la mer pendant l'obscurité complète; le résultat de nos recherches sur les aurores boréales, la climatologie, la réfraction, etc., ont été envoyés par le bâtiment. Les tentatives faites pour atteindre un point plus élevé en latitude n'ont pas réussi, par suite d'incidents divers et des énormes glaces trouvées à l'île Phipps, point pour lequel une expédition en traîneau était partie le 14 avril. »

(1) Voir le tome XXXVII, p. 549, et la carte qui l'accompagne.

(2) Gruau d'avoine.

Outre l'expédition mentionnée dans cette dépêche, Nordenskiöld et Palander, avec quatorze hommes, en firent une seconde vers l'Est. Ils contournèrent la terre peu connue du Nord-Est, depuis le cap Platen jusqu'à la pointe Est, d'où ils revinrent par l'intérieur, sur la glace, à la baie Mossel. Ce voyage de soixante jours fut fait par une brume constante ou des tempêtes de neige, et dans l'intérieur sur la glace, fréquemment interrompue par des ravins profonds cachés sous une mince couche de neige qui cédait sous les pieds des voyageurs. Les accidents ne purent être prévenus qu'en faisant la plus grande attention et en maintenant la plus stricte discipline. Palander et deux hommes retournèrent le 14; Nordenskiöld et le reste, le 29 juin, peu avant le départ de l'*Uncle-Adam*. Une tentative pour pousser au Nord, dans une autre direction que l'île Phipps, n'eut pas plus de succès, les vivres ayant manqué. Il n'est pas fait mention de tentatives pour atteindre la terre de Giles (Gillis) ou du Roi-Charles. Le manque de vivres obligea, au mois de juillet, l'expédition à rentrer en Norvège; mais on avait l'intention de pénétrer d'abord, avec le *Polhem*, dans une direction N. O. aussi loin que les glaces le permettaient.

Le rapport du capitaine Palander, commandant du *Polhem*, au ministre de la marine de Suède, daté de la baie Mossel, 15 septembre 1872, est, à l'exception de quelques omissions peu importantes, comme il suit :

«Après vous avoir envoyé mon dernier rapport, daté de Green Harbour (Spitzberg), 4 août 1872, je fis route sur le *Polhem*, avec le *Gladan* à la remorque, vers le Nord, par le Charles-Foreland-Sound. Le 5 août nous traversions, entre deux bancs de sable, sa partie la moins profonde (5 mètres). Dans l'après-midi du même jour, par la latitude de la pointe la plus Nord de Charles-Foreland, je larguai le *Gladan*, après lui avoir assigné d'accord avec le professeur Nordenskiöld, comme lieu de rendez-vous, les Sept-Îles (îles Parry), où nous devons prendre nos quartiers d'hiver. Il devait y débarquer la maison apportée de Göteborg, composée de six pièces, sans compter la cuisine et les magasins pour les vivres. Le *Polhem* devait s'arrêter sur sa route à la plus Sud des îles Norway, devant la côte Nord-Ouest du Spitzberg, pour y régler ses montres, le général Sabine ayant déterminé la position de cette île à un petit observatoire, qu'il y avait fait construire pendant l'été de 1823. J'y arrivai le 7 août, pour repartir le lendemain, après avoir observé de bonnes hauteurs. Dans l'après-midi, je vis le *Gladan* au milieu de glaces éparées, presque en calme; je le pris à la remorque, et je continuai ma route pour les Sept-Îles; je passai d'abord à travers des glaces minces, mais elles devinrent bientôt si épaisses qu'il me fut impossible d'avancer, et je me vis forcé, par 80° 02' N., 10° 59' E., de revenir sur mes pas pour essayer de faire route le long de la côte. J'y réussis d'abord, mais après avoir atteint, le 9, la baie Welcome, notre marche fut de nouveau arrêtée par les glaces. Les pêcheurs norvégiens que je rencontrai en cet endroit, et qui venaient d'être bloqués pendant trois semaines dans la baie Liefde, m'affirmèrent qu'il était impossible d'aller plus au Nord ou à l'Est. Je me décidai alors à mettre le cap au Sud pour attendre des conditions plus favorables et le vapeur l'*Uncle-Adam*, qui nous apportait des rennes, de la mousse pour les nourrir et du charbon. Dans la soirée du même jour, je mouillai à Fair-Haven, au Sud des îles Norway.

«L'*Uncle-Adam* y arriva le 13. Pendant notre séjour dans ce port, on fit des dragages zoologiques, de l'hydrographie et d'autres travaux scientifiques. Le 15, les trois bâtiments appareillèrent et firent route, mais les glaces étaient encore plus impénétrables, et, par 80° N., 11° 07' E., je dus retourner aux îles Norway, où nous mouillâmes dans la soirée du même jour. Les rennes et leur nourriture furent débarqués. Le 18, l'*Uncle-Adam* appareilla pour Ice-Fiord, où il allait prendre le charbon qu'on devait nous envoyer de Tromsø par le vapeur *Mimer*.

«Le 28 août, je fis succès une nouvelle tentative pour m'avancer dans le Nord. Le 1^{er} septembre, voyant d'une montagne que les glaces étaient moins nombreuses, j'essayai de nouveau. Je laissai aux îles Norway un canot du *Gladan* et quatre hommes, sous les ordres du lieutenant Von Holten, pour y attendre l'*Uncle-*

Adam, avec lequel ils devaient nous rejoindre dans un des ports de la côte Nord du Spitzberg. Les vents de Sud ayant fait dériver les glaces vers le Nord, un chenal praticable de 12 à 15 milles de largeur, dans lequel je m'engageai, existait le long de la côte. Dans l'après-midi du 2, nous étions par le travers de la baie Brandywine, sur la Terre du Nord-Est; mais les glaces de 6 mètres à 9 mètres d'épaisseur qui allaient de la côte jusqu'à une distance d'environ 20 milles au large m'empêchèrent de continuer. Par 80° 14' N. et 15° 27' E., je dus revenir sur mes pas et gouverner sur l'extrémité S. O. de la pointe Shoal, après laquelle j'espérais trouver un bon mouillage pour le *Polhem*, dans la baie Murchison, qui avait été choisie en second lieu pour y établir nos quartiers d'hiver. Mais les glaces extraordinairement épaisses que je rencontrai m'empêchèrent de l'atteindre, et je me dirigeai sur la baie Mossel, située sur le côté Est de l'entrée de la baie Wijde; nous y mouillâmes dans la matinée du 3 septembre, et il fut décidé qu'on y passerait l'hiver.

«L'endroit qui fut choisi est un îlot situé sur le côté Est de la partie intérieure de la baie Mossel, par 79° 53' N. et 13° 55' E., d'après le résultat de mes propres observations. L'îlot et quelques petites roches forment un port convenable pour les bâtiments d'un faible tirant d'eau; il y a 3^m,50 à marée basse, fond de sable fin.

«On débarqua une partie des vivres, la maison, les trois observatoires et le charbon apporté par l'*Uncle-Adam*. Deux des observatoires sont installés, les observations magnétiques et météorologiques commencées; elles seront faites d'heure en heure pendant toute la durée de notre séjour au Spitzberg.

«Au commencement d'octobre, avant que les nouvelles glaces se forment, pendant que la mer est dégagée des anciennes, au milieu des coups de vent de l'automne, qui sont généralement fréquents à cette époque, le professeur Nordenskiöld désire que j'aille avec le *Polhem* à l'île Whale, dans la baie Murchison, et aux îles Parry, établir des dépôts de vivres et de mousse de rennes pour les expéditions en traîneau du printemps prochain. Nous essayerons en même temps d'avancer le plus possible dans le Nord, et puis nous reviendrons à la baie Mossel pour y passer l'hiver. Nous nous proposons de faire deux expéditions en traîneau pendant le printemps : une dans l'Est, à la terre de Gillis, pour laquelle servira le dépôt de vivres fait sur l'île Whale; l'autre aux îles Parry, puis directement au Nord, aussi près du pôle que possible. Elles partiront toutes les deux en même temps, ou bien celle de l'Est la première et puis celle du Nord.

«Trois canots ont été construits dans ce but à Copenhague; le plus grand pèse environ 159 kilogrammes, le plus petit 59. Ils seront placés sur des traîneaux bas et légers, tirés par les hommes, et contiendront les vivres, les vêtements de rechange, les tentes, les sacs pour dormir, une cuisine photogène, les armes et les médicaments. Les trente-trois rennes qui sont actuellement à terre ne doivent pas tirer les canots-traîneaux, mais des traîneaux plus petits, chargés de leur propre nourriture. On les tuera pour avoir de la viande fraîche. L'expédition du Nord se composera de huit à dix personnes, avec 90 jours de vivres, rennes compris.

«Pendant tout le séjour du *Polhem* dans les eaux du Spitzberg, à l'exception des quelques jours passés dans la baie Mossel, le temps a été, contrairement à toutes les observations antérieures, très-mauvais, le ciel presque constamment couvert. On a rencontré une quantité extraordinaire de glaces flottantes qui ont empêché la marche de l'expédition vers le Nord.

«La plus haute température observée ces jours derniers a été de + 8°; la plus basse, le 11 septembre, — 8°.

«L'état de la santé à bord est actuellement (15 septembre) très-satisfaisant. C'est un devoir très-agréable pour moi d'avoir à constater que tout le monde s'est admirablement conduit; chacun de nous montre le plus vif intérêt pour le succès de l'entreprise dans laquelle nous avons aventuré notre vie.»

**A.H. 1876 — Expédition austro-hongroise au Pôle Nord 1872-1874 par Julius Payer.
Position 79° 51' Nord, 56° 36' Est.**

Pendant l'hiver de 1873-1874, il tombe beaucoup plus de neige que dans le précédent, et les tourmentes de neige amenées par les vents du Nord durent plusieurs jours. Au plus fort de la nuit polaire, il nous est à peine possible de distinguer le jour de la nuit, et nous restons pendant des semaines plongés dans une obscurité profonde. La Noël est célébrée dans une maison de neige construite sur notre banquise. En janvier, le froid devient de nouveau excessivement rigoureux et le mercure reste gelé pendant plus d'une semaine. La neige devient aussi dure que de la pierre ponce et sa surface est granuleuse. Sous la tente, le pétrole gèle dans les lampes et celles-ci sont cassées; notre cognac lui-même est changé en une masse solide.

Les visites des ours blancs sont aussi fréquentes que si nous étions dans une autre saison; ils viennent près du navire et on les tue du pont par des décharges régulières. Ces ours sont bien moins féroces que ceux que nous avions rencontrés sur la côte Est du Groënland, où il n'était pas rare de les voir nous attaquer, et où, dans une occasion, ils emportèrent un homme de l'équipage hors du navire; ici, généralement, ils prennent la fuite à notre aspect. Quant à la question de savoir si les ours passent ou non la saison d'hiver dans un état de somnolence, nous avons remarqué qu'il n'y avait pas une seule femelle dans le grand nombre de ceux que nous avons tués pendant deux hivers; et pendant notre seconde expédition en traîneaux du printemps de 1874, nous avons découvert, dans un cône de neige au pied d'une falaise, une caverne d'hiver en forme de tunnel, qui était habitée par une femelle et ses petits. Dans nos rencontres avec les ours, nous avons trouvé en général plus avantageux de ne tirer que lorsqu'ils s'étaient approchés à moins de 50 à 80 pas.

Une partie de la chair des 67 ours blancs que nous tuons, pesant ensemble 12,000 livres environ, est le remède le plus efficace contre le scorbut, dont plusieurs de nos hommes sont de nouveau atteints.

Dès notre retour au navire, le 16 mars, nous commençons nos préparatifs pour une seconde expédition en traîneaux, qui doit durer 30 jours, et qui doit être employée à faire une exploration de la terre dans le Nord. Peu de temps après, un de nos compagnons, M. Krisch, l'ingénieur, succombe à une longue affection tuberculeuse des poumons, compliquée de scorbut. Le 19, nous l'enterrons dans un endroit isolé, entouré de colonnes basaltiques, et nous plantons une croix de bois sur sa tombe.

Le 24 mars, nous partons pour le Nord. Notre expédition est composée de M. Orel, des deux Tyroliens, de trois marins (Zaninovich, Sussich et Lukinovich) et de moi. Nous portons tous des lunettes à neige, des ceillères, des masques couvrant la moitié du visage, des gants tricotés en laine, et des bottes de toile à voile. Nous sommes armés de carabines Lefauchaux à deux coups, du calibre de 12 millimètres, lançant des balles explosibles et des projectiles d'acier. En préparant notre équipement, nous suivons entièrement les conseils de l'amiral sir Léopold McClintock, et c'est à eux qu'est dû en grande partie le succès de notre entreprise.

A.H. 1882 — Extrait du rapport de R. Hammer, lieutenant de la Marine royale du Danemark, envoyé à Jacobshavn (Groenland occidental) par la commission pour les explorations géographiques et géologiques au Groenland.

Il faisait à cette époque très froid; en général, on avait — 30° C., et même un jour — 40°. Avec une tempête de S. E., la température s'éleva d'une vingtaine de degrés, mais le vent était si violent qu'il rendait toute circulation impossible. C'est donc

seulement le 11 mars que l'expédition put faire une excursion assez longue pour nécessiter un campement en plein air. Cette expédition fut entreprise avec deux traîneaux attelés chacun de huit chiens. On emportait aussi deux tentes, les instruments nécessaires, des *soveposer* (sac servant de lit), une lampe groënlandaise avec l'huile nécessaire, une marmite, une assiette, une tasse, une carabine et des provisions pour les hommes et les chiens. La tente était faite de grosse toile à voile avec un fond verni. On mettait d'abord un tapis en caoutchouc par terre, ensuite quelques peaux de chiens et par-dessus les *soveposer* qui, de préférence, doivent être faits de peaux de chiens et doublés de couvertures de laine. La lampe que l'on avait placée au fond de la tente était allumée jour et nuit, servant tout à la fois de fourneau et de poêle. Avec cette lampe, on n'arrivait qu'à une température de — 14° C. au lieu de — 30°, mais on ne ressentait pas le froid une fois entré dans les *soveposer*.

A.H. 1893 — Mission aux îles de Kerguelen, St-Paul et Amsterdam. Rapport du C.F. Lieutard, commandant l'avisio l'«Euré».

Île Amsterdam.

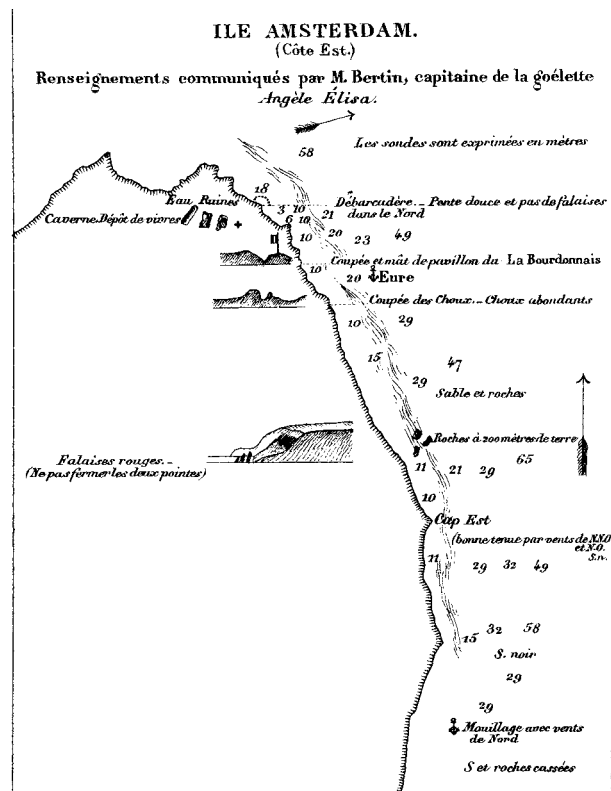
Renseignements pour les naufragés.

Descendez aux *Choux* ou au *Débarcadère*; allez à l'un des mâts de pavillon; de là, vous apercevrez la croix; de la croix orientez-vous suivant la direction de ses bras; vous verrez sur votre route deux ruines en pierres sèches; continuez, et vous aurez sous vos pieds une caverne de 50 mètres de long effondrée par le milieu. Cherchez l'entrée par le côté de la mer et vous aurez un bon abri; des cabanes laissées par les pêcheurs et du bois sec sont dans le fond de la caverne; vous trouverez: choux, céleris, brèdes, une marmite, ce qui est suffisant pour permettre d'attendre le beau temps. Le poisson est abondant au débarcadère, ainsi que les homards. Sur la pointe, jusqu'aux *Choux*, il y a des arbustes de 4 mètres à 6 mètres qui flambent verts.

Si vous avez des fusils et des munitions, allez au S. O. de l'île où vous trouverez les troupeaux; les taureaux viendront sur vous, mais tirez hardiment en visant bien, car si vous manquez, le troupeau prendrait la fuite et vous le rejoindriez difficilement.

Les lapins ne sont encore qu'en petit nombre. Beaucoup de loups marins; évitez de leur fermer la retraite, car ils font une vilaine blessure; les étourdir d'un coup de bâton sur le nez et les tuer ensuite; leur chair est bonne, mais meilleure fumée.

NOTA. C'est dans la grotte dont il est question ci-dessus qu'a été établi par le Gouvernement français le dépôt de vivres et vêtements pour les naufragés.



APERÇU SUR LE PERSONNEL DU SERVICE HYDROGRAPHIQUE ET OCÉANOGRAPHIQUE DE LA MARINE SES FONCTIONS, SON RECRUTEMENT, SA FORMATION

François MILARD

Ingénieur général de l'armement (hydrographe)

Directeur du service hydrographique et océanographique de la marine

INTRODUCTION

L'historique des ingénieurs hydrographes a déjà fait l'objet de plusieurs articles, en particulier dans les annales hydrographiques [Rollet de L'Isle, 1950]. Il faut dire que l'histoire du service se confond pratiquement, pendant tout le début du 19^e siècle, avec celle des ingénieurs hydrographes. Ceux-ci, à la suite de Beautemps-Beaupré, réalisaient en effet eux-mêmes l'essentiel des travaux, aussi bien à la mer qu'en rédaction à terre.

Il n'en est évidemment plus de même aujourd'hui. D'une part, l'augmentation du niveau général d'instruction fait que de nombreuses catégories de personnel exercent des responsabilités qui incombant autrefois aux seuls ingénieurs. D'autre part, le développement des techniques a entraîné une

augmentation considérable du nombre de métiers pratiqués au sein du service.

Comment cette évolution s'est-elle réalisée ? A quel rythme ?

Quels sont les métiers exercés au service hydrographique et océanographique de la marine, hier et aujourd'hui, les effectifs et les statuts de son personnel ?

Comment ce dernier est-il recruté et formé ?

Le présent article tente d'apporter quelques éléments de réponse à ces questions, mais une étude plus approfondie du sujet mériterait d'être faite, car il subsiste bien des lacunes dans la connaissance de l'histoire du personnel du service.

LES ATTRIBUTIONS ET L'ORGANISATION DU SERVICE

Avant d'aborder la description des fonctions et des statuts du personnel du SHOM, il convient de « planter le décor ».

L'institution

Depuis sa création en 1720, le dépôt avait pour objectif essentiel de publier les meilleures cartes possibles à partir des informations reçues des bâtiments de la marine, mais les ingénieurs-dessinateurs, chargés de compiler les données et de dresser les cartes, ne participaient pas en principe aux travaux sur le terrain.

Tout change au cours des premières années du 19^e siècle, lorsque les ingénieurs du *dépôt des cartes, plans, chartes et archives de la marine* se mirent à participer systématiquement aux levés à la mer et sur le terrain, puis à diriger ces travaux, selon les principes mis en œuvre par Beautemps-Beaupré et sous la propre impulsion de ce dernier.

L'ordonnance royale du 6 juin 1814, créant officiellement le corps des ingénieurs hydrographes de la marine, confirme le changement intervenu depuis 1800, puisqu'il est stipulé dans l'article 3 que « le corps des ingénieurs hydrographes destiné à la levée (sic) et à la construction des cartes marines, est attaché à cet établissement [le dépôt de la marine]... ».

Cette double attribution de levé hydrographique et de publication cartographique sera confirmée par tous les textes successifs destinés à organiser, soit le corps des ingénieurs hydrographes, soit le dépôt lui-même qui deviendra le service hydrographique (SH), puis le service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM).

L'organisation du service va rester globalement stable dans son principe jusqu'en 1971. Elle est basée sur un organisme central, situé à Paris auprès du ministre de la marine et du chef d'état-major de la marine, chargé de diriger et de réaliser toutes les fonctions nécessaires pour élaborer et diffuser les documents nautiques et notamment cartographiques. En matière de levés à la mer, ce service central dispose de la compétence pour rédiger les instructions techniques et pour assurer l'encadrement technique des travaux, mais les missions hydrographiques restent des éléments relevant des forces maritimes ; elles sont animées par les ingénieurs hydrographes qui y sont affectés, en alternance avec des séjours à Paris pour rédiger et exploiter leurs levés.

L'année 1971 marque un tournant : outre la reconnaissance par décret de la vocation du service à traiter de l'océanographie militaire, l'arrêté n° 9 du 1^{er} juin effectue une réorganisation fondamentale du service en distinguant un « organe de direction » et des « organes d'exécution » (établissements et missions).

Cette organisation aboutit à la création de l'établissement principal du service hydrographique et océanographique de la marine (EPSHOM) à Brest - seul et unique établissement du service, par ailleurs - organisme extérieur physiquement séparé de la direction, demeurée à Paris au sein de l'administration centrale.

Les missions hydro-océanographiques conservent quant à elles une organisation originale qui les fait dépendre à la fois du SHOM sur le plan fonctionnel et des autorités maritimes locales sur le plan organique.

Particularités de l'institution

L'histoire du dépôt, puis du SH et du SHOM, est riche en développements et en réorganisations, parfois fondamentales, fréquemment conjoncturelles, décidées pour répondre à des contraintes bien souvent sans relations avec les besoins du service. Les exemples ci-après illustrent quelques particularités.

L'appellation du service

À sa création en 1720, le service était désigné sous le nom de « *dépôt général des cartes et plans, journaux et mémoires concernant la navigation* ». L'ordonnance de 1814 nomme le vice-amiral Rosily-Mesros directeur général du « *dépôt des cartes, plans, chartes et archives de la marine et des colonies* ».

Le 1^{er} janvier 1827, les archives non techniques étant soustraites à la responsabilité du service, celui-ci devint tout simplement « *dépôt général des cartes et plans de la marine* » dénomination parfois réduite à celle de « *dépôt de la marine* ». Le décret du 27 octobre 1885 changea l'appellation en « *direction générale des services hydrographiques de la marine* », mais très peu de temps après, le 13 janvier 1886, un nouveau décret modifia l'appellation en « *service hydrographique de la marine* » ; l'organe principal de celui-ci, situé à Paris au sein de l'administration centrale de la marine, était le « *service central hydrographique* ».

Enfin, le décret du 25 mai 1971, encore en vigueur aujourd'hui, créa le « *service hydrographique et océanographique de la marine* », en distinguant un organe de direction, partie de l'administration centrale, et l'EPSHOM, service extérieur, ainsi que les *missions hydrographiques et océanographiques*.

Direction générale du service

Depuis sa fondation en 1720 jusqu'au 13 janvier 1886, le SH demeura placé sous la direction d'un officier général de marine portant le titre d'*inspecteur général* ou de *directeur général* selon les époques, sauf pendant un an (15 septembre 1848 - 7 décembre 1849) durant lequel il fut dirigé par un civil, M. Cazeaux - ancien ingénieur hydrographe - nommé *conservateur du dépôt de la marine*.

L'organisation de 1886 confiait la direction du service, rattaché à l'état-major général de la marine, à l'ingénieur hydrographe en chef, sous l'appellation de *chef du service hydrographique*. Cette organisation ne dura que quatre ans ; elle fut modifiée une nouvelle fois¹ lors de la suppression du conseil d'amirauté, « en raison de la nécessité où se trouvait le ministre de donner des situations à Paris à des amiraux » [Cabart-Danneville, 1907] : de nouveau, le chef du SH était un officier général de marine, placé sous les ordres directs du ministre.

Le décret du 5 avril 1902 rattacha de nouveau le SH à l'état-major général de la marine, sous la direction de l'ingénieur hydrographe du grade de « directeur d'hydrographie » (nouvelle appellation de l'ingénieur en chef).

L'appellation de « *chef du service hydrographique* » fut utilisée dans les textes officiels jusqu'à la seconde guerre mondiale. Depuis l'arrêté du 31 octobre 1945, c'est celle de « *directeur* » du SCH, puis du SHOM, qui est employée dans les textes officiels.

Ingénieur en chef et conservateur

Selon l'ordonnance de 1814, le « directeur militaire », officier général de marine, était secondé, du point de vue technique, par l'*ingénieur en chef* qui portait le titre de conservateur². Après l'intermède de 1848 – 1849, où le rôle de directeur général fut joué par un « conservateur », les fonctions d'ingénieur en chef et de conservateur furent dissociées. Le titre de ce dernier, devenu simplement chef du service administratif, fut supprimé en 1860.

Le terme d'*ingénieur en chef* désignait à la fois une fonction et un grade. Ce dernier était assimilé, à l'époque de Beautemps-Beaupré, vers 1830, à un grade intermédiaire entre celui de capitaine de vaisseau et de contre-amiral.

Le décret du 25 mai 1899 modifia l'appellation : elle devint « *directeur d'hydrographie* » et son titulaire reçut par le décret de 1902 la responsabilité du service hydrographique devant le chef d'état-major général de la marine. L'appellation de *directeur d'hydrographie* sera transformée par décret du 11 avril 1921 en celle d'*ingénieur hydrographe général*.

Les missions hydrographiques hier et aujourd'hui

Comme nous l'avons vu, c'est vers 1800 que les ingénieurs-dessinateurs du dépôt intervinrent dans les travaux de levé sur le terrain et à la mer, sous l'appellation d'ingénieurs hydrographes.

La période du Consulat et de l'Empire les vit sur les côtes de nombreux pays d'Europe, du Danemark à

l'Adriatique, pour des levés de reconnaissance où Beautemps-Beaupré et ses collaborateurs purent perfectionner leurs méthodes.

Les premières missions « modernes » furent conduites à partir de 1816. Elles furent essentiellement consacrées aux côtes de France, où pratiquement tout était à faire. Cependant à l'occasion des voyages d'exploration ou lors de l'établissement de nouvelles colonies, des levés de reconnaissance étaient réalisés occasionnellement en détachant un ingénieur dans l'état-major du bâtiment concerné, dont le commandant avait la totale responsabilité de l'ensemble de la mission.

Les missions des côtes de France dirigées par Beautemps-Beaupré et ses successeurs comprenaient huit à dix ingénieurs ; le chef de mission, qui était également un ingénieur détaché du dépôt, disposait de navires construits spécialement pour ces opérations et commandés par des premiers maîtres ou des pilotes. Il recevait à son départ une somme globale destinée à couvrir toutes les dépenses, y compris la solde et la nourriture des ingénieurs et des équipages.

Les travaux de levé des côtes ouest et nord durèrent jusqu'en 1835 et 1845 respectivement, puis l'effort se porta davantage sur les reconnaissances des côtes des possessions françaises outre-mer ou de pays étrangers.

Cependant, à partir de 1864, il devint évident qu'une révision systématique des cartes des côtes de France était nécessaire et un potentiel important fut de nouveau consacré à ce travail, tout en maintenant l'effort sur les côtes d'outre-mer. C'est à cette époque de la fin du 19^e siècle que furent posés les principes qui sont encore à la base de l'organisation des missions hydrographiques actuelles. Ces principes consistent à définir clairement et à distinguer les fonctions de directeur de la mission, de directeur technique de la mission³ et de commandant du bâtiment hydrographique support de la mission.

Dans la plupart des services hydrographiques étrangers, où il n'existe pas un corps d'ingénieurs hydrographes distinct de celui des officiers de marine, ces fonctions sont en effet exercées par une seule et même personne. Le service hydrographique français a adopté une solution originale qui consiste à attribuer les fonctions citées plus haut à des personnes différentes, selon des critères liés aux anciennetés respectives de l'ingénieur hydrographe et du commandant du bâtiment hydrographique support de la mission.

Schématiquement, si l'ingénieur est plus ancien que le commandant, il est à la fois directeur et directeur technique de la mission, responsable de l'organisation et de l'exécution des travaux d'une part et de leur qualité d'autre part. S'il est moins ancien que le commandant,

(1) Décret du 21 octobre 1890.

(2) A certaines époques un second ingénieur en chef était conservateur adjoint.

(3) Les appellations et certaines prérogatives ont pu varier dans le temps, mais le principe général est resté globalement inchangé jusqu'à nos jours.

celui-ci cumule les fonctions de directeur de la mission avec ses propres responsabilités, l'ingénieur exerçant le rôle de directeur technique, responsable de la qualité des travaux. Dans tous les cas, le commandant conserve ses attributions et prérogatives.

Jusqu'en 1939, les missions hydrographiques opérant sur les côtes de France comptaient quatre ou cinq ingénieurs. Ces derniers embarquaient pendant la période de l'année favorable aux travaux à la mer et retournaient passer l'hiver au service central à Paris, pour exploiter leurs levés au sein de la « section des côtes de France ».

Le faible effectif ne permettait guère d'affecter qu'un ou deux ingénieurs outre-mer pour des missions d'abord occasionnelles mais qui devinrent de plus en plus systématiques. D'une durée très variable au départ⁴, les missions en se normalisant tendront vers une durée d'une à deux années.

Aujourd'hui, il n'y a plus de distinction dans le fonctionnement des missions organisées sur les côtes de France ou outre-mer. On peut les définir comme des organismes à caractère fonctionnel, composés de différentes unités, au sens opérationnel et organique du terme : des bâtiments hydrographiques ou océanographiques et des « unités hydrographiques ou océanographiques » placées sous les ordres du (ou des) directeur technique(s) de la mission. Celle-ci est dirigée par le « directeur de mission » qui peut être un ingénieur ou le commandant de l'un des bâtiments affectés à la mission, selon les principes exposés plus haut.

Les missions sont rattachées du point de vue organique (soutien) à un commandement territorial de la marine et au chef d'état-major de la marine sur le plan opérationnel. Elles dépendent sur le plan fonctionnel de la direction du SHOM qui définit leur programme annuel, après accord du chef d'état-major de la marine, et leur adresse les instructions techniques des travaux.

LES MÉTIERS DU SHOM ET LEUR ÉVOLUTION

Les métiers pratiqués dans un service public à vocation technique sont bien évidemment très fortement liés aux tâches confiées à ce service d'une part et à l'état de la technique d'autre part, mais aussi à la réglementation du moment, par exemple parce qu'elle incite au recours à la sous-traitance au secteur privé ou au contraire parce qu'elle tend à multiplier les agents titulaires de l'administration et leurs statuts.

Dans l'histoire des métiers du service, on peut distinguer cinq périodes, caractérisées à la fois par les tâches qui sont confiées à celui-ci, par l'organisation qui est adoptée et par l'avancement des techniques utilisées. Comme toute classification, ce découpage est

bien sûr très schématique et la réalité est plus complexe et nuancée que celle qui se limiterait à une évolution par paliers entre lesquels il y aurait stagnation.

D'une part, en effet, les limites des périodes considérées ne sont pas nettes, mais on peut observer pratiquement entre chacune d'elles des périodes intermédiaires d'une ou deux dizaines d'années où les choses évoluent vite ou au contraire se définissent avec difficulté ; d'autre part les périodes elles-mêmes sont des périodes d'évolution en général régulière, même si des perturbations parfois importantes s'y rencontrent (par exemple à l'occasion des guerres).

Première période (1720 - 1800 environ) - la « préhistoire »

Avant le 19^e siècle, le dépôt est chargé essentiellement de conserver les archives des navigateurs et des explorateurs et de dresser des cartes.

Les métiers pratiqués sont limités à celui de **cartographe**, exercé par les **ingénieurs-dessinateurs**, et à quelques emplois de bureau, nécessaires pour le travail de conservation et de manipulation des archives. Les tâches plus techniques de gravure sur cuivre, d'impression et de diffusion des cartes sont confiées au secteur privé ou à du personnel auxiliaire, c'est-à-dire sans statut.

Suit une période intermédiaire, où les tâches du dépôt vont de fait évoluer, sans que ce dernier en soit chargé réglementairement, période qui durera pratiquement jusqu'à la fin de l'Empire.

Deuxième période (1814 - 1835 environ) - les « temps héroïques »

Cette période correspond en gros à celle où Beautemps-Beaupré entreprend et réalise à marche forcée le levé systématique des côtes ouest et nord de France.

L'organisation du corps des ingénieurs hydrographes en 1814, qui en marque le départ, ne fait qu'entériner une situation de fait où les ingénieurs-dessinateurs du dépôt, devenus ingénieurs hydrographes, se voient confier la tâche de diriger les levés à la mer et sur le terrain. C'est d'ailleurs le travail principal auquel ils vont se consacrer pendant toute cette période, qui verra se réaliser le premier levé régulier des côtes de France.

A la mer et sur le terrain, les ingénieurs sont assistés de personnel du service général de la marine, officiers, officiers mariniers, quartiers-maîtres et matelots, particulièrement des spécialités de manœuvrier et de timonier, formés pour la circonstance.

(4) C'est ainsi que Gaussin resta plus de quatre ans aux Marquises et à Tahiti, de 1843 à 1847, et Bouquet de la Grye à peu près autant en Nouvelle-Calédonie.

Au dépôt, à Paris, où s'effectue la rédaction des levés, rédaction effectuée le plus souvent d'ailleurs sous la forme de la carte définitive, les ingénieurs confient directement les éléments de leur rédaction aux graveurs, qui appartiennent toujours au secteur privé.

En gros, cette période ne voit pas l'émergence de nouveaux métiers au sein du service, mais c'est essentiellement celui de l'**ingénieur hydrographe** qui se construit.

La transition avec la période suivante s'avère assez difficile pour le dépôt et le corps des ingénieurs hydrographes. La nouvelle organisation administrative de l'État⁵ et la nécessité (déjà !) de réaliser des économies sur le budget d'une part, l'achèvement des travaux de levé systématique des côtes de France d'autre part, entraînent le gouvernement à envisager une réduction importante, si ce n'est une suppression, du corps des ingénieurs hydrographes et du dépôt. C'est dans ce cadre que se situe l'intervention bien connue d'Arago le 5 juin 1837 à la chambre des députés pour défendre les hydrographes et l'hydrographie⁶.

Troisième période (1848 – 1886) – du dépôt au service hydrographique de la marine

Cette période que nous ferons débuter à l'arrêté ministériel du 15 septembre 1848, va voir la mise en place progressive des structures et des moyens d'un service hydrographique bien implanté dans l'administration centrale de la marine, elle-même rénovée et modernisée.

Sur le plan de l'organisation, il faut noter la mise en place d'un « comité consultatif » chargé de donner un avis au ministre sur les travaux du dépôt⁷.

L'organisation administrative du dépôt est elle aussi renforcée, avec la constitution d'un service administratif au sens moderne du terme. Sur le plan technique, les ingénieurs libérés du travail des levés des côtes de France qui occupait tous leurs efforts, peuvent se consacrer à des études plus scientifiques, telles que la géodésie, la chronométrie, la marée, la courantométrie, le magnétisme. Tout naturellement, le dépôt va se voir confier explicitement la délivrance d'instruments de navigation aux bâtiments de la marine et les études et travaux concernant la marée, le magnétisme et la météorologie⁸.

Enfin l'organisation du dépôt elle-même est remaniée à plusieurs reprises.

Toutes les conditions sont remplies pour que les métiers exercés au dépôt se diversifient à cette époque, bien que le personnel titulaire soit encore en très petit nombre. La plupart des travaux (gravure, impression, délivrance des cartes, entretien des instruments et même calculs de marée) sont en effet encore sous-traités. Progressivement toutefois, certains métiers acquièrent une place de plus en plus importante dans le service.

Il s'agit d'abord des **dessinateurs**. Jusqu'en 1841, un seul, qualifié d'ailleurs d'agent peu habile, était affecté au dépôt. L'arrêté de 1848 porte leur nombre à trois, qui sont chargés de la « préparation » en amont du travail des graveurs⁹.

Dès 1849, l'achat d'un appareil photographique de réduction est décidé, et en 1863 un atelier de photographie est installé au dépôt. Au départ il est confié à un photographe du secteur privé et ce n'est qu'en 1881¹⁰ qu'est créé l'emploi de **photographe** en tant qu'agent titulaire du dépôt. Les travaux confiés à l'atelier de photographie consistent essentiellement à effectuer les mises à l'échelle des documents sources (minutes ou cartes) destinés à la préparation cartographique.

Le premier annuaire de marée fut publié comme on sait, pour l'année 1839, par Chazallon qui exécuta lui-même les calculs pendant les premières années de parution de l'annuaire. Il confia ensuite le travail à un calculateur qu'il payait sur facture. Ce n'est qu'en 1886¹¹ que le **calculateur des marées** devient un agent titulaire du service.

Dès 1832, le dépôt qui s'intéressait depuis longtemps aux chronomètres, fut chargé de l'organisation de concours pour le choix de ceux-ci et en 1854⁸ de leur achat et de leur suivi. Les instruments scientifiques destinés aux levés hydrographiques nécessitaient par ailleurs un entretien particulier qui fut confié assez rapidement¹² à une section du dépôt. Dès le début de la période qui nous occupe, un ouvrier était employé au travail d'entretien du matériel scientifique, mais ce n'est qu'en 1884¹³ que deux **agents du service des instruments**, dont l'un était spécialement chargé des chronomètres, furent titularisés.

Les emplois à caractère administratif se développent également au cours de cette période. C'est ainsi que dès l'arrêté du 15 septembre 1848, le service administratif est pourvu de personnel titulaire : un **agent**

(5) Institution d'un « contrôle central » dans la marine en 1845.

(6) « ... Messieurs, parmi les corps entretenus de l'État, il en est un qui a pris pour devise la contre-partie d'un adage vulgaire : il fait, lui, beaucoup de besogne et très peu de bruit, le corps dont je veux parler est celui des ingénieurs hydrographes (...) M. le rapporteur sait aussi bien que moi que les travaux hydrographiques sont la toile de Pénélope, que c'est toujours à recommencer ... » [Rollet de L'Isle, op. cit.].

(7) Ce comité, devenu dès 1854 le « comité hydrographique », sera reconduit jusqu'à sa suppression en 1972, avec des attributions et une composition adaptées aux réorganisations successives du service.

(8) Arrêté ministériel du 25 novembre 1854.

(9) Notons que des dessinateurs auxiliaires payés sur fonds de prévoyance furent employés dans les missions.

(10) Décret ministériel du 31 octobre 1881.

(11) Décret ministériel du 13 décembre 1886.

(12) Décision ministérielle du 27 mars 1860.

(13) Décret ministériel du 23 janvier 1884.

d'administration, chef de la comptabilité du secrétariat, **un garde-magasin**, chargé de l'administration du matériel du service, assistés de **commis**.

Les archives et la bibliothèque sont placées en 1849¹⁴ sous la responsabilité d'un **conservateur**, fonction susceptible d'être confiée à un ingénieur hydrographe en 1854¹⁵. Ce poste est supprimé en 1860¹⁶ et remplacé par un poste de **bibliothécaire**, chargé de la bibliothèque, les archives scientifiques étant rattachées à la section technique responsable de l'hydrographie générale, sous la garde d'un **archiviste**, agent auxiliaire.

En résumé, en 1886 à la fin d'une phase marquée par une importante évolution, sur le plan à la fois technique et surtout réglementaire, le service hydrographique de la marine dispose d'un personnel déjà bien diversifié sur le plan des métiers, mais très peu nombreux : pour faire face aux tâches importantes qui lui incombent, il fait appel, soit à la sous-traitance (gravure, impression des cartes), soit à du personnel dit auxiliaire, si ce n'est à du personnel journalier, en tout cas à statut précaire.

Quatrième période (1908 - 1961) - le service hydrographique de la marine : « la maturité »

Bien que l'organisation du service, si l'on met à part les vicissitudes de son rattachement à l'état-major général puis au ministre, puis de nouveau à l'état-major général, n'ait pas subi de grandes transformations depuis le décret de 1886, nous ferons débiter la nouvelle phase de la vie du service au décret du 11 janvier 1908. Ce décret « portant organisation du personnel des agents techniques du service hydrographique de la marine » est en effet une étape importante dans l'histoire du personnel du service, puisque l'arrêté du 29 janvier 1908, qui en précise l'exécution, définit à la fois les spécialités, le nombre, les conditions de recrutement et de déroulement de carrière du personnel concerné.

Depuis que l'effort s'était de nouveau porté sur la réfection des levés des côtes de France à la fin de la période précédente, le besoin d'un personnel d'exécution formé et stable dans les missions se faisait de plus en plus crucial. Une pratique s'était petit à petit instaurée qui consistait à réserver la partie de l'équipage qui avait été spécialisée au cours d'une campagne pour la campagne de l'année suivante. Certains quartiers-maîtres et matelots pouvaient même être appelés à Paris pendant l'hiver pour participer aux travaux de

rédaction. Mais la création d'une véritable spécialité au sein des équipages de la marine était souhaitée par le service.

Cette création se fera progressivement et en plusieurs temps : tout d'abord, par décret du 17 juillet 1910, est créé le certificat d'**aide-hydrographe**, susceptible d'être délivré aux seconds-maîtres, quartiers-maîtres et matelots de la « spécialité de la timonerie » et aux quartiers-maîtres et matelots de la « spécialité de la manœuvre ». L'attribution du nouveau certificat donnait droit à une priorité pour faire partie des équipages des bâtiments hydrographiques, y compris en campagne. Les titulaires de ce certificat étaient aussi susceptibles d'être affectés au service central à Paris pendant trois périodes d'hiver successives.

En 1923¹⁷ est institué un certificat d'**adjoint hydrographe**, destiné cette fois aux officiers marins des « spécialités de la manœuvre et de la timonerie » qui offre également une priorité d'embarquement sur les bâtiments hydrographiques et permet l'affectation au service central hydrographique à Paris.

Enfin c'est en 1934¹⁸ qu'est créée la spécialité d'**officier marinier hydrographe** au sein des équipages de la flotte, spécialité susceptible d'accéder au corps des **officiers des équipages de la flotte**. Au total, c'est une dizaine d'hydrographes qui seront nommés dans ce dernier corps jusqu'à sa mise en extinction en 1969¹⁹. Le corps des **officiers-techniciens** qui le remplace accueillera un très petit nombre d'hydrographes, en raison d'un intérêt de carrière bien moindre et de sa suppression rapide²⁰ au 1^{er} juillet 1976. Les officiers marins hydrographes auront alors la possibilité d'accéder au corps des officiers spécialisés de la marine créé à la même époque²¹, mais qui ne comporte plus de spécialisation en hydrographie. Une autre voie offerte sera d'entrer dans le corps des **majors**²², ouvert à cette spécialité.

La période est très riche en progrès technique : citons en particulier le développement de l'électronique qui va bouleverser d'une part les méthodes de levé, surtout après la deuxième guerre mondiale, d'autre part les besoins de la marine en données d'environnement, bien que ces besoins soient encore mal définis, voire mal perçus. Le développement de l'océanographie va donc commencer dès la fin de cette période²³.

Sur le plan des métiers, nous avons vu la progressive spécialisation des officiers marins employés aux travaux de levé.

(14) Décret ministériel du 7 décembre 1849.

(15) Décret ministériel du 25 novembre 1854.

(16) Décret ministériel du 27 octobre 1860.

(17) Décret du 15 février 1923 et arrêté du 24 février 1923.

(18) Décret du 19 avril 1934.

(19) Loi 69-1138 du 20 décembre 1969.

(20) Décret 75-1210 du 22 décembre 1975.

(21) Décret 75-1207 du 22 décembre 1975.

(22) Décret 75-1212 du 22 décembre 1975.

(23) Arrêté du 2 avril 1947 : création du comité d'océanographie et d'étude des côtes (COEC).

Au service central, l'arrêté de 1908 a, comme il a été dit plus haut, créé le corps des **agents techniques** du service hydrographique ; ceux-ci comprennent les spécialités de **calculateurs, dessinateurs, graveurs** (sur cuivre et sur pierre), **agents des cartes et des instructions nautiques, agents des instruments, photographes** ; ils sont recrutés par concours ; les agents, notamment les dessinateurs, peuvent être affectés dans une mission hydrographique.

En 1953²⁴ est créé le corps des **techniciens d'études et de fabrication (TEF)** du service hydrographique dans lequel sont intégrés les agents techniques. Le nouveau corps comprend les spécialités suivantes : calculateurs, dessinateurs, graveurs (sur cuivre), spécialistes des cartes et des instructions nautiques, spécialistes des instruments, photographes.

Entre-temps, en 1949²⁵, un corps des **ingénieurs de directions des travaux (IDT)** du service hydrographique avait été créé sur le modèle de ceux des ingénieurs de directions de travaux des autres services de la marine. Le corps est constitué au départ par intégration au choix de 12 agents techniques.

Outre ses ingénieurs et quelques officiers et officiers marinières, le service continue bien sûr à employer un personnel en complément des agents techniques et des quelques fonctionnaires de l'ordre administratif dont l'effectif est de plus en plus insuffisant. Ce personnel dénommé « auxiliaires permanents » est chargé de « travaux de manutention de matériel technique, de travaux de classement et d'expédition des cartes et ouvrages nautiques, de travaux de correction des documents nautiques, de tenue de comptabilité et de caisse et de dactylographie ». En 1936²⁶, ces auxiliaires rebaptisés « employés d'administration du service hydrographique » font l'objet d'une régularisation qui leur permet, sous réserve de vacances de postes, d'obtenir le statut de fonctionnaire avec des spécialités de secrétaire dactylographe, comptable, archiviste, expéditionnaire, correcteur de cartes et ouvrages, manutentionnaire de cuivres et de cartes.

Néanmoins, cette mesure n'est pas suffisante, compte tenu de la croissance des besoins, en particulier après la seconde guerre mondiale. Le service recourait depuis fort longtemps à la pratique de l'embauche de fournisseurs de travail sur contrat, sous des appellations diverses, mais cette ressource est de plus en plus contrainte par la réglementation. Une solution est trouvée grâce à la mise pour emploi au service central hydrographique de personnel ouvrier - et plus particulièrement de **techniciens à statut ouvrier**

(TSO) - embauché par la direction des constructions et armes navales. Ce personnel occupe des postes de natures variées : **dessinateurs-cartographes** pour les TSO, emplois de bureau, magasiniers, etc. pour les ouvriers. Seule l'impression des cartes continue, pour l'essentiel, à être sous-traitée à des artisans.

Cinquième période (à partir de 1971) - la décentralisation et l'océanographie militaire

Déjà en 1961, la nouvelle organisation du service²⁷ prenait en compte la montée en puissance de l'océanographie dans les attributions du service, mais c'est à l'année 1971²⁸ que l'on peut faire remonter le début de la période actuelle. Elle est caractérisée d'abord par la nouvelle dénomination où figure explicitement le terme d'océanographie, ensuite par l'intégration toute récente²⁹ du corps des ingénieurs hydrographes dans celui des ingénieurs de l'armement et du corps des ingénieurs des directions de travaux dans celui des ingénieurs des études et techniques d'armement, enfin par la séparation entre un organe de direction du service au sein de l'administration centrale à Paris et un établissement à vocation technique décentralisé à Brest.

Un protocole³⁰ signé par le chef d'état-major de la marine et le délégué général pour l'armement renforce en 1990 la position du SHOM en océanographie militaire, en confirmant son rôle en matière de recherche et de développement et en lui confiant des responsabilités opérationnelles en météo-océanographie.

Enfin, une « déflation » systématique de quelques unités appliquée annuellement à l'effectif budgétaire du personnel civil du service dès 1984 et les mesures toutes récentes³¹ de réduction du format et de professionnalisation des armées amènent à « recentrer » les activités de l'établissement principal, par un recours plus important à la sous-traitance.

Ces différents facteurs conjugués au développement explosif de l'informatique vont être à l'origine d'une grande diversification des métiers, mais aussi des statuts du personnel du SHOM en cette fin du 20^e siècle.

Notons d'abord l'évolution des responsabilités confiées aux ingénieurs des études et techniques d'armement (IETA) formés dorénavant à l'école nationale supérieure des ingénieurs des études et techniques d'armement (ENSIETA), où ils sont recrutés par un concours de même niveau que celui des autres écoles nationales supérieures d'ingénieurs.

(24) Décret 53-1221 du 8 décembre 1953.

(25) Décret du 17 septembre 1949.

(26) Arrêté et décret du 13 décembre 1936.

(27) Arrêté du 25 août 1961.

(28) Décret du 25 mai 1971 et arrêté du 1^{er} juin 1971.

(29) Loi 70-4 du 2 janvier 1970.

(30) Protocole n° 101 456 DGA/D – 267 CEMM/CAB/NP du 23 mai 1990.

(31) Loi 96-589 du 2 juillet 1996 relative à la programmation militaire 1997-2002.

Dès le début des années 70, des jeunes ingénieurs sont affectés dans les missions hydro-océanographiques pour compléter leur formation et progressivement les IETA vont occuper des postes embarqués au même titre que les ingénieurs de l'armement, puis des fonctions de direction, aussi bien dans les missions que dans les sections et autres services de l'EPSHOM. Les IETA deviennent des ingénieurs hydrographes à part entière.

Au début de la période, le SHOM emploie encore un bon nombre d'agents auxiliaires, sous les statuts de « travailleurs à domicile » (graveurs sur cuivre et galvanoplastes, dessinateurs, entre autres) qui travaillent en fait dans les locaux du service ou de « collaborateurs scientifiques ». Deux ingénieurs sur contrat ont été recrutés, par l'intermédiaire de la direction des constructions et armes navales, pour occuper des postes scientifiques ou techniques qui ne peuvent être pourvus par des fonctionnaires.

Cette situation va évoluer progressivement, d'une part par la suppression de certains métiers ou spécialités, d'autre part par la transformation de postes de personnel auxiliaire en postes d'ouvriers ou d'agents sur contrat.

Un atelier de gravure sur cuivre et un autre d'impression en taille douce avaient été conservés à Colombes en région parisienne lors de la création à Brest de l'établissement principal, en attendant que l'ensemble des matrices sur cuivre des cartes encore en service fût transféré sur matière plastique. Ces ateliers sont fermés le 31 mars 1976 ; les trois derniers graveurs et les deux galvanoplastes qui y travaillaient sont licenciés. Une imprimerie moderne est installée à l'EPSHOM dès 1971, mais sans remettre en cause le principe de la sous-traitance des travaux à un artisan.

L'année 1976 voit également la réorganisation des corps de **techniciens d'études et de fabrications**³² (**TEF**) ; un corps des techniciens d'études et de fabrications du service hydrographique est créé qui comporte cinq options : hydrographie-océanographie, cartographie-documentation, arts graphiques, électronique et instruments. Ce corps sera bientôt intégré dans celui des techniciens d'études et de fabrications des services de la marine³³, en y formant la « branche hydrographie » avec les options citées plus haut. Enfin en 1989³⁴, il deviendra la « branche hydrographie » du nouveau corps des **techniciens supérieurs d'études et de fabrications (TSEF)** des armées.

En cette même année 1976, est créé le corps des **ingénieurs techniciens d'études et de fabrications (ITEF)**³⁵ du ministère de la défense, dans lequel vont être intégrés après concours un certain nombre de TEF

au titre de la composition initiale du corps. Ce dernier sera réorganisé en 1989³⁶, sous le nom d'**ingénieurs d'études et de fabrications (IEF)** du ministère de la défense.

C'est aussi en 1976 que se manifeste concrètement la volonté politique de « normaliser » la situation du personnel auxiliaire : le recrutement de dessinateurs sous le statut de travailleur à domicile est refusé et l'EPSHOM est amené à recruter ce personnel sous le statut d'« ouvrier temporaire ». La création officielle de la profession d'**agent cartographe** dans le statut d'ouvrier du livre attendra le 1^{er} septembre 1978, mais l'intégration des dessinateurs et dessinatrices recrutés comme ouvriers temporaires ne se terminera que le 1^{er} avril 1987.

Avec le développement considérable des outils informatiques et des bases de données, particulièrement importantes dans le domaine de la géographie maritime qui est celui où s'exerce l'activité du SHOM, il devenait urgent de disposer de personnel spécialisé pour créer, gérer et exploiter les informations. Aussi n'est-il pas étonnant que le SHOM participe activement dès 1988 à la mise en place de la profession d'**agent de traitement de données graphiques**, constituée par changement de profession au sein des ouvriers du livre. Cette mise en place ne voit le jour qu'en 1992.

Pour rester dans le domaine réglementaire, on retiendra que les derniers « travailleurs à domicile » du service sont les **correctrices-main** employées pour la correction manuelle des exemplaires des cartes stockées en magasin : au 1^{er} janvier 1980, elles passeront sous le statut d'« ouvrier temporaire de complément ».

Dans le même ordre d'idées, c'est le 31 janvier 1986 que va disparaître, avec son passage à la retraite, le dernier « collaborateur scientifique », employé par la section des informations et ouvrages nautiques. Les spécialistes de la navigation, anciens officiers de la marine nationale ou de la marine marchande, nécessaires au bon fonctionnement de l'information nautique, seront dorénavant recrutés sous le statut d'ingénieurs sur contrat.

Ces **ingénieurs sur contrat (ISC)** ont vu leur nombre s'accroître de façon importante depuis le début de la période qui nous intéresse, dans des spécialités scientifiques et techniques diverses, telles que l'informatique, les sciences de la terre et l'océanographie ou l'information nautique. De plus, la montée en puissance de l'océanographie militaire, avec en particulier la création du centre militaire d'océanographie (CMO), va être l'occasion d'affecter au SHOM des **ingénieurs cadres technico-commerciaux**

(32) Décret 76-316 du 7 avril 1976.

(33) Décret 77-621 du 17 juin 1977.

(34) Décret 89-749 du 18 octobre 1989.

(35) Décret 76-313 du 7 avril 1976.

(36) Décret 89-750 du 18 octobre 1989.

(ICT), appellation d'un statut particulier d'ingénieurs sur contrat gérés par la délégation générale pour l'armement (DGA).

Le SHOM devenu autorité de tutelle de la spécialité des marins **météorologistes-océanographes (Métoc)**, se voit rattacher l'école de cette spécialité des équipages de la flotte le 26 août 1996. Depuis les premières années de la création de l'EPSHOM, un officier marinier de cette spécialité était d'ailleurs affecté à la section « océanographie » pour participer à la gestion du « centre bathy », chargé des données bathythermographiques. Le rattachement au SHOM de la « cellule d'environnement de la marine » (CELENV) le 1^{er} mars 1992 avait encore accru l'importance du personnel Métoc employé par le SHOM.

L'ÉVOLUTION DES EFFECTIFS

La notion d'effectif doit être bien précisée, surtout si l'on se réfère à des périodes relativement anciennes. En effet, selon la terminologie moderne, il peut être question d'effectif budgétaire (ou de plan d'armement) ou d'effectif réel. Même aujourd'hui, il n'y a pas toujours coïncidence, tant s'en faut ! A fortiori quand on regarde vers le passé : on a vu l'importance du personnel dit auxiliaire par rapport au personnel dit titulaire à certaines époques. Or la plupart des textes officiels ne concernent que les effectifs théoriques ; les effectifs réels ne sont décrits la plupart du temps qu'à l'occasion de rapports d'inspection ou de contrôle, c'est-à-dire en fait assez rarement.

Par ailleurs, le service peut assurer lui-même la gestion de certaines catégories de personnel (comme les ingénieurs hydrographes jusqu'en 1970) ou au contraire être tributaire d'une gestion extérieure. Il ne suffit donc pas de compter les personnes gérées, pour connaître l'effectif du service gestionnaire (par exemple, certains officiers marins hydrographes « gérés » par le SHOM sont affectés dans d'autres unités de la marine et ne doivent donc pas être comptés dans les effectifs du service). C'est ainsi également qu'il est très difficile de connaître l'effectif des missions (comprenant les équipages des bâtiments), sauf à l'occasion d'enquêtes, avant que le SHOM ne ressente le besoin d'évaluer, de façon plus précise et plus systématique, les moyens mis à sa disposition.

Pour toutes ces raisons, il est délicat de tirer des conclusions trop tranchées sur la comparaison des effectifs à plusieurs époques, sauf bien sûr quand il

s'agit de points bien précis. Nous allons tenter néanmoins de donner une idée de l'évolution des effectifs du service au cours des différentes périodes que nous avons définies - assez arbitrairement - dans le chapitre précédent.

Première période (1720 - 1800)

A la fin de cette période, en 1800 précisément³⁷, l'effectif du dépôt est le suivant :

- un vice-amiral, inspecteur général,
- un premier ingénieur hydrographe, conservateur,
- cinq ingénieurs hydrographes de première classe,
- cinq ingénieurs hydrographes de deuxième classe,
- un peintre (!),
- un commis d'ordre,
- un sous-bibliothécaire,
- une personne chargée de la manutention des cartes.

Huit années auparavant, le personnel décrit comprenait un inspecteur, un sous-inspecteur, un hydrographe, un astronome hydrographe, sept ingénieurs-dessinateurs, deux commis aux écritures, un timbreur commis à l'imprimerie des cartes et deux garçons de bureau.

Deuxième période (1814 - 1835)

En 1814, au moment de la création du corps des ingénieurs hydrographes (IH), la documentation manque, mais on peut penser que l'effectif officiel du personnel autre qu'ingénieur ne doit guère avoir évolué depuis 1800, puisque le dépôt emploie toujours essentiellement des artisans payés sur factures comme personnel d'exécution.

L'effectif du corps des IH est quant à lui de douze (deux ingénieurs en chef, trois ingénieurs de première classe, trois de deuxième classe et quatre de troisième classe), sans compter les élèves-ingénieurs, dont il est précisé que leur nombre ne pourra dépasser quatre.

Vers la fin de la période³⁸, le corps des IH compte vingt ingénieurs (deux ingénieurs en chef, quatre ingénieurs de première classe, quatre de deuxième classe et six de troisième classe et quatre sous-ingénieurs ou élèves-ingénieurs)³⁹. Le reste du personnel, qui a fait l'objet d'une réorganisation⁴⁰, est composé comme suit :

- six commis, dessinateurs, garde-magasin,
- cinq garçons de bureau.

(37) Réorganisation du 1^{er} vendémiaire an IX (23 septembre 1800).

(38) Ordonnance du 2 juin 1830.

(39) Les assimilations sont les suivantes :

ingénieur en chef : entre contre-amiral et capitaine de vaisseau,
ingénieur de 1^{re} classe : capitaine de vaisseau,
ingénieur de 2^e classe : capitaine de frégate,
ingénieur de 3^e classe : lieutenant de vaisseau,
sous-ingénieur : enseigne.

(40) 19 mars 1832.

Troisième période (1848 – 1886)

La réorganisation du 15 septembre 1848 qui ouvre notre troisième période fixe à dix-neuf le nombre des IH (un ingénieur en chef, cinq ingénieurs de première classe, cinq de deuxième classe, trois sous-ingénieurs de première classe, trois de deuxième classe et deux élèves-ingénieurs)⁴¹. Un conservateur civil (M. Cazeaux) est nommé à la tête du dépôt, dont le personnel titulaire décrit se limite à celui du service administratif et compte quatorze personnes (un chef de comptabilité et du secrétariat, un garde-magasin, trois commis, un bibliothécaire, trois dessinateurs et cinq gagistes).

En 1894, un peu après la fin - arbitraire, rappelons-le - de notre troisième période, une enquête parlementaire permet d'apporter un peu plus de précisions sur le personnel du service ⁴². L'effectif du corps des IH est alors de dix-sept⁴³ (un ingénieur en chef, quatre ingénieurs de première classe, quatre de deuxième classe, trois sous-ingénieurs de première classe, trois de deuxième classe et deux élèves-ingénieurs). Celui du personnel d'exécution est le suivant :

- neuf agents entretenus (quatre dessinateurs, trois agents chargés des instruments, un photographe et un calculateur),

- onze agents du personnel administratif (un chef de bureau, un sous-chef, un garde-magasin, un bibliothécaire et sept commis).

Ce dernier est assimilé au personnel de l'administration centrale, sans en faire réellement partie. Quant au personnel de l'ordre technique, régi par des textes tous différents⁴⁴, il est assimilé pour la solde et la retraite aux commis de l'administration centrale. Le contre-amiral Fleuriais déplore cette situation et déclare que ces agents « pourraient être groupés sous le titre d'agents techniques, en un personnel unique, ayant une hiérarchie propre ».

Le rapport préliminaire à la proposition de loi présentée par M. Cabart-Danneville [1907] contient des renseignements précis sur la situation du service hydrographique quelques années plus tard, en 1906. Il note que le personnel auxiliaire technique représente alors trente-deux personnes, auxquelles on peut ajouter trois premiers maîtres de timonerie retraités, employés par la section de météorologie nautique. Il compte onze dessinateurs, un calculateur, un archiviste, un agent du service des cartes, deux agents des instructions nautiques, quatre graveurs sur cuivre, un graveur sur pierre, un photographe, deux imprimeurs sur pierre et sept dames employées à l'enregistrement des ouvrages en magasin et aux bulletins de correction. Enfin il

propose de façon détaillée la titularisation de ce personnel auxiliaire.

Quatrième période (1908 – 1961)

Les vœux des rapporteurs seront exaucés par le décret du 11 janvier 1908 qui ouvre notre quatrième période. Celui-ci fixe à trente-quatre le nombre d'agents techniques du service hydrographique et définit leur statut. Ils sont répartis en deux catégories :

- la première est composée des spécialités de calculateurs, de dessinateurs et de graveurs et compte dix-neuf personnes (six agents principaux et treize agents)⁴⁵,

- la seconde est composée des spécialités d'agents des cartes et instructions nautiques, d'agents des instruments, de correcteurs et de photographes et compte quinze personnes (cinq agents principaux et dix agents).

Le décret vise en outre à réglementer la nature et le nombre du personnel qui reste sous le statut d'auxiliaire. Rétribué sur le chapitre du personnel, celui-ci compte des officiers marinières retraités, employés à la section des instructions nautiques, un agent chargé de la manutention du matériel technique et des dames employées aux sections des cartes et des instructions nautiques. L'effectif est fixé par arrêté ministériel.

A cette même époque, l'effectif du corps des IH est toujours de dix-sept - mais les appellations ont changé - non compris les ingénieurs de troisième classe (un directeur d'hydrographie, trois ingénieurs en chef de première classe, trois ingénieurs en chef de deuxième classe, trois ingénieurs principaux, cinq ingénieurs de première classe, deux ingénieurs de deuxième classe)⁴⁶.

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, de nombreuses évolutions dans le statut et l'effectif du personnel caractérisent la présente période. Notons les principales pour arriver à la fin des années 1960.

A la création du corps des ingénieurs des directions de travaux (IDT) du service hydrographique en 1949, l'effectif est fixé à dix-huit, mais celui des agents techniques, alors porté à quarante-cinq⁴⁷, est diminué d'autant. Au moment de la création du corps des techniciens d'études et de fabrication du service hydrographique en 1953, ceux-ci ne sont donc plus que vingt-sept.

On a vu que le service comble le déficit en personnel technique, en faisant recruter des techniciens à statut ouvrier (TSO) dessinateurs, rémunérés sur un chapitre

(41) A noter la suppression du grade d'ingénieur de troisième classe ; les sous-ingénieurs de 1^{re} classe sont assimilés aux lieutenants de vaisseau, les sous-ingénieurs de 2^e classe aux enseignes de vaisseau.

(42) Déposition de l'amiral Fleuriais, chef du service hydrographique, devant la commission d'enquête de 1894 (24 février 1894).

(43) Effectif toujours défini par le décret du 5 mars 1856, malgré de nombreuses tentatives de modifications.

(44) Voir plus haut.

(45) Il est précisé que des dessinateurs peuvent être adjoints aux missions dans certaines limites de durée.

(46) A noter la création du grade d'ingénieur principal, assimilé à capitaine de corvette, par décret du 19 juin 1900.

(47) Décret du 27 avril 1937.

différent du personnel civil de la marine. Ils seront dix-huit à la création du SHOM.

Les officiers marins hydrographes, dont la spécialité est créée en 1934, ont vu leur effectif fixé à quarante-trois à cette date.

Quant aux ingénieurs hydrographes, leur effectif a augmenté progressivement⁴⁸, de sorte qu'ils se retrouvent trente-quatre en 1961, et autant en 1970 à la veille de la fusion du corps avec celui des ingénieurs de l'armement.

Cinquième période (depuis 1971)

Le personnel militaire

Ingénieurs de l'armement (IA) et ingénieurs des études et techniques d'armement (IETA)

Au moment de l'intégration des ingénieurs du service hydrographique dans les corps de l'armement, l'effectif budgétaire est de soixante ingénieurs (quarante IH et vingt IDT)⁴⁹ et cet effectif théorique sert de base pour le transfert. En fait, seuls trente-quatre IH et dix-sept IDT seront transformés respectivement en IA et en IETA.

Un protocole entre le chef d'état-major de la marine et le délégué ministériel pour l'armement⁵⁰ fixe les conditions dans lesquelles les ingénieurs des corps de l'armement sont mis à la disposition du chef d'état-major de la marine (aussi bien pour l'encadrement du SHOM que pour d'autres services, tels que le commissariat ou le service technique des transmissions d'infrastructure de la marine).

L'évolution des effectifs de cette catégorie de personnel est la suivante :

Erratum	IA	IETA	Total
1971	34	17	51
1974	29	16	45
1981	22	19	41
1985	22	19	41
1990	26	30	56
1993	26	35	61
1995	26	41	67
1997	24	45	69

L'augmentation sensible à partir de 1990, au-delà de l'effectif théorique de soixante, est liée à la montée en puissance de l'océanographie militaire, qui prévoyait une augmentation du nombre d'ingénieurs, tous statuts confondus (militaires ou civils, fonctionnaires ou sur contrat), fournis par la DGA.

Une autre évolution, nette, est celle du rapport entre le nombre des IA et celui des IETA. Ces derniers

deviennent majoritaires à partir des années 1990 : cette situation est liée à un recrutement plus difficile d'ingénieurs de l'armement pour le SHOM et au fait que les IETA se voient confier de plus en plus de responsabilités.

Officiers marins hydrographes

L'évolution des effectifs d'officiers marins hydrographes est plus difficile à appréhender, sauf à partir des années 1980, où les rapports annuels du SHOM identifient la spécialité. On peut seulement noter que l'effectif est assez fluctuant, ce qui est normal, le statut permettant aux intéressés de quitter rapidement les cadres alors que les modalités du recrutement et de la formation ont une action plus lente. Globalement et en moyenne, l'effectif réel est d'un peu moins de quatre-vingt-dix personnes, la part des affectations à l'EPSHOM croissant avec les années (d'une dizaine au départ à près d'une trentaine ces dernières années).

Le personnel civil

Dans la description de l'évolution des effectifs du personnel civil, nous nous limiterons au personnel de l'ordre technique spécifique aux activités du SHOM.

Ingénieurs d'études et de fabrications et techniciens supérieurs d'études et de fabrications

Les TEF sont au nombre de quarante-huit en 1971, ils sont encore quarante-deux en 1976, au moment de la réforme du corps et de la création du corps des ITEF. L'effectif de ce dernier passera rapidement à seize en 1979, alors que le corps des TEF, à partir duquel celui des ITEF s'est constitué à l'origine, descendra à vingt-sept en 1979 pour remonter ensuite à trente-sept au moment de la création du corps des TSEF en 1989.

A partir de 1990, la montée en puissance de l'océanographie militaire entraîne une augmentation sensible des effectifs de ces deux corps qui passent à vingt-trois pour les IEF et à quarante-trois pour les TSEF.

Les mesures de transformation de postes consécutives à la professionnalisation des armées à partir de 1996, entraînent une augmentation du nombre de postes de fonctionnaires civils dans la défense et modifient une nouvelle fois les effectifs, qui se montent respectivement à vingt-cinq pour les IEF et à cinquante pour les TSEF en 1997.

Agents sur contrat de niveau 1

Au nombre de quatre au moment de la création à Brest de l'EPSHOM, leur nombre va rapidement augmenter en raison de la transformation sous ce statut de postes de personnel non titulaire (officiers retraités employés pour l'information nautique).

(48) La loi des cadres du 4 mars 1929 porte l'effectif à 25, la loi du 2 mars 1938 à 31 et en 1954 l'effectif passe à 33.

(49) Les effectifs budgétaires étaient en 1963 de 37 IH ET 20 IDT, chiffres qu'il fut décidé de porter, par paliers, respectivement à 48 et 27 soit 75 au total. Après avoir atteint 41 et 23 (soit 64 au total), l'effectif budgétaire fut ramené en 1970 à 40 et 20.

(50) Protocole n° 257 EMM/PL/ORG du 2 juillet 1974.

C'est ainsi qu'en 1977, quatorze agents sous contrat de niveau 1 se trouvent affectés au SHOM, dont dix sont des officiers retraités de la marine nationale ou de la marine marchande. Le nombre de postes autorisés va rester stable jusqu'aux mesures résultant de la montée en puissance de l'océanographie militaire et de la création du centre militaire d'océanographie (CMO) en 1990 : en 1992, le nombre d'ingénieurs sous contrat (tous statuts confondus) passe à vingt-trois et en 1997, il est de vingt-neuf (dont dix ingénieurs cadres technico-commerciaux (ICT), gérés par la DGA).

Techniciens à statut ouvrier (TSO)

Le nombre de TSO au moment de la création du SHOM était de dix-huit, tous de spécialité dessinateur-cartographe. Il est de treize au 31 décembre 1997.

Agents cartographes (AC) et agents de traitement de données graphiques (AT)

Les agents cartographes, comme nous l'avons vu, forment une spécialité des ouvriers du livre créée en 1978 et dont le recrutement initial s'est réalisé sur essais, pour intégrer les « travailleurs à domicile » et les « ouvriers de complément » dans un corps bien réglementé. Leur nombre passe donc progressivement et lentement de deux en 1979 à vingt-quatre en 1987, date à laquelle l'ensemble des dessinateurs est titularisé.

Le recrutement initial dans la profession d'agent de traitement des données graphiques créée en 1992 sera réalisé sur essais de changement de profession réservés aux agents cartographes et aux autres ouvriers du livre (professions de l'imprimerie).

Au 31 décembre 1997, l'EPSHOM compte dix-neuf agents cartographes et sept agents de traitement de données graphiques.

RECRUTEMENT – FORMATION

Ingénieurs hydrographes, ingénieurs de l'armement

Recrutement

A la constitution du corps des ingénieurs hydrographes en 1814, la plupart des ingénieurs nommés avaient été formés « sur le tas » comme dessinateurs puis comme hydrographes au cours des levés effectués pendant l'Empire ; l'un d'eux (Raoul) était cependant officier de marine à l'origine et un autre (Bailly), ancien élève de l'école polytechnique. Dès le premier concours (1^{er} mars 1816), répondant au souhait du directeur du dépôt (Amiral de Rosily) et surtout de Beautemps-Beaupré « qui paraissait tenir beaucoup à ce que les futurs hydrographes sortent de l'école

polytechnique » [Rollet de L'Isle, op. cit.], les deux candidats admis étaient précisément anciens élèves de cette école.

Depuis lors, à l'exception de Benoist (ancien élève hydrographe nommé en 1819), tous les ingénieurs hydrographes seront recrutés à la sortie de l'école polytechnique⁵¹ jusqu'à la première moitié du 20^e siècle.

La loi du 4 mars 1929, si elle confirme en effet le recrutement des ingénieurs de 3^e classe par l'école polytechnique, prévoit un recrutement latéral d'ingénieurs de 1^{ère} classe parmi les officiers de marine des grades d'enseigne de vaisseau et de lieutenant de vaisseau ; la proportion des recrutements est de trois quarts aux élèves sortant de l'école polytechnique (catégorie a) pour un quart aux officiers de marine (catégorie b). « Les nominations auront lieu dans l'ordre suivant : les trois premiers tours à la catégorie a, le quatrième à la catégorie b »⁵².

Le premier officier de marine recruté par cette voie entre dans le corps en 1935. Par la suite, jusqu'à la fusion avec le corps des IA en 1970, dix-sept officiers de marine intègrent le corps pour quarante-sept recrutements à la sortie de l'école polytechnique. Un décret du 16 avril 1951 admet également au recrutement latéral au grade d'ingénieur de 3^e classe les candidats titulaires de certains diplômes de l'enseignement supérieur scientifique, mais aucun ingénieur n'intégrera le corps par cette filière.

La fusion du corps des ingénieurs hydrographes avec celui des IA entraîne une modification du recrutement. Celui-ci se fait à la base à la sortie de l'école polytechnique (au moins 67 % des ingénieurs en activité), le recrutement latéral se faisant au grade d'ingénieur soit sur titres, soit sur concours parmi les IETA, les officiers des armées et les titulaires de certains diplômes scientifiques, soit par examen professionnel parmi les IETA, officiers des armées, ingénieurs sous contrat. Le recrutement latéral peut aussi se faire au grade d'ingénieur principal, par concours ouvert aux ingénieurs principaux des études et techniques d'armement et aux officiers des armées du grade de commandant.

Formation

Au début de l'existence du corps, la formation des jeunes ingénieurs se fit essentiellement « sur le tas », en mission, et à Paris où ils pouvaient bénéficier de leçons professées par les ingénieurs anciens.

Vers les années 1860, des cours plus structurés furent organisés au sein du service sous la responsabilité d'ingénieurs confirmés et complétés par

(51) L'ordonnance du 2 juin 1830 stipulait dans son article 5 « qu'à l'avenir, le corps royal des ingénieurs hydrographes se recruterait exclusivement à l'école polytechnique ».

(52) Le décret du 15 décembre 1947 ajoute le paragraphe suivant : « Lorsqu'il n'existe pas de candidats de la catégorie a ou si le nombre est insuffisant, les vacances restantes sont comblées au profit de la catégorie b ».

des cours de travaux maritimes, de géologie et de langues à l'école des ponts et chaussées.

De plus, on prit l'habitude d'embarquer les ingénieurs-élèves à bord du bâtiment école des aspirants sortant de l'école navale.

En 1946, est créée une école d'application du service hydrographique⁵³, rattachée au directeur adjoint du service hydrographique et qui comporte trois divisions :

- première division : ingénieurs hydrographes
- deuxième division : seconds maîtres et quartiers-maîtres candidats au brevet d'hydrographe
- troisième division : agents techniques du service hydrographique.

La formation des ingénieurs hydrographes y est assurée sur deux années par des cours professés par des ingénieurs du service et complétée par des cours spéciaux suivis à l'école nationale des ponts et chaussées et à l'école nationale des sciences géographiques.

Entre les deux sessions du cours de 1^{ère} division, les ingénieurs-élèves sont embarqués en stage pratique à bord d'un bâtiment hydrographique opérant sur les côtes de France.

Avant leur admission à l'école d'application, les ingénieurs sortant de l'école polytechnique accomplissent un an d'embarquement à bord du bâtiment-école d'application des enseignes de vaisseau.

Avec l'intégration du corps dans celui des ingénieurs de l'armement, l'école d'application-1^{re} division est supprimée et intégrée à l'école nationale supérieure de techniques avancées (ENSTA), école d'application des ingénieurs de l'armement, héritière, avec l'école nationale supérieure de l'aéronautique et de l'espace, des écoles d'application des anciens corps d'ingénieurs fusionnés.

Ingénieurs des directions de travaux (IDT), ingénieurs des études et techniques d'armement (IETA)

Recrutement et formation

Le décret de création du corps des IDT du SHOM prévoyait le recrutement au choix sur examen probatoire parmi les TEF du SHOM. C'est dans ces conditions que furent recrutés les IDT jusqu'à la fusion des corps avec celui des IETA en 1970.

Le recrutement se fit alors essentiellement par la voie de l'ENSIETA, c'est à dire par concours du niveau

de mathématiques spéciales. Jusqu'en 1996⁵⁴, un recrutement spécifique de la spécialité « hydrographie »⁵⁵ était prévu ; depuis, le choix de la spécialité se fait au cours de la scolarité, dans les mêmes conditions pour tous les élèves.

Un recrutement latéral est prévu dans le corps des IETA, mais il ne s'est pas concrétisé pour la spécialité « hydrographie ».

Ingénieurs techniciens d'études et de fabrications (ITEF), ingénieurs d'études et de fabrications (IEF)

Recrutement

Le corps des ITEF a été constitué en 1976 et refondu en 1989 sous le nom d'IEF. Le recrutement s'effectue, soit par concours externe, ouvert aux titulaires d'un diplôme de niveau II (licence ou maîtrise) (avant 1989, niveau DUT), soit par concours interne parmi les fonctionnaires de l'ordre technique de catégorie B.

Un recrutement au choix parmi les techniciens supérieurs d'études et de fabrications d'une certaine ancienneté est également prévu.

Formation

Les ITEF nouvellement recrutés devaient faire un stage d'un an ; depuis 1989, le stage doit durer dix-huit mois, dont les douze premiers sont consacrés à une formation d'adaptation à l'emploi, organisée de façon centralisée.

Officiers marins hydrographes

Recrutement

Le recrutement initial de la spécialité, en 1934, se fit parmi les officiers marins volontaires, titulaires du certificat d'adjoint hydrographe.

Par la suite, le recrutement se poursuit parmi les seconds maîtres, titulaires du certificat d'aide-hydrographe et sélectionnés par les examens antérieurement prévus pour l'obtention du certificat d'adjoint hydrographe⁵⁶.

Le recrutement se fit ensuite (et l'est toujours) par changement de spécialité, que les intéressés soient ou non titulaires du certificat d'aide hydrographe.

Formation

Jusqu'à la création de l'école d'application du SHOM en 1946, la formation des hydrographes⁵⁷ se fit par un

(53) Arrêté du 11 mai 1946.

(54) Arrêté du 17 octobre 1996.

(55) Initialement identifiée comme spécialité, l'hydrographie devint une option puis une branche. Depuis 1996, l'hydrographie relève de l'une des deux options de la branche « électronique ».

(56) Au départ, il n'était pas prévu de brevet supérieur dans la spécialité.

(57) Décret du 26 novembre 1937 – article 19.

stage préalable au service central à Paris, puis à bord d'un bâtiment affecté à une mission hydrographique sur les côtes de France. Un examen sanctionnait la formation et permettait d'être nommé hydrographe « dans la limite des vacances ».

A partir de 1946, les cours de la deuxième division de l'école d'application du SHOM durent cinq mois, du 1^{er} novembre au 1^{er} avril, puis les élèves sont embarqués pour un stage pratique de sept mois sur un bâtiment hydrographique d'une mission opérant sur les côtes de France, stage à l'issue duquel ils passent un examen d'admission dans la spécialité.

En 1966⁵⁸, il est précisé que « pour l'obtention du certificat d'aptitude à faire le quart en chef, l'examen est passé à l'issue d'un stage particulier de trois mois à l'école de manœuvre... ». En 1968, ce stage optionnel devient obligatoire⁵⁹ et suit le stage pratique en mission hydrographique⁶⁰. Sa durée passera ensuite à quatre mois⁶¹.

L'école d'application est supprimée en 1973 et remplacée par l'**école des hydrographes**⁶² chargée de la formation des officiers marins hydrographes et de la formation spécifique des TEF.

La durée des cours du brevet d'hydrographe est portée à vingt-trois mois, en quatre phases :

- un cours d'hydrographie à l'école des hydrographes - durée neuf mois ;
- un stage embarqué de trois mois à bord de bâtiments affectés aux missions hydrographiques et océanographiques métropolitaines ;
- un cours de chef de quart à l'école de manœuvre et des chefs de quart - durée cinq mois ;
- un stage pratique embarqué de six mois à bord de bâtiments affectés aux missions métropolitaines.

La formation sera encore plusieurs fois réorganisée⁶³, mais sur le même principe, pour tenir compte de la redéfinition du rôle de l'hydrographe en 1992 et en 1996 (notamment suppression de l'aptitude à faire le quart en chef). La durée totale de la formation, après être passée à vingt-six mois, est aujourd'hui de vingt-quatre mois.

Agents techniques et techniciens supérieurs d'études et de fabrications

Recrutement

Ce n'est qu'en 1908⁶⁴ que s'organisent le recrutement et la formation des agents techniques du service hydrographique. Dorénavant ceux-ci se recrutent sur concours, du moins pour les agents de la

première catégorie qui comprend les calculateurs, dessinateurs et graveurs. Ceux de la deuxième catégorie (agents des cartes et des instructions nautiques, agents des instruments, correcteurs et photographes) sont choisis après examen parmi les officiers marins, quartiers-maîtres et marins ou à défaut sur concours. Cette distinction entre les catégories ayant été abolie, l'embauche se fait ensuite exclusivement sur concours⁶⁵ ; les candidats pour la spécialité de dessinateur pouvaient avoir suivi les cours de l'école des dessinateurs géographes du service géographique de l'armée ou être titulaires du diplôme d'études supérieures de cartographe de l'institut géographique de Paris.

Le nouveau statut de technicien d'études et de fabrications du service hydrographique⁶⁶ ne change pas le mode de recrutement qui se fait toujours sur concours spécifique, les écoles techniques du ministère ne préparant pas aux spécialités du corps.

Par la suite, la spécificité du recrutement s'atténue, celui-ci pouvant se faire à la sortie des écoles techniques ; le SHOM sera amené à participer à la formation de ses techniciens, au sein de l'école d'application (3^e division), puis de l'école des hydrographes. Notons aussi que la possibilité de sélection au choix parmi les ouvriers subsista jusqu'à la création du corps des TSEF en 1989.

Formation

Le recrutement se faisant par concours, au sein d'une population ayant déjà reçu une formation technique initiale, la formation d'adaptation consiste en un stage d'une durée d'un an.

Techniciens à statut ouvrier (TSO)

Recrutement et formation

Le recrutement se fait sur essais professionnels. Le SHOM a jusqu'ici essentiellement recruté ses TSO au sein des dessinateurs et des agents cartographes.

Agents cartographes et agents de traitement de données graphiques

Recrutement et formation

De création récente (1978 et 1992 respectivement), ces spécialités ouvrières ont été constituées sur essais professionnels. En outre, trois concours externes de recrutement d'agents cartographes furent organisés en 1978, 1980 et 1984. Les agents embauchés par cette voie suivirent une formation initiale de deux ans

(58) Arrêté n° 2 du 10 janvier 1966.

(59) Arrêté n° 12 du 29 avril 1968.

(60) Il est précisé que « le brevet de la spécialité d'hydrographe donne l'aptitude à faire le quart en chef (pont) ».

(61) Arrêté n° 20 du 1^{er} juillet 1970.

(62) Arrêtés n° 14 et 15 du 16 août 1973.

(63) Circulaire n° 3860 DEF/DPMM/2/A/ du 19 novembre 1982, instruction n° 104 DEF/DPMM/2/E du 6 janvier 1993 et instruction n° 212 DEF/DPMM/2/E du 26 janvier 1996.

(64) Décret du 11 janvier 1908 et arrêté du 29 janvier 1908.

(65) Arrêté du 24 février 1923 puis décret du 21 juin 1932 et arrêté du 30 janvier 1934.

(66) Décret n° 53-1221 du 8 décembre 1953.

comprenant une année à l'école nationale des sciences géographiques (formation de dessinateur cartographe) puis une année de spécialisation en cartographie marine. Ils bénéficièrent ensuite, comme les agents recrutés sur essais, de cours de perfectionnement donnés à la demande.

Les agents de traitement de données graphiques, recrutés par changement de profession, suivent des cours de perfectionnement organisés à la demande.

CONCLUSION

Au fil de la découverte de près de 200 ans d'histoire des personnes qui ont fait le SHOM, il me semble que quelques constatations peuvent être faites.

Ce qui frappe d'abord, c'est, malgré les innovations techniques permanentes, une grande stabilité de l'institution depuis 150 ans, dans ses propres statuts et dans la composition de son personnel. Certes ces données évoluent, mais tout se fait sans bouleversement fondamental, même aux heures les plus sombres... tout au moins jusqu'au tournant des années 1970 ; il semble qu'alors une accélération

permanente soit donnée à l'évolution des structures, qu'il s'agisse de technique ou de réglementation. L'histoire dira s'il s'agit d'une simple impression, due au manque de recul, ou si réellement nous nous trouvons à une époque charnière, comme au début du 19^e siècle.

Une autre constatation concerne la qualité du personnel que le service s'est toujours efforcé de rechercher et de garantir, malgré les difficultés inhérentes aux lourdeurs administratives. Que ce soit pour le personnel militaire, à terre ou embarqué, ou pour le personnel civil, parfois à la limite ou même en marge des règlements, la meilleure adaptation des qualifications et des effectifs fut recherchée, et souvent officiellement obtenue, ... « à l'usage ».

Une caractéristique particulière du « SH » a su se conserver, malgré la partition en direction parisienne et en établissement brestois, c'est un « esprit maison » très développé à tous les niveaux d'emploi du personnel, avec toutes les valeurs qui lui sont attachées, de qualité et de service. Cet esprit et ces valeurs ne seront préservés à l'avenir que dans la mesure où le service saura éviter le risque de se transformer (ou d'être transformé !) en une institution au personnel essentiellement composé de « mercenaires ».

RÉFÉRENCES

ROLLET DE L'ISLE M. - Étude historique sur les ingénieurs hydrographes et le service hydrographique de la marine. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 1 (bis), 1950, p. 1 à 378.
CABART-DANNEVILLE M. - Proposition de loi tendant à réorganiser le service hydrographique de la marine. Annexe au procès-verbal de la séance du 10 juillet 1906, P. Mouillot, imprimeur du Sénat, Palais du Luxembourg, Paris, 1907.

Autres sources

COVILLAULT P. - Histoire du service hydrographique de la marine. Publication interne SHOM, 1979.
EPSHOM - Rapports annuels, 1972 à 1997.
LEPS E. - Notice sur le dépôt de la marine - Photocopie d'un manuscrit avec addendum daté de 1869, Paris, 1867.
SHOM - Rapports annuels, 1981 à 1997.

LE PERSONNEL DU SHOM EN 1998

Jean-Claude GUYON

Ingénieur en chef de l'armement

Direction du service hydrographique et océanographique de la marine

GÉNÉRALITÉS

Cet article décrit la situation du personnel du service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) au début de 1998 en indiquant les effectifs et en montrant la diversité de leurs formations et de leurs statuts.

Les effectifs des différentes catégories du personnel du SHOM sont décomptés dans son rapport d'activité annuel. Le tableau ci-après, extrait de l'édition 1997, décrit les effectifs réels au 31 décembre 1997.

Étant un service de la marine sans personnalité juridique, le SHOM n'a pas d'autonomie en matière de gestion courante de son personnel. Ses effectifs sont fixés et régulés par d'autres directions du ministère de la défense, en fonction de contraintes dont il est parfois difficile d'avoir une juste vision.

Les besoins que le SHOM a pour vocation de satisfaire sont immenses, que ce soit en hydrographie générale ou en océanographie militaire et ne relèvent pas d'une simple loi d'offre et de demande. Ses effectifs résultent principalement des moyens que l'État accepte de lui consacrer.

LA SITUATION DES EFFECTIFS

Pour exercer ses attributions, le SHOM comporte :

- une direction, située à Paris, composée de moins de trente personnes ; elle organise et contrôle l'activité des différents éléments du service et assure une large part de ses relations extérieures ;
- un établissement principal, l'EPSHOM, situé à Brest, avec deux antennes, l'une à Toulouse et l'autre à Lannion. Il assure la centralisation et la gestion des informations, la production et la diffusion des documents (cartes, ouvrages, produits numériques), la conduite des études et des recherches, le soutien des forces maritimes et des autres éléments du SHOM. L'ensemble représente quatre cent trente personnes environ ;
- trois missions hydro-océanographiques, qui réalisent les levés à la mer, dans les espaces maritimes français et en haute mer, à partir de Brest, Toulon, Nouméa et Papeete. Elles exercent leur activité sur 6 navires au tonnage global de 7 000 t. Leur effectif global, équipages des navires compris, est légèrement inférieur à quatre cents personnes.

Malgré sa taille relativement modeste, le SHOM se caractérise par la diversité des origines et des statuts de son personnel. Celui-ci comprend le personnel relevant hiérarchiquement du directeur du SHOM, soit 631 personnes au 31 décembre 1997, et les équipages des navires hydro-océanographiques, soit 254 personnes. Le détail des effectifs réels au 31 décembre 1997 est donné dans le tableau ci-joint.

LES FONCTIONS DU PERSONNEL

L'article précédent montre l'évolution des missions du service et donc l'évolution des compétences demandées à son personnel. La situation actuelle peut être résumée comme suit, à partir de la désignation du service.

Le qualificatif « hydrographique » correspond aux missions de service public, qui relèvent de l'action de l'État en mer et demandent notamment l'élaboration des cartes et ouvrages nautiques au profit des usagers fréquentant les eaux françaises ainsi que de l'ensemble des marins français fréquentant les mers du globe.

Le qualificatif « océanographique » correspond à l'océanographie militaire, relative à l'acquisition et à la diffusion des connaissances et informations sur l'environnement marin nécessaires à la défense. L'océanographie militaire, dont le SHOM a la responsabilité, porte sur tous les milieux qui constituent cet environnement, c'est-à-dire le fond de l'océan, le milieu liquide, les couches basses de l'atmosphère, dans les limites des zones d'intérêt de la marine pour ses opérations aéronavales.

Il en résulte pour le SHOM quatre catégories d'activités :

- l'établissement, l'entretien, la diffusion de la documentation nautique avec l'obligation de la tenir à jour,
- l'établissement, l'entretien, la diffusion au sein de la défense de produits météo-océanographiques à usage militaire,
- l'exécution ou le contrôle de travaux à la mer,
- un effort continu de recherche et développement, afin d'améliorer la qualité des prestations fournies aux usagers civils et militaires, grâce à l'adaptation des nouvelles technologies et des avancées scientifiques.

Tableau des effectifs du SHOM au 31 décembre 1997

	DIRSHOM PARIS	EPSHOM		UNITÉS HYDRO	NAVIRES (**)	TOTAL
		BREST	TOULOUSE (*)			
Personnel militaire						
Ingénieurs de l'armement	5	11	2	6	0	24
Ingénieurs des études et techniques d'armement	2	27	4	12	0	45
Officiers et aspirants	2	15	7	4	22	50
Officiers marins hydrographes	2	24	0	57	0	83
Officiers marins Métoc	1	4	17	0	0	22
Officiers marins des autres spécialités	2	12	4	17	94	129
Scientifiques du contingent et SITEC	0	13	7	7	0	27
Quartiers-maîtres et matelots	4	23	1	48	138	214
<i>Personnel en formation</i>						
Cours de programmeurs	0	7	0	0	0	7
Elèves hydrographes (BS)	0	13	0	0	0	13
Elèves Métoc (BS)	0	0	9	0	0	9
Sous-total personnel militaire	18	149	51	151	254	623
Personnel civil						
Ingénieurs et agents contractuels de niveau 1	0	29	1	0	0	30
Autres agents contractuels	0	11	0	0	0	11
Fonctionnaires administratifs : niveau 1	0	3	0	0	0	3
Fonctionnaires administratifs : niveau 2	2	11	1	0	0	14
Fonctionnaires administratifs : niveau 3	3	14	0	0	0	17
Fonctionnaires techniques : niveau 1	0	25	0	0	0	25
Fonctionnaires techniques : niveau 2	0	50	0	0	0	50
Techniciens à statut ouvrier	0	13	0	0	0	13
Ouvriers	1	98	0	0	0	99
Sous-total personnel civil	6	254	2	0	0	262 (***)
TOTAL	24	456		151		
		631			254	885

(*) le personnel de la marine mis à disposition de Météo-France à Toulouse (4 officiers marins Métoc et 4 matelots SITEC) a été ajouté aux effectifs du SHOM.

(**) les effectifs indiqués pour les bâtiments hydro-océanographiques sont les effectifs théoriques.

(***) correspond à un effectif de 249 personnes « équivalent temps plein ».

La diversité des compétences exigées pour exercer ces activités apparaît bien dans les grands objectifs de formation technique du personnel que le service s'est fixés en 1997 :

- la constitution et la gestion des bases de données, les techniques de classification, de traitement et de modélisation des données,
- l'utilisation des équipements de cartographie numérique et de publication assistée par ordinateur,

- la propagation des ondes acoustiques sous-marines, la circulation et la modélisation océaniques,
- les techniques numériques et les méthodes informatiques d'impression, les outils informatiques de gestion,
- l'administration des systèmes informatiques et des bases de données, la gestion et la sécurité des réseaux, les progiciels,
- la métrologie, le traitement du signal, le calcul des lignes de mouillage, les technologies instrumentales.

LES FORMATIONS

Le personnel relevant du directeur du SHOM se répartit en neuf catégories principales :

- ingénieurs des corps militaires de l'armement,
- officiers de la marine,
- officiers marinières du corps des équipages de la flotte,
- quartiers-maîtres et matelots engagés,
- personnel du contingent,
- fonctionnaires des corps techniques,
- fonctionnaires des corps administratifs,
- techniciens à statut ouvrier et ouvriers,
- ingénieurs et agents contractuels.

Il existe quelques cas particuliers supplémentaires : les ingénieurs des travaux de la météorologie mis pour emploi au SHOM par Météo-France, les ouvriers de complément gérés par le SHOM et rémunérés sur les produits des ventes de documents.

A cette répartition par statuts, il faut superposer une répartition par « spécialités ». Le SHOM a besoin d'une part de compétences dans des domaines non spécifiques (administration, finances, gestion du personnel, informatique, électronique, etc.) et d'autre part de compétences qui lui sont propres. Au premier groupe correspondent environ deux cents personnes, au second quatre cents. Le premier groupe n'appelle pas de commentaires particuliers en matière de formation. Seules les formations associées au second groupe, désigné par commodité « personnel technique du SHOM », sont précisées ci-dessous.

Le « personnel technique du SHOM » comprend :

Les ingénieurs de l'armement (IA)

Ils sont issus pour la plupart de l'école nationale supérieure de techniques avancées (ENSTA), qui est l'école d'application des ingénieurs militaires issus de l'école polytechnique. Un recrutement sur concours du niveau de mathématiques spéciales ou sur titres est également ouvert. L'ENSTA assure une formation de niveau élevé aux élèves civils ou militaires qu'elle reçoit. Son enseignement, qui dure deux ou trois ans suivant le type de recrutement, comporte des domaines optionnels parmi lesquels on trouve la branche « environnement marin » consacrée à l'océanographie. Le programme de cette branche ne comporte pas de formation aux techniques de levé hydrographique et le SHOM complète sur ce point la formation des ingénieurs qu'il accueille, après leur sortie de l'ENSTA. Ceux-ci sont destinés à exercer des fonctions d'encadrement supérieur ou des recherches et études de haut niveau.

Les ingénieurs des études et techniques d'armement (IETA)

La formation scientifique et technique des IETA est assurée par l'école nationale supérieure des ingénieurs

des études et techniques d'armement (ENSIETA), implantée à Brest, qui recrute sur concours spécifique de niveau mathématiques spéciales. Elle comporte différentes branches parmi lesquelles on trouve l'hydrographie. L'enseignement s'étend sur trois ans, après une formation initiale militaire d'une année. Les programmes sont répartis entre la formation générale et les disciplines de spécialités : le programme de la branche hydrographie est homologué au niveau A par la fédération internationale des géomètres et l'organisation hydrographique internationale (FIG-OHI). L'enseignement de spécialité des deux dernières années de formation est essentiellement assuré par les ingénieurs de l'EPSHOM. Le SHOM emploie aussi des IETA d'autres branches, spécialisés en électronique ou en informatique. Les IETA affectés au SHOM assurent des fonctions d'encadrement et d'études dans tous les domaines d'activité du service.

Les ingénieurs civils sur contrat (ISC) et ingénieurs cadres technico-commerciaux (ICT)

Généralement formés à l'université ou dans les écoles d'ingénieurs, ils sont recrutés sur dossier, essentiellement pour assurer des travaux de recherche (océanographie, géosciences) orientés vers la satisfaction des besoins de la défense.

Les ingénieurs d'études et de fabrications (IEF)

Formant un corps de fonctionnaires civils de la défense de catégorie A, les IEF sont chargés de la préparation et de la conduite des travaux d'étude et de production. Ils sont recrutés par concours interne, ouvert aux TSEF (voir ci-après) ayant au moins cinq ans d'expérience professionnelle et par concours externe ouvert aux titulaires de diplômes de niveau II (licence ou maîtrise). Les IEF reçoivent une formation d'adaptation d'une année.

Les techniciens supérieurs d'études et de fabrications (TSEF)

Les TSEF constituent un corps de fonctionnaires civils de la défense de catégorie B qui comporte de nombreuses spécialités. Ceux qui entrent au SHOM sont répartis entre les branches suivantes : arts graphiques, sciences et techniques de la mer, statistiques et traitement informatique des données. Le SHOM emploie également des TSEF spécialisés en informatique, en électronique et en instrumentation, qui n'ont pas reçu de formation spécifiquement hydrographique.

Le statut des TSEF spécifie que ces techniciens « exercent sous l'autorité d'un ingénieur ou d'un agent de catégorie A des fonctions de conception, d'encadrement et de réalisation ».

Le recrutement de ces techniciens se fait soit par l'école technique normale (ETN) de Brest, par concours ouvert aux bacheliers, soit par concours direct (parfois interne, mais le plus souvent externe) ouvert aux

titulaires d'un diplôme « bac + 2 » ou « bac + 3 ». La formation à l'ETN s'étend en général sur deux ans. Pour la spécialité de cartographe, les élèves reçoivent une formation de cartographie générale en deuxième année à l'école nationale des sciences géographiques (ENSG) à Marne-la-Vallée (77) ; ils reçoivent en troisième année, à l'EPSHOM, une formation aux techniques adaptées à l'hydrographie.

Les TSEF recrutés par concours direct reçoivent une formation statutaire complémentaire d'une année.

Les officiers mariniers hydrographes (OMH)

Les OMH sont recrutés parmi le personnel engagé dans la marine (maistranciers ou engagés de longue durée). Ils reçoivent une formation de spécialité de deux ans à l'école des hydrographes qui fonctionne au sein de l'EPSHOM. La première année comprend une formation théorique et pratique à la manœuvre et à la navigation et une formation générale militaire et scientifique. La deuxième année est consacrée à la formation théorique et pratique à l'hydrographie, à l'école puis en mission hydrographique ou océanographique. En 1998, la spécialité d'hydrographe conserve au sein du service une particularité : c'est le seul groupe composé uniquement d'hommes.

Le brevet d'hydrographe est un brevet supérieur de la marine homologué au niveau III des diplômes de l'enseignement technologique. Il est également homologué dans la catégorie B des diplômes d'hydrographes FIG-OHI. Il est complété en cours de carrière par une formation dite de « quatrième niveau » permettant l'obtention du certificat supérieur d'hydrographe.

Un certain nombre d'OMH reçoivent une formation de programmeur pendant huit mois, afin de répondre aux besoins des missions pour la conduite informatisée des opérations de levés et les travaux de rédaction.

A part cinq hydrographes affectés dans des états-majors ou en service détaché, l'ensemble des hydrographes exercent leur activité au sein du service, plus spécialement à des postes embarqués, surtout dans les premières années de leur carrière. Ils ont cependant de nombreux postes à terre, notamment à l'EPSHOM, à l'école des hydrographes et dans les bureaux d'études de l'établissement.

Les officiers mariniers Métoc

Le SHOM, depuis 1996, est autorité de tutelle de la spécialité des marins météorologistes-océanographes (Métoc), qui sont affectés à bord des grands bâtiments de surface de la marine, dans les bases de l'aéronautique navale, dans les états-majors et au centre militaire d'océanographie (CMO) à l'EPSHOM.

La spécificité d'un officier marinier Métoc est sa formation en environnement océanographique. En

quelque sorte, les effectifs de cette spécialité traduisent l'importance donnée à l'océanographie militaire.

A titre historique, rappelons qu'avant 1947 le service avait la responsabilité de la météorologie maritime. Le SHOM, à l'occasion des restructurations de la défense, renoue ainsi avec une mission qu'il assurait dans le passé.

Recrutés, comme les OMH, parmi les maistranciers mais aussi parmi les engagés de longue durée, les Métoc sont formés à l'école des marins Métoc (Ecométoc), installée à Toulouse sur le site de l'école nationale de la météorologie (ENM), organisme de Météo-France. Les formations que l'Ecométoc dispense (brevet d'aptitude technique et brevet supérieur) sont organisées en concertation avec l'ENM. Le brevet supérieur est homologué au niveau III des diplômes de l'enseignement technologique.

Un certain nombre de Métoc reçoivent pendant huit mois la formation de programmeurs à l'école des hydrographes.

Contrairement aux hydrographes, en majorité en activité au SHOM, seuls dix-huit Métoc sur cent-soixante sont affectés dans le service.

Les agents cartographes

Recrutés sur essais professionnels ou sur concours externe et relevant du personnel ouvrier, les agents cartographes constituent le personnel d'exécution de la section de cartographie de l'EPSHOM. Le cycle de formation initiale après concours dure deux ans et comprend le cours d'une année de dessinateur cartographe de l'école nationale des sciences géographiques puis une année de spécialisation en cartographie marine à l'EPSHOM. Le dernier recrutement par concours remonte à 1984.

PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION DES EFFECTIFS

Après avoir bénéficié jusqu'en 1996 d'une croissance modérée liée à la création en 1990 du centre militaire d'océanographie (CMO) au sein de l'EPSHOM, le SHOM est confronté aujourd'hui aux mesures générales de resserrement des moyens de la défense. Leurs conséquences sur le format du SHOM entraîneront une diminution globale de ses effectifs. Cette diminution résultera d'abord de la suppression du service national, avec notamment le tarissement progressif du recrutement des scientifiques du contingent et assimilés, partiellement compensé par l'arrivée de personnel civil dans les unités dites « à terre ». Elle sera accompagnée d'une réduction des effectifs budgétaires militaires et civils qui, compte tenu des garanties statutaires dont bénéficient les fonctionnaires, combinerait d'une part des mesures d'incitation au départ volontaire et d'autre part le remplacement partiel ou le non remplacement des départs normaux ou anticipés. Il

est aujourd'hui prévu de ramener l'effectif global du SHOM à 650 personnes en 2002.

Sur la base d'un effectif technique de quatre cents personnes et d'une durée moyenne de services de trente années, on obtient un taux moyen de recrutement de treize personnes par an. Le recrutement dans chacune des catégories décrites précédemment ne dépassera donc pas quelques unités par an. Il risque d'être quasiment nul dans certaines catégories, par exemple celle des ingénieurs civils où, en raison d'une population relativement jeune, les seules ouvertures de postes envisageables actuellement se limitent à des remplacements de départs fortuits et donc imprévisibles.

Pour ceux qu'attirent les métiers du SHOM, ce taux de recrutement modeste n'est pas le seul élément à prendre en compte. Ils doivent aussi être conscients que les compétences techniques ne suffisent pas plus à faire un bon hydrographe qu'à faire un bon marin. Les premières lignes de la brochure « formations et carrière au SHOM » sont rédigées à leur intention. On y relève les qualités demandées à toutes les catégories de personnel du SHOM :

« Qu'il devienne ingénieur ou technicien, militaire ou civil, ce qui compte beaucoup pour le candidat à un emploi au SHOM, c'est sa personnalité et son caractère. Il ne suffit pas d'avoir le goût des choses de la mer. Ceux qui cherchent à faire carrière au SHOM devront réfléchir à leurs capacités à travailler en équipe dans des conditions à la mer parfois inconfortables.

Les exigences du SHOM vis-à-vis de ses personnels sont toutefois à la hauteur des responsabilités qui leur sont confiées. La plupart des travaux concourent à la sécurité des navigateurs. Par ailleurs, le SHOM met en œuvre des méthodes et des techniques nouvelles en pleine évolution. Chacun à son niveau doit faire preuve de la volonté de parfaire ses connaissances.

En fin de compte, peut-on citer beaucoup de métiers demandant un engagement plus complet sur les plans intellectuel, moral et parfois physique ? »

QUELQUES FIGURES MARQUANTES DU CORPS DES INGÉNIEURS HYDROGRAPHES

André COMOLET-TIRMAN
Ingénieur général de l'armement (hydrographe) (2^e S)

INTRODUCTION

En dehors des ingénieurs qu'ils ont connus, et en dehors de Beautemps-Beaupré leur père à tous, les personnels du SHOM ont tout au plus quelques noms en tête, soit pour les avoir lus distraitemment dans le titre de cartes naguère en service (ou même encore en service), soit plutôt parce que ces noms sont attachés à un document, à une méthode ou à un instrument : marégraphe *Favé*, graphiques orthodromiques du même ingénieur, drague *Renaud*, correction *Givry* (bien connue des navigateurs, qui ignorent naturellement qu'il s'agit d'un ingénieur hydrographe), projection de *Hatt*, traité des projections de *Germain*, notions d'hydrographie expéditive de *Germain* et *Hanusse*, recueil des constantes de marée de *Courtier*, astrolabe à prisme de Claude et *Driencourt*, méthode *George* ... Mais ces éléments de mémoire eux-mêmes s'estompent au fur et à mesure que l'évolution des techniques relègue leur support au magasin des antiquités.

Je mets à part, bien entendu, les spécialistes qui sont amenés à se plonger dans les études antérieures relatives à leur discipline, et surtout les directeurs de mission qui doivent consulter, lorsqu'ils existent, les rapports de ceux qui ont travaillé avant eux dans la même zone. En effet, outre leurs aspects techniques, ces rapports publiés dans les *Annales hydrographiques* permettent souvent de pressentir la personnalité de leur auteur. Je fais exception aussi des lecteurs de l'ouvrage *Mesurer la Terre* de J.-J. Levallois, dans lequel J. Bourgoïn a présenté, de manière remarquablement documentée, la contribution des ingénieurs hydrographes à la géodésie [Levallois, 1988].

Le cent-cinquantenaire des *Annales* est une excellente occasion pour tenter d'esquisser un rapide panorama de ces ingénieurs, illustré par quelques exemples significatifs.

PREMIÈRE PARTIE : PANORAMA D'ENSEMBLE

Bref rappel historique

Le titre d'ingénieur hydrographe avait été utilisé sporadiquement depuis longtemps pour désigner des géographes plus spécialement tournés vers la représentation des mers, mais il fut appliqué systématiquement aux ingénieurs affectés au Dépôt des cartes et plans à partir de 1794, et l'on peut dire que le corps existait virtuellement à cette date ; le 26 Pluviôse An XII (16 février 1804), ils furent même dotés d'un uniforme... mais sans que soit adopté simultanément le statut de corps militaire proposé pour eux.

Il fallut attendre l'ordonnance royale du 6 juin 1814 pour que soit réellement créé le corps des ingénieurs hydrographes de la marine, dans lequel furent reclassés les ingénieurs déjà en service au Dépôt.

Cent cinquante six ans plus tard, ce corps qui avait vaillamment traversé bien des tempêtes était fusionné avec les principaux corps militaires dans le corps des ingénieurs de l'armement.

Il sera commode pour notre propos d'attacher à chaque ingénieur hydrographe le numéro d'ordre correspondant à sa date d'entrée dans le corps. Ces numéros sont donnés dans le tableau figurant en annexe. On peut ainsi rapidement situer un ingénieur dans le temps, en se rappelant que 1830 correspond en gros au n° 25, 1870 au n° 50, 1914 au n° 75, 1939 au n° 100.

Homogénéité du recrutement

Si les 13 premiers ingénieurs, ceux de la constitution initiale et des tout premiers recrutements, auxquels on peut ajouter le n° 16, Benoist, présent à l'origine sous un autre statut, sont d'origines très diversifiées (un seul est issu de l'École polytechnique), les choses changent à partir de 1816 où Beauteemps-Beaupré obtient que le recrutement se fasse exclusivement à Polytechnique. Et il en ira ainsi jusqu'en 1933 où s'ouvrira une possibilité d'accès pour les officiers de marine, un quart des vacances leur étant réservées.

Cette caractéristique du recrutement, on peut le noter en passant, contribue sans doute à expliquer que les ingénieurs exerçant un métier si tourné vers la mer ne soient pas plus souvent originaires des régions côtières : les provinces de l'intérieur et Paris sont en effet largement majoritaires. Mais la fascination de la mer et de ses représentations, l'envie de découvrir les espaces et les hommes en même temps que les secrets de la Terre, ne sont-elles pas des motivations universelles ? D'ailleurs, parmi les treize non polytechniciens de l'origine, deux seulement étaient nés au voisinage de la mer.

Homogénéité des carrières

Tout au long de l'existence du corps, les carrières ont été caractérisées par l'alternance des travaux à la mer, ou plus généralement « sur le terrain », et des

affectations sédentaires consacrées soit à l'exploitation des levés (pendant longtemps par celui-là même qui les avait réalisés), soit à des travaux ou études correspondant aux responsabilités du Service, soit encore à des activités de direction, sans oublier des activités d'enseignement et la participation active aux commissions nautiques chargées d'émettre un avis sur les projets d'ouvrages portuaires ou littoraux. Les embarquements faisaient se succéder les travaux sur les côtes de France ou des pays voisins et les campagnes lointaines, sur lesquelles je veux insister un peu.

Les campagnes

Dans la première moitié du XIX^e siècle, elles faisaient surtout appel au volontariat. Elles consistaient à embarquer sur des bâtiments chargés d'une mission scientifique particulière ou de la reconnaissance d'une côte, ou même à des voyages de circumnavigation. C'est ainsi que Bailly (n° 7) participa à l'expédition Baudin (1800-1804) ; que Vincendon Dumoulin (n° 26) fit partie du voyage de Dumont d'Urville au cours duquel fut découverte la Terre Adélie (1837-1840), ce qui lui vaut d'être le seul ingénieur hydrographe dont un timbre-poste¹ ait jusqu'à présent consacré l'effigie ; que de Laroche-Poncié (n° 25) embarqua sur le *Voltigeur* pour une reconnaissance des côtes du Maroc (1838), puis sur *La Recherche* comme membre de la commission scientifique du nord pour des reconnaissances des abords de l'Islande (1839), du Spitzberg et des Féroé (1840), enfin fut affecté à la station navale des mers de l'Inde et de la Chine (1843-1846) ; que Gaussin (n° 30) fit partie de l'expédition qui, sous les ordres de l'Amiral Bruhat, jeta les bases des établissements français aux Marquises et à Tahiti (1843-1847) ; que Delamarche (n° 28) prit part au voyage de l'*Erigone* (1847-1850).

Au milieu du XIX^e siècle, un tour de départ en campagne fut établi, mais il correspondit encore, pendant des années, non à des missions hydrographiques au sens où nous l'entendons maintenant, mais à des embarquements dans lesquels l'hydrographe était un auxiliaire du commandement lors d'opérations ayant une finalité propre, généralement liées à la création des colonies ou protectorats. C'est dire qu'il s'agissait en premier lieu de reconnaissances accompagnant des opérations militaires, donc d'hydrographie expéditive dans des conditions le plus souvent hostiles, et parfois sous le feu de l'ennemi, se transformant peu à peu en levés orientés vers le développement économique des territoires. Le travail déjà cité de Bourgoin [Levallois, 1988] présente, pays par pays, une excellente synthèse historique de l'action des ingénieurs hydrographes.

Qu'il me suffise ici, pour évoquer cette période qu'on peut à proprement parler qualifier d'héroïque, de citer deux exemples. En 1858, lors de l'expédition militaire contre la Chine, Edmond Ploix (n° 39) sonde les passes de Pei-Ho devant les forteresses ennemies et guida ensuite les forces dans le chenal ; le rapport de l'Amiral

(1) Timbre des Terres australes et antarctiques françaises.

Rigault de Genouilly annonçant le fait d'armes de Pei-Ho, qui fut affiché sur les murs de la capitale, précise : « *M. Ploix, ingénieur hydrographe, pilota la canonnière la Mitraille, il a rempli cette mission avec une sûreté de coup d'oeil que le sifflement du boulet n'a pas un seul instant troublée* » ; à 28 ans, il était officier de la légion d'honneur. En 1883, après le combat contre les Pavillons Noirs qui coûta la vie au commandant Rivière, engagement au cours duquel l'ingénieur hydrographe Garnier (n° 51) fut lui-même blessé, Renaud (n° 49), assisté de Rollet de L'Isle (n° 54), furent désignés pour se mettre aux ordres de l'amiral Courbet ; parmi les résultats de leur action, Courbet soulignait volontiers la disparition de la piraterie dans l'archipel complexe des Faï-tsi-long, au fond du golfe du Tonkin, dès lors que les travaux hydrographiques en eurent ouvert l'accès aux bâtiments de guerre.



Timbre de Vincendon Dumoulin.

Les guerres

Au même type d'actions lointaines se rattache la participation de Charles Ploix (n° 34) et de Manen (n° 38) à la guerre de Crimée en 1853-55. Quant aux guerres affectant le territoire métropolitain, elles ont évidemment interrompu les programmes hydrographiques. Les ouvrages de Rollet de L'Isle [Rollet de L'Isle, 1950] et de Covillault [Covillault, 1979] détaillent l'emploi qui fut fait des ingénieurs en 1870 et lors des deux guerres mondiales. Concernant la première, je rappellerai seulement que Gaston Rivier (n° 71) fut tué le 22 novembre 1915 au cours d'une reconnaissance photographique aérienne et que Clemenceau tint à saluer expressément le rôle joué par les ingénieurs hydrographes mis à la disposition du service géographique de l'armée dans les groupes de canevas de tir. On sait que la seconde vit, en 1940, la disparition en mer de Nicolas (n° 100) lors de l'évacuation de Dunkerque. On sait moins que la suite de la guerre conduisit certains à exercer des fonctions singulières : c'est ainsi que Vantrois (n° 86) exerça successivement les fonctions de commandant de l'École navale des F.N.F.L. à Portsmouth, de chef d'état-major de la marine en A.E.F. et au Cameroun, enfin de commandant de la marine en Côte française des Somalis.

Un métier physiquement éprouvant

Les risques de la guerre ne sont pas les seuls à avoir guetté les hydrographes. Leur santé était en effet menacée par les conditions mêmes de leur travail, soit

du fait de maladies liées à l'insalubrité des zones d'opération, soit parce que le rythme ne donnait guère le loisir de penser à sa santé. Capella (n° 15) mourut ainsi en 1821, à 26 ans, d'une fièvre pernicieuse contractée dans les marais de la baie de Bourgneuf ; Edmond Ploix (n° 39) décéda en 1879, à 49 ans, étant en mission devant Boulogne, d'une maladie non soignée à temps ; Ganthier (n° 56) mourut à Madagascar en 1903, à 42 ans ; le surmenage de Marti (n° 73) a sans nul doute accéléré les effets de la maladie qui l'a emporté à 47 ans ; Gerson (n° 79) est mort à 30 ans, en 1932, trois mois après son retour d'Indochine. Les campagnes lointaines étaient évidemment les plus éprouvantes et les rapatriements pour raison de santé étaient assez fréquents (six ont concerné Madagascar entre 1895 et 1909), de même que les congés de convalescence.

Les fonctions administratives

Les postes de responsabilité administrative auxquels accèdent progressivement les ingénieurs au cours de leur carrière leur fournissent d'autres préoccupations ; à toutes les époques, en particulier, les ingénieurs ont été contraints de consacrer une part importante de leur temps et de leur énergie à défendre le corps et le Service contre les vues sommaires de gens mal informés, et à échauffer de grands plans de réorganisation le plus souvent destinés à rester lettre morte.

La diversité des carrières

L'homogénéité n'exclut pas la diversité.

On n'a jamais pu être hydrographe sans s'intéresser à la fois à la géodésie, aux marées et aux techniques proprement hydrographiques. Et la géodésie a longtemps été tributaire de l'astronomie et de la chronométrie. Aussi n'est-il pas étonnant de voir ces différentes branches se mêler dans l'oeuvre de chaque ingénieur, mais en des proportions différentes. Les goûts de chacun et ses affectations successives conduisent bien souvent à une spécialisation qui, pour n'être pas exclusive, donne à sa carrière une coloration particulière. Des sciences ou techniques apparentées comme la navigation, la météorologie, la géophysique ou le régime des côtes trouvent également leur place dans ces spécialisations, qui sont parfois le prélude à une seconde carrière.

Les spécialisations "hydrographiques"

À côté de nombreux spécialistes de la géodésie ou de la marée, nous voyons Keller (n° 19), Delamarche (n° 28), Charles Ploix (n° 34), Caspari (n° 45), s'intéresser particulièrement à la météorologie² ; Lieussou (n° 27), Bouquet de La Grye (n° 37), Héraud (n° 43), Renaud (n° 49), d'autres encore, acquérir une compétence reconnue en matière de régime des côtes et d'études portuaires ; Pierre Daussy (n° 13) ou Bouquet de La Grye méritent d'être appelés "astronomes" ; Lieussou et Caspari, déjà cités, faire des études remarquables de chronométrie ; Keller (n° 19) travailler les questions de navigation, comme plus tard

(2) C'est à Keller que l'on doit la distinction fondamentale entre demi-cercle maniable et le demi-cercle dangereux des cyclones.

Favé (n° 50) ; Darondeau (n° 24), Gaussin et Caspari, déjà cités, mener des études poussées sur les compas magnétiques³ ; Delamarche, encore, s'intéresser aux câbles sous-marins ; Roussilhe (n° 64) se spécialiser en photogrammétrie ; Marti (n° 73) devenir un pionnier de l'acoustique sous-marine ; Vantroys (n° 86) s'orienter vers l'hydraulique et de là vers l'énergie des marées ; Lacombe (n° 90) se tourner vers l'océanographie physique avec le succès que l'on sait.

Lorsque n'apparaît pas de spécialité dominante, c'est souvent le signe que l'ingénieur était en fait spécialiste dans plusieurs domaines. Comme l'écrivait modestement Driencourt (n° 55), l'homme de l'astrolabe à prisme et du Traité des Projections : « *je n'ai pu me spécialiser dans aucune de ces branches, mais ai dû les travailler toutes plus ou moins* ». Bien des noms pourraient être cités de ce point de vue, depuis Dortet de Tessen (n° 22) jusqu'à Gougenheim (n° 78) et au-delà.

Nombre d'ingénieurs se sont vu décerner pour leurs travaux un prix de l'Académie des sciences, quelquefois même plusieurs. Et l'on aime à rappeler que onze d'entre eux sont devenus membres à part entière de cette prestigieuse institution (cf. tableau annexe). Plusieurs ont également été admis en qualité de titulaires dans le cercle très fermé du Bureau des longitudes. Après la création du Bureau hydrographique international en 1921, à laquelle Renaud (n° 49) avait pris une part prépondérante —qui l'aurait sûrement conduit à des fonctions de directeur si la mort ne l'avait emporté cinq semaines avant les élections— trois ingénieurs y ont été élus, dont deux ont exercé les fonctions de président du comité de direction. Vers la même époque ont été créés l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI) et son correspondant français le comité national français de géodésie et géophysique (CNFGG), et nombreux sont les ingénieurs qui ont pris une part active à la vie de ces organismes et y ont exercé des responsabilités. De même, depuis la reconstitution de l'Académie de marine, des ingénieurs hydrographes y ont régulièrement siégé.

Les centres d'intérêt extérieurs

Le métier d'hydrographe fournit aux esprits curieux des occasions d'observations qui débordent de son objet propre ou même y sont étrangères : linguistique, ethnographie, anthropologie, archéologie... Je citerai : les ouvrages de Vincendon Dumoulin (n° 26) sur les Îles Marquises et Tahiti ; les travaux de Gaussin (n° 30), d'une part sur les langues des Marquises et de Tahiti, la toponymie et ce qu'on peut en déduire sur les migrations, d'autre part sur la manière de caractériser mathématiquement la forme des crânes (il sera président de la société d'anthropologie en 1870) ; la participation active de Charles Ploix (n° 34) aux sociétés d'anthropologie (qu'il préside en 1880), de linguistique, des études grecques, et enfin des traditions populaires (il préside en 1889 à Paris le premier congrès des spécialistes de folklore) ; la reconstitution des rivages de l'antique Carthage par Manen (n° 38). Ce type

d'orientation était évidemment plus fréquent à une époque où presque tout était à découvrir et où les spécialistes étaient rares. A propos de linguistique, il convient de mentionner aussi l'action résolue de Rollet de L'Isle (n° 54) pour la promotion de l'espéranto. Certains travaux n'ont même aucun rapport, fût-il lointain, avec l'hydrographie. Un exemple de choix est celui de l'ouvrage de Keller (n° 20), intitulé *Abrégé pittoresque et mnémonique de l'Histoire Universelle*, sorte d'atlas empli de tableaux et de graphiques traitant de tous les aspects de l'histoire et de la civilisation⁴. Comment imaginer que les réflexions philosophiques ou religieuses soient ignorées des hydrographes ? Je citerai seulement les ouvrages de théologie luthérienne de Caspari (n° 45) et les articles de Chavanier (n° 77) parus dans *La Rouge et la Jaune*. Quant aux talents artistiques, ils ne sont évidemment pas absents non plus ; pour ne pas multiplier les exemples, je mentionnerai Caspari, encore lui, peintre et musicien, et Rollet de L'Isle (n° 54) à qui nous devons tant de dessins et d'aquarelles évoquant avec charme et humour les travaux hydrographiques ou les régions dans lesquelles ils se déroulent.



Dessin de Rollet de L'Isle : Ganthier en topographie.

(3) Paradoxe ! Les Anglais conservent mieux la mémoire de Gaussin que les Français. En effet, la version anglaise du *dictionnaire hydrographique international* appelle toujours « erreur de Gaussin » ce que la version française désigne sous le nom de « déviation de magnétisme rémanent ».

(4) Un exemplaire de cet ouvrage se trouve en salle des cartes à la direction du SHOM.

La retraite

Elle est souvent consacrée à ces domaines plus ou moins étrangers au métier. Mais il ne faut pas croire pour autant qu'elle soit incompatible avec la poursuite de travaux dans les domaines de l'hydrographie : un bel exemple parmi d'autres nous est offert par Cot (n° 61) qui, après avoir quitté la direction du Service, a consacré son temps à travailler au bénéfice du Bureau des longitudes, notamment pour la conception des éphémérides aéronautiques, et que la mort a surpris alors qu'il s'apprêtait, à 87 ans, à reprendre le calcul des tables des satellites de Jupiter. Je voudrais citer aussi Roumégoux (n° 82) —on a du mal à écrire son nom sans le faire précéder d'une épithète telle que « exquis » ou « délicieux »— se plongeant encore dans l'informatique bien des années après son passage dans la réserve, au bénéfice du Service. Et puisque nous parlons de belles longévités, je citerai ces paroles de Pélissier (n° 67), alors qu'il présidait, en tant que doyen d'âge, la séance de l'Académie du Var qui accueillait Lacombe (n° 90) : « *Votre silhouette qui n'a guère changé me ramène un peu plus de 40 ans en arrière, à l'heureux temps de mes 56 ans* ».

Homogénéité des qualités

On est frappé de constater la grande homogénéité des appréciations sur les ingénieurs et la permanence des qualités dominantes : compétence, sens du devoir, inlassable ardeur à la tâche, modestie. Un exemple typique est fourni par le jugement porté sur Laroche-Poncié en 1846 par le contre-amiral commandant la division des mers de l'Inde et de Chine : « *Je ne puis m'empêcher d'ajouter qu'il est impossible de trouver réunis à la fois plus de véritable talent et plus de modestie* ».

Naturellement, il faut quelques exceptions pour confirmer la règle. Concernant la modestie, ce n'est pas faire injure à la mémoire de Chazallon (n° 22), le découvreur des ondes de marées supérieures et composées, et le créateur de l'annuaire des marées, que de souligner à quel point il avait conscience de sa valeur : il suffit de lire l'introduction du premier annuaire, dans lequel il fustige l'obscurantisme de ses supérieurs et laisse entendre que toutes ses études ont dû être faites sur son temps libre.

Il y a aussi quelques personnalités hors normes, comme notre n° 84, dont l'involontaire fantaisie vestimentaire prêtait à rire, mais qui était capable de trouver des solutions lumineuses aux problèmes les plus complexes, il est vrai au bout d'un temps imprévisible, largement consacré à autre chose qu'à la maturation de la question posée.

SECONDE PARTIE : QUELQUES EXEMPLES

Comment faire un choix ?

153 ingénieurs ! Une fois écartés ceux que j'ai connus (à une exception près, je dirai pourquoi), puis

ceux qui ont passé moins de dix ans au sein du Service⁵, il en reste quelque 80. Laissant ensuite de côté ceux dont la carrière a eu apparemment moins de relief, ce qui dans certains cas peut venir d'une documentation insuffisante, nous en sommes encore à une trentaine. J'ai alors décidé de ne parler ni de Beautemps-Beaupré, relativement bien connu et qui vient de faire l'objet d'une thèse remarquable⁶ ; ni de Vincendon Dumoulin sur lequel a été fait un excellent travail [Le Guisquet, 1987] ; ni de Renaud dont l'œuvre a été synthétisée à l'occasion de l'inauguration de la salle de conférence de l'EPSHOM qui porte son nom [Pasquay, 1987]. Enfin j'ai tranché dans le vif, ce qui, croyez-le, fut douloureux. C'est pourquoi j'ai tenu à citer tant de noms dans la première partie de cet article : le lecteur doit sentir que des choix différents auraient facilement pu être faits et que d'autres vies sont passionnantes à découvrir.

Pierre DAUSSY (1792-1860)

Il est souvent désigné sous l'appellation de « Daussy fils ». C'est en effet un cas unique de « filiation hydrographique », son père Thomas Daussy étant lui-même notre n° 6.

Il n'est pas issu de Polytechnique. Pourtant, à 13 ans, il rafle à peu près tous les prix, tant dans les disciplines mathématiques que dans les disciplines littéraires. Admis alors dans un collège militaire, il en sort à 16 ans, en 1808, dans le corps encore virtuel des ingénieurs hydrographes avec le titre d'élève ingénieur. Sa formation hydrographique comporte l'étude théorique et pratique de l'astronomie à l'observatoire de l'École militaire. Il y prend goût et passe volontairement des nuits à observer. Les censeurs les plus sévères prennent en compte ses observations d'occultations et cinq ans plus tard il soumet à l'Académie un mémoire relatif aux perturbations de la planète Vesta qui lui vaut le prix Lalande.

Dans l'intervalle, il a travaillé avec Beautemps-Beaupré sur les côtes septentrionales de l'Empire, depuis Anvers jusqu'à Hambourg, puis il a dû se soumettre à la conscription, Napoléon ayant refusé l'exemption présentée par Decrès sur la demande de Beautemps-Beaupré. Placé en congé pour raison de santé, il se retrouve à nouveau, lors de la création du corps en 1814, avec le grade d'élève hydrographe. Il est vrai que dans le même temps son père se voit classé dans le grade inférieur à celui qu'il détenait précédemment.

La revanche, éclatante, viendra 15 ans plus tard.

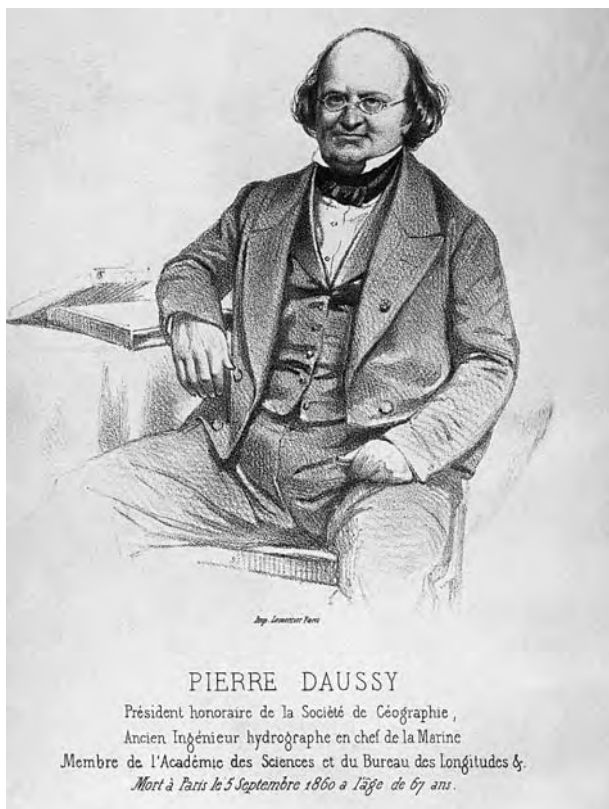
Mais auparavant, il lui faut établir la triangulation littorale devant servir à appuyer la reconnaissance hydrographique des côtes de France entreprise par Beautemps-Beaupré. De 1816 à 1826, il assure cette opération depuis Brest jusqu'à Bayonne, avec rattachement à plusieurs des chaînes principales de la grande triangulation de la France. L'accord aux points communs est considéré comme excellent. Ce travail fait l'objet d'un mémoire présenté à la suite de l'exposé de Beautemps-Beaupré sur la reconnaissance hydrographique des côtes occidentales de France.

(5) Dont certains ont cependant maintenu dans la réserve d'étroits contacts avec le Service.

(6) Olivier Chapuis. Thèse soutenue le 8 novembre 1997, sur *Beautemps-Beaupré et la naissance de l'hydrographie moderne*, qui englobe en fait l'histoire du Dépôt de 1750 à 1850.

En 1829, coup de théâtre. Alors qu'il n'est que le plus ancien des ingénieurs de 3^e classe, le directeur général du Dépôt, le contre-amiral de Rossel, le propose pour devenir ingénieur en chef et conservateur-adjoint, c'est-à-dire pour seconder directement Beautemps-Beaupré, sautant ainsi gaillardement par dessus les grades d'ingénieur de 2^e et de 1^{re} classe. Les attendus de cette proposition, retenue par le ministre, sont intéressants : « *Les hommes placés en première ligne dans la Science le mettent au nombre des astronomes les plus distingués et les membres du Bureau des Longitudes ont souvent exprimé le désir de l'attacher à l'observatoire royal : s'il n'obtenait pas aujourd'hui l'avancement auquel il peut prétendre, il serait à craindre que la Marine perdît ce sujet précieux* ».

Dès lors il doit consacrer du temps aux tâches administratives. Il n'en assure pas moins en 1829 le rattachement géodésique des îles anglo-normandes, et publie de nombreux mémoires relatifs aussi bien à la marche des chronomètres qu'à la marée, à l'effet du vent sur le niveau de la mer et à l'importante découverte qu'il vient de faire : l'influence de la pression atmosphérique sur ce même niveau.



Pierre Daussy.

Nommé en 1832 secrétaire-bibliothécaire du Bureau des longitudes, il en devient membre adjoint en 1839 en qualité d'astronome, puis membre en 1856 en qualité de géographe. En 1840 il décharge Beautemps-Beaupré (alors âgé de 74 ans) de la direction effective du corps, et en 1848, à 56 ans, il lui succède. En 1853 il demande son admission à la retraite, mais sans cesser d'oeuvrer pour la science : tôt levé (un biographe signale qu'il assistait tous les jours à la messe de 6 heures), il

travaille pour le Bureau des longitudes en contribuant à la *Connaissance des Temps* et il joue un rôle actif au sein de la société de géographie, à la présidence de laquelle il est porté en 1857. Il se livre aussi à un travail très particulier qui le passionne : l'analyse des récits et des observations faites par des voyageurs ou des explorateurs, avec reprise de leurs calculs et confrontation aux autres sources. Il rédige ainsi, à la demande de la veuve du célèbre voyageur Hommaire de Hell, la partie géographique du voyage de ce dernier en Turquie et en Perse, comme il avait publié, quelques années plus tôt, deux mémoires descriptifs de « *la route de Téhéran à Meched et de Meched à Iezd, reconnue en 1807 par M. Truilhier, capitaine au corps du génie* ».

L'Académie des sciences l'accueille en son sein en 1855, au fauteuil de Beautemps-Beaupré. Il s'éteint le 5 septembre 1860, laissant une oeuvre riche de plus de cinquante mémoires ou notices dont beaucoup auraient pu paraître dans les Annales hydrographiques, si celles-ci avaient vu le jour plus tôt. Le premier volume (1848) comprend cependant une étude de lui sur la marée en Mer d'Irlande.

J'aimerais compléter l'image de Pierre Daussy en citant le jugement de l'un de ses amis, membre de la société de géographie : « *Aux grandes qualités du savant, Daussy joignait, chose rare, une excessive modestie, une obligeance extrême et un caractère vraiment angélique* ».

LIEUSSOU (1815-1858)

Il faut mettre en exergue les trois titres de gloire de cet ingénieur, prématurément disparu, auquel la biographie générale publiée par Firmin-Didot autour de 1860 n'hésite pas à consacrer un article :

- son rôle dans la commission chargée en 1843 d'étudier les ports d'Algérie ;
- sa détermination des lois empiriques régissant la marche des chronomètres en fonction de la température et de l'ancienneté des huiles ;
- sa contribution de premier plan aux travaux de la commission internationale constituée en 1824 par Ferdinand de Lesseps en vue de la réalisation du canal de Suez.

Entré à l'X en 1834, Lieussou en sort en 1836 dans notre corps. Il travaille à la reconnaissance des côtes de Bretagne sous la direction de Beautemps-Beaupré, puis de 1839 à 1842 au levé des côtes méridionales de France sous la direction de Monnier (n° 14).

Rapidement, il s'intéresse au régime des côtes, à l'évolution des rivages sous l'influence des vents et des courants, à la marche des atterrissements à l'embouchure des fleuves, aux conditions nautiques auxquelles doivent satisfaire les ports. Bientôt il est désigné comme secrétaire de la commission nautique.

Quand le ministre de la guerre décide, en 1843, de faire étudier les ports d'Algérie et leur développement, le secrétaire de la commission en devient en fait la cheville ouvrière et se dépense sans compter : il étudie tout, interroge marins et spécialistes, effectue les sondages de 17 ports secondaires, apporte aux membres de la commission des solutions précises « *que ses formes*

modestes et son élocution pénétrante ne tardent pas à faire adopter », pour reprendre les termes de son biographe. Il dresse en outre un devis d'établissement de ces ports, d'une part dans une perspective à court terme, d'autre part dans une perspective à long terme.

Bien que le port d'Alger, dont les travaux sont déjà entrepris, ne soit pas concerné, Lieussou ne peut s'empêcher de rédiger un contre-projet concernant ce port. Son audience est telle que la question est réexaminée et que, sans que soient suivies toutes ses recommandations, un nouveau projet est adopté.

L'intérêt même du rapport établi par Lieussou diffère sa publication, que se disputent la Marine et la Guerre. Les discussions ubuesques entre ces deux départements n'aboutiront qu'en 1857. Heureusement, dans l'intervalle, en 1849, le conservateur du Dépôt, Cazeaux (n° 23)⁷ passe outre et publie ce rapport de cent pages dans les Annales hydrographiques ; la direction générale de l'Algérie le publie à son tour en 1850.

Entre 1846 et 1853, Lieussou dresse la carte des mers d'Irlande et contribue à l'annuaire des marées de Chazallon. Dans le cadre de la commission nautique, il fait diverses recommandations, dont celle de revenir à un ancien projet de Vauban pour la création d'un port digne de ce nom à Sète.

Désigné en 1850 comme responsable du service des chronomètres au Dépôt, loin de mépriser cette fonction étrangère à ses préoccupations dominantes, il tire d'une masse énorme d'observations une remarquable loi empirique permettant de corriger la marche des chronomètres en fonction de la température et de l'âge des huiles. Pour chaque instrument, quatre observations de marche dans des conditions différentes de température et d'ancienneté des huiles permettent de déterminer les quatre constantes de la formule. Dans le rapport de la commission du Bureau des longitudes chargée de juger ce travail, commission présidée par Arago, on peut lire : « *M. Lieussou est parvenu à introduire des vues entièrement nouvelles dans une matière qu'on pouvait supposer épuisée* ». L'auteur lui-même souligne que l'emploi de sa formule « *en ne tenant pas compte des perturbations inhérentes à la navigation, conduit à la détermination exacte de la longitude avec un chronomètre médiocre, après un intervalle quelconque, alors que la méthode ordinaire comporte en moyenne, avec le meilleur chronomètre, une erreur de 20 milles après une traversée d'un mois, et de 50 milles après deux mois* ». Et pourtant, quelle modestie : dans les Annales Hydrographiques de 1853 où paraît son étude, assortie d'un projet d'organisation du service des chronomètres, on peut lire que ce travail « *n'est, à bien dire, que le développement naturel des idées reçues ; il ne marque qu'un pas de plus dans la voie déjà tracée* », et aussi que toutes les dispositions du projet d'organisation « *existaient en germe il y a trois ans lorsque nous avons été chargés de ce service* ».

Et voilà qu'en 1854 il est choisi pour faire partie de la commission internationale d'ingénieurs, de savants et de marins constituée par Ferdinand de Lesseps pour

choisir définitivement le tracé du canal devant traverser l'isthme de Suez, dont la concession vient d'être obtenue. Comme par hasard, il s'en retrouve secrétaire. Lors du déplacement en Égypte de la commission, le vice-roi Mohamed-Saïd ayant demandé des conseils sur les questions de navigation et d'irrigation pouvant justifier l'établissement d'un second barrage sur le Nil, en amont de Thèbes, la commission accepte de consacrer trois semaines à l'étude de cette question, à l'issue desquelles Lieussou rédige un rapport remarquable qui reçoit l'approbation de ses collègues. Concernant son rôle pour le canal lui-même, pour lequel il se fait assister de Larousse (n° 40), je ne puis mieux faire que de citer les paroles prononcées par Ferdinand de Lesseps lors de la première assemblée générale des actionnaires en 1860 : « *Ce sont les calculs du jeune et éminent ingénieur français, M. Lieussou, qui déterminèrent le point où devait déboucher le canal dans la Méditerranée, et firent connaître le régime des eaux dans le canal maritime. Ils établirent l'inutilité des écluses, et en décidèrent la suppression* ».

Après une étude de l'embouchure de l'Adour et un nouveau déplacement en Algérie, alors qu'il a repris sa place au service des chronomètres, il est emporté en 1858 par un fièvre typhoïde contractée dans ses derniers voyages.



Aristide Lieussou.

(7) Cazeaux avait démissionné en 1837, mais il était revenu en 1848, à la faveur de dispositions liées aux événements comme conservateur civil ayant autorité sur l'ingénieur en chef.

BOUQUET de LA GRYE (1827-1909)

Je tenais à parler de cet ingénieur — et à vrai dire, au départ, c'est de lui seulement que j'avais proposé de parler — d'abord parce que c'est un ingénieur hydrographe à la fois typique et exceptionnel, ensuite parce que sa mémoire me paraît être excessivement assombrie par l'erreur sur la position du plateau de Rochebonne, dont l'identification un siècle plus tard par Mannevy (n° 101), au terme d'une passionnante recherche, a donné lieu à la publication d'articles remarquables [Mannevy, 1996]. Quel ingénieur peut se vanter de n'avoir jamais fait d'erreur ?

Bouquet de La Grye entre à l'X en 1847, la même année que le futur amiral Courbet. Il en sort 7^e et choisit le corps des ingénieurs hydrographes.

Il commence sa carrière en effectuant sous les ordres de Darondeau (n° 24) le levé des côtes de l'Île d'Elbe et de la Toscane.

Il effectue ensuite la reconnaissance de l'estuaire de la Loire, ce qui le sensibilise aux questions d'érosion et de sédimentation qui seront dès lors l'une de ses préoccupations. Il souligne que les solutions aux problèmes d'envasement ne sauraient être purement locales, et qu'il convient de s'intéresser à l'aménagement des bassins versants, pour y reporter une partie des crédits que l'on consacre aux dragages.

La Nouvelle-Calédonie

En 1853, c'est le départ en campagne vers la Nouvelle-Calédonie, que la France vient d'annexer à son domaine colonial et dont on sait encore très peu de choses, pour ne pas dire rien. Durant trois ans, avec des moyens très limités, car l'*Aventure* sur laquelle il devait embarquer a fait naufrage, il effectue dans des conditions très difficiles, qui rappellent celles des grandes explorations, un travail considérable : géodésie (avec des utilisations nouvelles du cercle méridien portatif, et une adroite combinaison des stations à terre et à la mer), sondages littoraux, topographie de récifs. Le soir, l'équipe dort à bord de sa chaloupe ou bivouaque à terre. Les contacts avec les populations, lorsqu'elles ne sont pas hostiles, permettent à Bouquet de La Grye de recueillir des informations, et accessoirement des traditions relatives au passage de Lapérouse en Nouvelle-Calédonie, témoignages qu'utiliseront plus tard les historiens [Brou, 1987].

Le plateau de Rochebonne

C'est au retour de cette campagne que se situe l'épisode du plateau de Rochebonne, ce haut-fond rocheux situé à 30 milles au large des Sables d'Olonne, donc hors de vue de terre, et sur lequel la mer brise presque en permanence. Beautemps-Beaupré en a fait, quelque 25 ans plus tôt, une reconnaissance rapide et a estimé ne pouvoir accorder une confiance absolue à la position qu'il a déterminée. Or il faut maintenant baliser ce danger qui menace les navires atterrissant sur l'Île d'Yeu ou Cordouan. Bouquet de La Grye déploie des trésors d'imagination pour effectuer le levé du plateau et localiser correctement par rapport à la côte l'une des trois têtes qu'il a trouvées, et qui sont grossièrement

alignées et équidistantes : visées optiques sur bâtiments mouillés en relais ou sur des fusées tirées par eux, utilisation du canon pour obtenir une distance à partir de la vitesse du son dans l'air [Bouquet de La Grye, 1859]... La position obtenue diffère en effet de celle de Beautemps-Beaupré, qui a lui aussi donné trois têtes grossièrement alignées et équidistantes. Malheureusement, comme on le découvrira un siècle plus tard, avec évidemment d'autres moyens techniques, le plateau de Rochebonne comporte quatre têtes grossièrement alignées et équidistantes... Beautemps-Beaupré a donné les trois les plus au large, et son successeur les trois les plus à terre. La tête réellement la plus au large n'est donc pas portée sur la carte après les travaux de Bouquet de La Grye, alors qu'elle devrait figurer... à une position très voisine de celle que lui avait attribuée Beautemps-Beaupré, un mille plus à l'ouest⁸. Mais il faut bien voir où réside la véritable faute : compte tenu des immenses difficultés que représente un levé serré dans cette zone perdue et hostile, avoir laissé échapper une tête de roche ne serait pas une faute ; par contre, s'être laissé influencer par la similitude des résultats obtenus au point de ne pas étendre suffisamment le levé vers le large, voilà la faute.

La côte ouest de France et son *Pilote*

En 1861, notre ingénieur lève le port d'Alexandrie et, non content de découvrir un chenal de 8 mètres, propose une ingénieuse méthode pour dérocher les passes. Les quatre années suivantes sont consacrées aux levés du littoral atlantique depuis Penmarc'h jusqu'à la Bidassoa ; dans les observations géodésiques correspondantes, il remplace pour la première fois en France la méthode de la répétition par celle de la réitération. La cartographie sera complètement renouvelée à la suite de ces travaux et sera assortie d'une œuvre de qualité exceptionnelle : le *Pilote des côtes ouest de France* dont les deux volumes paraissent en 1869 et 1873. Cet ouvrage, qui montre une telle familiarité avec la mer côtière et ses ruses, est de nos jours accessible aux amoureux de la mer grâce aux éditions du Chasse-Marée. On devine en le lisant comment opérait l'auteur, parcourant le littoral et le reparcourant, interrogeant inlassablement les pratiques locales suivant l'exemple de Beautemps-Beaupré, allant lui-même souvent en embarcation, se contentant de conditions de vie des plus sommaires, souvenir de celles qu'il a connues en Nouvelle-Calédonie. Exigeant pour lui-même comme pour les autres, il obtient beaucoup de ses subordonnés qu'il entraîne par l'exemple (Fichot va jusqu'à dire qu'il exige d'eux davantage l'effort que les résultats) ; c'est un « fonceur »... peut-être parfois au détriment d'une organisation de détail qui gagnerait à être plus mûrie⁹. C'est aussi un inventif, qui imagine et fait construire les appareils dont il ressent le besoin, en particulier un cercle azimutal pour lequel il donne au constructeur Brunner des plans très détaillés et qui sera adopté par le Service Géographique.

Les commissions nautiques

Secrétaire des commissions nautiques du littoral appelées à se prononcer sur tous les grands travaux

(8) Pierre Mannevy ne m'en voudra pas, je l'espère, de schématiser un peu les conclusions de son étude !

(9) Ce type de réserve est bien entendu à rechercher non dans les notices nécrologiques de l'intéressé, mais dans celles des ingénieurs qui ont travaillé sous ses ordres.

maritimes, ses opinions font autorité : Barre de l'Adour, Bassin d'Arcachon, Baie de Saint-Jean-de-Luz... Ainsi se prépare l'une de ses grandes oeuvres, dont il sera question plus loin : la création du port de La Pallice.

L'astronome

Mais Bouquet de La Grye a acquis aussi une grande compétence en astronomie. En Nouvelle-Calédonie, il a déjà déterminé une longitude fondamentale par la méthode des culminations lunaires. En 1865, il observe à Paris le passage de Mercure sur le Soleil. En 1874, il est envoyé à l'Île Campbell, au sud de la Nouvelle-Zélande, pour observer le passage de Vénus sur le Soleil ; une météo détestable fait échouer l'observation, mais Bouquet de La Grye rapporte quand même une moisson d'observations intéressant la géophysique (magnétisme, gravimétrie, microséismes océaniques, météorologie, océanographie...) ainsi que la chronométrie. Il a plus de chance en 1882 au Mexique où son observation du passage de Vénus sur le Soleil est un succès complet.

Le port de La Pallice

C'est en 1876 que lui est confiée l'étude demandée par la chambre de commerce de La Rochelle visant à la création d'un bassin accessible aux navires de fort tirant d'eau. Il effectue une étude complète de toutes les conditions hydrographiques du fond du Pertuis d'Antioche. Ayant démontré que le problème n'a pas de solution économiquement viable, il étend l'étude vers le nord et conclut que le vrai port de La Rochelle ne peut trouver place qu'au niveau de la Rade de La Pallice. Il sait faire tomber l'hostilité soulevée au départ par ce projet, et la création du bassin de La Pallice et d'un avant-port débouchant directement sur la rade est déclarée d'utilité publique en 1880.

Honneurs et responsabilités

En 1884, il est élu à l'Académie des Sciences, section de géographie et navigation ; en 1886 il prend la direction du service hydrographique, qu'il gardera jusqu'en 1891 ; en 1887 il est admis au Bureau des longitudes en qualité d'astronome ; en 1891 il est président de la société astronomique de France, et en 1896 président de la société de géographie.

Ces honneurs et responsabilités ne l'empêchent pas de continuer à travailler sur le terrain, puisqu'en 1885 il effectue une campagne de détermination de longitudes entre le Sénégal, les Canaries et Lisbonne, et qu'il en ramène également des mesures de pesanteur et un projet d'endiguement à l'embouchure du Sénégal. L'année précédente, il a présidé à Blois le congrès de l'association française pour l'avancement des sciences et brosse à cette occasion, lors de la séance d'ouverture, un tableau des *Progrès de l'Hydrographie Française* dont je recommande la lecture : ce texte distingue bien les travaux expéditifs de reconnaissance et les levés réguliers, nous rappelle au passage qu'à cette époque les jeunes ingénieurs dirigeaient eux-mêmes les embarcations de sonde, cercle hydrographique en main, et évoque les diverses sciences auxquelles l'hydrographe est amené à toucher. En 1888, il montre l'intérêt qu'il porte à l'océanographie en proposant, conjointement avec l'Amiral Mouchez alors directeur de l'observatoire de Paris, qu'un enseignement de *Science de la Mer* soit donné à des officiers de marine par le professeur Thoulet.

La retraite et « Paris port de mer »

On imagine bien que la retraite, prise en 1891, ne le voit pas inactif. Il travaille pour le Bureau des longitudes, menant à bien les mesures des plaques photographiques rapportées par les diverses missions françaises ayant observé le passage de Vénus en 1882 et dirigeant les calculs de la parallaxe solaire. Un an avant sa mort, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* de 1908 publie encore des considérations signées de lui sur le diamètre de Vénus.

Ce n'est pourtant pas à l'astronomie qu'est consacré durant cette période l'essentiel de son énergie. C'est à un grand projet qui lui tient à coeur depuis longtemps, au moins depuis 1882 : « *Paris port de mer* ». Ce projet, envisagé sous la Restauration puis abandonné, Bouquet de La Grye le reprend, le rajeunit et le complète, avec toutes les ressources de son intelligence et de son expérience. Il s'agit d'approfondir le lit de la Seine, de couper ses méandres par des canaux, et de créer sur sa rive droite, de Saint-Denis à Clichy, un port où pourraient accoster des bâtiments de fort tonnage. Pour montrer le niveau auquel il se place, citons cette phrase extraite de l'un de ses nombreux rapports : « *L'ouverture de Paris à la navigation maritime (...) se présente avec le triple caractère d'une oeuvre moralisatrice, patriotique et féconde* ». A sa mort en 1909, Bouquet de la Grye qui a réussi à rallier à son projet de nombreuses personnalités scientifiques et militaires, mais pas les ingénieurs des ponts et chaussées, conserve encore espoir d'un aboutissement de ce projet grandiose.

Nous avons bien en lui un ingénieur hydrographe typique, par le schéma de sa carrière et la diversité de ses centres d'intérêt, en même temps qu'exceptionnel, par le degré de compétence atteint dans chaque domaine comme par le niveau de son imagination créatrice.



Anatole Bouquet de la Grye.

GUIEYESSE (1840-1914)

Si je vous dis qu'un ingénieur hydrographe a créé l'institut des actuaires de France, peut-être ne serez-vous pas surpris outre mesure : il y en a bien un (Josenhans, n° 75) qui a fondé le pari mutuel urbain !

Si je vous dis qu'un ingénieur hydrographe a été ministre, vous risquez d'être plus étonné.

Si je vous dis qu'un ingénieur hydrographe a été suppléant de Maspéro à la chaire d'égyptologie du Collège de France, vous penserez que je galèje.

Enfin si je vous dis que ces trois personnages n'en font qu'un... vous risquez de n'être déjà plus là pour l'entendre.

Et pourtant...

Décrit par le Larousse du XX^e siècle comme « *mathématicien, philologue et homme politique français* », Paul Guieyesse est bel et bien sorti de l'X en 1863 dans le corps des ingénieurs hydrographes¹⁰. N'allez pas croire qu'il soit de ceux que le premier contact avec la mer ou la rue de l'Université a fait fuir rapidement. Il est resté onze ans au sein du Service. Le temps de travailler sur les côtes d'Algérie, de Tunisie, de Sicile et de Bretagne, de rester cinq ans secrétaire du comité hydrographique, de rédiger une étude sur les sondages par grande profondeur et une autre sur la propagation de la marée dans les rivières.

En 1874, il est nommé répétiteur de mécanique à l'École polytechnique, fonction qu'il remplira jusqu'en 1893, publiant diverses études sur les marées, l'astronomie et la mécanique dans des revues comme le *Journal des Mathématiques*, le *Journal de l'École Polytechnique* ou *La Nature*. Il s'oriente vers l'application du calcul des probabilités aux assurances et, de 1877 à 1890, il est attaché à une compagnie d'assurance en qualité d'actuaire. Il fait paraître une étude sur les retraites qui lui vaut une médaille d'or à l'Exposition Universelle de 1889. Membre de la commission de comptabilité des sociétés de secours mutuel au ministère de l'intérieur, membre du musée social, il fonde en 1890 l'institut des actuaires de France.

Parallèlement à cette importante activité à dominante mathématique, il s'adonne avec passion à l'étude de la langue et de la civilisation de l'Égypte ancienne. Il publie plusieurs mémoires fort estimés, dont un sur le *Rituel funéraire égyptien*, ainsi que de nombreux articles et traductions de papyrus. La notoriété qu'il acquiert le fait nommer, en 1884, maître de conférence d'égyptologie à l'École des hautes études, puis directeur adjoint de l'École, et en 1886-87 il est appelé à suppléer Maspéro dans son cours au Collège de France.

Toutes ces occupations ne l'empêchent pas d'aborder la vie politique. Il est élu en 1883 conseiller général à Lorient, sa ville natale. En 1890, il entre à la Chambre comme député de Lorient ; il y sera réélu continuellement jusqu'en 1910, devenant l'un des chefs les plus autorisés du parti républicain, mais sachant conserver sa liberté chaque fois que des considérations de justice l'y incitent. Il joue un rôle important dans

l'élaboration et la discussion des lois sociales ; c'est lui en particulier qui est rapporteur de la loi sur les retraites ouvrières de 1905. Il est pendant quelques mois ministre des colonies dans les deux ministères Bourgeois, en 1895 et 1896 et s'attache avec énergie à la défense des colonies. De 1903 à 1906, il est délégué élu de la Nouvelle-Calédonie au conseil supérieur des colonies et contribue fortement à la suppression de la déportation.

Il décède à Paris quelques mois avant la première guerre mondiale.

Lisant ces lignes, vous comprendrez que je n'aie pu résister à l'envie de parler d'un homme tellement hors du commun, même si son activité proprement hydrographique n'a occupé qu'un cinquième de sa vie active.



Portrait de Paul Guieyesse en médaillon.

FAVÉ (1853-1922)

J'ai choisi de parler de Louis Favé parce que c'est un exemple caractéristique d'ingénieur qui, dès son entrée dans le corps, savait qu'il n'accéderait normalement pas à la direction du Service (son camarade de promotion Renaud, dont il connaissait la valeur, était classé avant lui tout en étant légèrement plus jeune) et qui y a néanmoins déroulé, d'un bout à l'autre, une carrière exemplaire. Nombreux sont les cas analogues.

Louis Favé n'a d'autre ambition que de servir la science pour mieux servir la patrie, à l'image de son père, brillant officier issu de l'École polytechnique (qu'il a commandée d'ailleurs de 1865 à 1870) et écrivain militaire réputé. C'est en 1876 qu'il est reçu à l'X, dont il sort deux ans plus tard classé 25^e. L'hydrographie l'attire, tant par la diversité des domaines de recherche auxquels elle se relie, que par son aspect aventureux.

Durant sa période d'instruction, il fréquente le laboratoire de Cornu, y développe son habileté expérimentale naturelle, et produit un travail original présenté à l'Académie des sciences en 1876, sur *l'action de la chaleur sur l'aimantation*. Il a 23 ans.

(10) Le *Dictionnaire des ministres (1789-1989)* [Perrin, 1990] parle bien de lui comme « ingénieur hydrographe devenu égyptologue ».

Premières missions, premières innovations

Aussitôt après commencent les embarquements dans les missions hydrographiques métropolitaines ; ils occuperont cinq années. Le premier est une rude école, car la mission est dirigée par Bouquet de la Grye « *alors dans toute la fougue de sa dévorante activité* » comme l'écrit Fichot. Et on a dit plus haut le rythme que cet ingénieur s'imposait et imposait à ses collaborateurs. Les suivants lui permettent de travailler sous les ordres d'autres ingénieurs prestigieux : Germain, Héraud, Edmond Ploix. Favé agit avec ardeur et discipline, mais n'abandonne rien de son esprit d'observation, de sa faculté de se poser des questions, ni de sa volonté d'y répondre.

Lors des sondages avec le bâtiment, il remarque d'une part le caractère pénible du travail de l'homme qui doit lancer le plomb vers l'avant (ou des hommes qui doivent le transférer de main en main vers l'avant) pour que le fil soit vertical au moment du contact avec le fond, d'autre part la faiblesse du rendement, liée à la vitesse extrêmement lente avec laquelle doit avancer le bâtiment dès que la profondeur est un peu importante. Il imagine alors un dispositif de draille qui amène le plomb sur l'avant et en hauteur et en assure le largage automatique. La réalisation suit, d'abord manuelle, puis assistée par la vapeur ; elle est adoptée et installée sur tous les bâtiments.

Autre exemple typique. Les angles observés au cercle hydrographique sont reportés sur les projections au moyen d'un rapporteur à branches mobiles dont le cercle gradué se trouve entre les deux branches, et l'on imagine volontiers les jurons qui emplissent la salle de dessin lorsque ce cercle masque l'un des deux points visés, ce qui est très fréquent. Favé pense à la propriété des angles opposés par le sommet et provoque la réalisation d'un rapporteur dans lequel le cercle est reporté de l'autre côté du pivot, libérant ainsi l'espace entre les deux branches ; l'instrument est aussitôt adopté avec enthousiasme.

La période des campagnes

Son tour de départ en campagne arrive en 1881 et le voilà sur la côte de Chine en train de lever l'Île d'Hainan, puis en Annam et au Tonkin, lorsque la reprise des hostilités avec l'Annam rend le bâtiment à sa vocation militaire. Favé est alors attaché à l'état-major du capitaine de vaisseau Rivière et effectue la reconnaissance du Fleuve Rouge jusqu'aux premiers rapides. Bien qu'interrompus par l'invasion des Pavillons Noirs, ces travaux apportent une aide précieuse aux canonnières engagées dans les opérations.

De 1883 à 1885, il est à nouveau engagé dans les levés métropolitains, en Bretagne et en Corse, sous les directions successives de Caspari, Germain et Hatt. Puis il dirige le levé de l'Adour et de sa barre.

Et il repart en campagne, à Madagascar cette fois, île sur laquelle la France vient d'établir son protectorat et où tout est à faire, non plus dans l'optique des reconnaissances liées à des opérations militaires, mais dans celle des levés réguliers orientés vers le développement économique. C'est une mission qui démarre et il lui faut tout organiser, avec des moyens naturellement limités. Le travail qu'il effectue en 1887 et 1888 sur la côte nord-ouest de l'île se caractérise par

son souci de précision en même temps que par un sens aigu des besoins de la navigation. Il comporte une triangulation sur près de 300 km, avec une mesure de base et plusieurs déterminations de latitude au cercle méridien, ainsi qu'un rattachement en longitude.

Les derniers embarquements et le service central

L'affectation parisienne qui suit est entrecoupée de petits travaux à Cherbourg (Base de vitesse ; sondages des abords de la digue) ainsi que de commissions nautiques, au sein desquelles il semble se cantonner, plus que certains de ses prédécesseurs, dans son rôle de secrétaire. C'est qu'il est déjà davantage tourné vers les questions instrumentales et les questions de navigation.

En 1895-96, il dirige à bord de l'avis *Chimère* la mission qui « révisé » la côte sud de France, depuis l'Espagne jusqu'à Hyères. En fait, là aussi, il s'agit du passage d'une hydrographie de reconnaissance à une hydrographie systématique comportant notamment des levés de mouillages à des échelles beaucoup plus grandes que celles utilisées jusque là. Il n'hésite pas, pour ce faire, à reprendre lui-même la plus grande partie de la triangulation.

La partie embarquée de sa carrière est désormais terminée et il peut poursuivre avec davantage de continuité ses travaux sur les instruments et sur la navigation, en particulier la navigation aéronautique, travaux dans lesquels il s'est montré à la fois imaginatif au stade de la conception et ingénieux à celui de la réalisation.

Les manifestations d'un esprit créatif

En matière de navigation, son intérêt pour la détermination rapide du point à la mer se traduit par la présentation en 1893, en collaboration avec Rollet de L'Isle, d'un *Abaque pour la détermination du point à la mer* qui donne une précision de la minute. Apprécié à l'étranger, ce travail ne réussit pas à s'imposer en France. Avec le concours du savant constructeur Carpentier, il réalise des instruments permettant d'effectuer des observations astronomiques à partir de ballons ou de dirigeables, ainsi que des calques conduisant à leur exploitation rapide. Là encore, peu de succès en France, mais l'étranger s'en inspire et l'on trouvera à bord d'un zeppelin abattu en 1914 des appareils manifestement dérivés des travaux de Favé. Il présente aussi un ensemble d'abaques permettant de déterminer par interpolation visuelle la déclinaison du Soleil, le temps vrai et le temps sidéral, ainsi que des calques donnant, sur un planisphère, les routes et distances orthodromiques, spécialement dans une perspective aéronautique.

En matière d'instruments, bien peu de ceux qu'utilise le Service échappent à ses améliorations : il accroît par de nouveaux dispositifs la précision de lecture des instruments de triangulation ; il fait du gyroscope collimateur imaginé par l'amiral Fleuriais un appareil d'utilisation commode ; il réalise un appareil destiné au contrôle des sextants. Et surtout, il donne une première solution à un problème hydrographique majeur, celui de l'enregistrement de la marée au large. Après des années de réflexions, d'études, de réalisations partielles, d'expérimentations et de mises au point, c'est le succès : il réussit à présenter un marégraphe

plongeur présentant les qualités requises de sensibilité, de fidélité et de robustesse, dont le seul inconvénient réside dans la nécessité de dépouiller au microscope des enregistrements à l'odeur désagréable tracés sur un disque recouvert de noir de fumée ; opération pénible, surtout à bord (je peux en témoigner), mais n'est-ce pas un défaut bien mineur vis-à-vis de l'avancée réalisée ? L'appareil est décrit dans les Annales Hydrographiques de 1910¹¹.

La guerre. L'Académie

C'est tout naturellement qu'en 1903 Favé est chargé de diriger la section des instruments scientifiques. Arrive 1914. Il doit assurer dans Paris menacé la permanence du Service dont la plus grande part a été repliée sur Rochefort. Le danger écarté et le Service étant revenu à Paris, Favé souffre de ne pouvoir jouer un rôle plus actif, comme ses collègues plus jeunes qui ont obtenu d'être versés dans les groupes de canevases de tir créés sur le front. Aussi est-ce avec joie qu'il accueille sa limite d'âge en 1915, s'empressant d'offrir au service géographique sa collaboration bénévole. Celle-ci, qui se traduit notamment par la réalisation de graphiques pour le repérage acoustique des avions ennemis, apparaît si féconde qu'il est rappelé à l'activité pour la poursuivre jusqu'à la fin des hostilités.

« Des honneurs qui vinrent à lui, sans qu'il les eût cherchés, il acceptait surtout les charges » écrit Fichot. En 1918, il est élu à l'Académie des sciences ; en 1920, il est président de la section de géodésie du CNFGG ; en 1921, il prend au Bureau des longitudes la succession de Renaud. Il meurt en 1922, deux mois après avoir participé à la première assemblée générale de l'UGGI à Rome.



Louis Favé

de VANSSAY de BLAVOUS (1869-1947)

Évoquer cet ingénieur est un moyen de souligner la coopération internationale en hydrographie.

Entré dans le corps en 1891, Pierre de Vanssay de Blavous participe d'abord à divers levés en métropole. En 1895, ses qualités d'observateur conduisent à lui confier une mission d'observations magnétiques au Sénégal qui s'inscrit dans le cadre de campagnes organisées par le Bureau des Longitudes. Le rapport d'ensemble de ces campagnes, qu'il est chargé d'établir, lui vaut un prix de l'Académie des Sciences.

Après avoir opéré sur la côte sud de France, successivement comme adjoint de Favé et de Mion, il dirige en 1901 et 1902 la mission hydrographique de Madagascar. De 1903 à 1905, il travaille sur les côtes bretonnes avec La Porte et Rollet de L'Isle. En 1906-1907 puis en 1910-1911 il dirige à deux reprises la mission hydrographique d'Indochine.

Durant la guerre de 1914-1918, en tant que chef du groupe de canevases de tir de la X^e armée, il prend une part importante à l'élaboration de méthodes d'utilisation des photographies aériennes.

En 1918, il est chef de la section d'hydrographie générale et il conserve cette fonction jusqu'à son élection en 1926 à un poste de directeur du Bureau hydrographique international. Son mandat sera plusieurs fois renouvelé, si bien qu'il restera en fonctions jusqu'en 1947. De 1929 à 1932, il assure même les fonctions de président du comité de direction, à la suite du décès du président en exercice. Pendant la seconde guerre mondiale, il restera seul directeur et prendra les dispositions voulues pour éviter la réquisition ou la dispersion des collections de documents du Bureau.



Pierre de Vanssay de Blavous

Son action au Bureau a des facettes multiples, mais les questions scientifiques et techniques y prédominent. Il est à l'origine de la publication de la *Table des latitudes croissantes pour l'ellipsoïde international* ainsi que des trois volumes de la *Liste des positions géographiques*. Il a publié huit feuilles de la 3^e édition de la *Carte générale bathymétrique des océans* considérablement plus riches que celles de l'édition précédente. Il a représenté le Bureau dans un grand nombre de manifestations scientifiques internationales. Enfin il a écrit pour la *Revue hydrographique internationale* une quantité d'articles sur des sujets très divers : emploi de l'aviation pour les levés, projections

(11) C'est cette invention qui lui vaut de figurer parmi les inventeurs et scientifiques dans le *Dictionnaire des biographies* de Larousse (1994) où il ne retrouve, comme hydrographes, que Beautemps-Beaupré, Pierre Daussy et Henri Lacombe.

conformes de l'ellipsoïde, point par radiogoniométrie, correction de pente pour les sondages, ellipse d'erreur des points géodésiques...

L'un de ces articles, ainsi qu'a eu l'occasion de le souligner le professeur Coulomb, aurait mérité une publication moins « confidentielle ». C'est celui dans lequel, en 1939, P. de Vanssay fait ressortir pour la première fois que les épicentres des séismes superficiels océaniques se répartissent le long de la dépression axiale des dorsales ; cet article essentiel pour l'histoire de la tectonique des plaques semble en effet avoir été peu remarqué, puis pratiquement oublié.

MARTI (1891-1938)

Le choix de Marti tient à son rôle décisif dans l'évolution des méthodes de sondage, ainsi qu'à une caractéristique propre de sa carrière : lorsqu'il n'était pas en mission, soit en métropole, soit outre-mer, il était généralement affecté au centre d'études de Toulon dépendant des Constructions navales, ce qui l'amenait à jouer aussi le rôle d'un échelon local du Service, préfigurant ainsi le futur bureau d'études océanographiques des années 1960 à 1971.

Polytechnicien de la promotion 1910, Pierre Marti a juste le temps, avant que n'éclate la guerre, de s'initier à la marine et à l'hydrographie en embarquant d'abord sur le croiseur-école *Duguay-Trouin*, puis dans une mission hydrographique sur les côtes du Cotentin.

Affecté au régiment de canoniers-marins, il est mis à la tête d'une section spéciale de tir contre les aéronefs, puis exerce les fonctions de lieutenant de batterie et d'officier topographe. Son chef dit de lui : « *En toutes circonstances, il a fait preuve d'une vive intelligence, d'un jugement sûr, de beaucoup de sens pratique ; il est très actif, très énergique, très vaillant et modeste ; je l'estime infiniment* ». En 1917, alors qu'il n'a pas 26 ans, il est fait chevalier de la légion d'honneur. Durant cette période, il contribue à la rédaction du *Manuel de l'officier-orienteur* et est conduit à s'intéresser au repérage par le son.

Dès 1919, il démontre avec éclat l'étendue de ses dons en obtenant, en Manche, les premiers sondages par le son ; il ne s'est pas contenté d'en imaginer le principe, il est allé jusqu'à la réalisation matérielle. Il pense aussi à utiliser la vitesse du son dans la mer pour mesurer des distances horizontales et tente ainsi de contrôler la position du plateau de Rochebonne, mais ces premiers essais échouent, les mystères des trajets capricieux des ondes sonores dans la mer n'étant pas encore perçus, encore moins élucidés. Il réalisera plus tard de remarquables levés bathymétriques en Méditerranée, hors de vue de terre, en utilisant ce principe, et découvrira ainsi les nombreux canyons sous-marins qui entaillent le talus. On sait que ces levés, demeurés secrets et conservés à la préfecture maritime de Toulon, ont été saisis par les Italiens durant la guerre et exploités sur leurs cartes.

C'est en 1922 que Marti obtient le premier profil

bathymétrique par grands fonds entre Marseille et l'Algérie. La même année, il est chargé de procéder à la partie hydrographique de l'enquête sur la perte du cuirassé *France* dans le passage de la Teignouse.

Mais les sondages par fonds faibles conduits en embarcation ne sont pas encore justiciables des procédés acoustiques. Marti, qui n'a pas d'oeillères, n'attend pas que les progrès technologiques y remédient. Dirigeant trois campagnes successives sur les côtes d'Algérie, de 1923 à 1925, il invente le plomb-poisson qui présente le double avantage d'améliorer le rendement et de permettre la détection de relèvements de fond situés entre deux coups de sonde ; il y couplera même plus tard un dispositif enregistreur.

En 1928-29, il dirige la mission d'Indochine, et en 1930 et 1931, la mission de dragage des côtes de France, qui procède à des dragages hydrographiques systématiques sur la côte nord de Bretagne. Il construit un marégraphe à capteur manométrique avec enregistrement à terre. Par ailleurs il montre comment un seul sondage acoustique peut permettre de déterminer la pente du fond si le double écho est perceptible.

En 1933-34 et en 1936, il effectue de délicates mesures de pesanteur à bord de sous-marins au moyen des pendules de Vening-Meinesz¹². Il constate à cette occasion que le procédé de sondages « à coup de marteau » s'applique très simplement dans un sous-marin en plongée, un marteau dans une main, un chrono dans l'autre, et une oreille contre la coque...

De l'avis de tous ses collègues, si la maladie ne l'avait emporté à 47 ans, l'Académie des Sciences lui aurait un jour ouvert ses portes.



Pierre Marti

(12) Que sont devenues les correspondances qu'il adressait alors au Service et qui tenaient lieu de rapports ? Avant que le Service ne quitte la rue de l'Université, elles emplissaient un carton de la section « Marées, Géophysique ». Certaines étaient fort émouvantes, car à travers l'exposé des difficultés rencontrées et des solutions apportées, elles laissaient entrevoir l'extrême fatigue contre laquelle luttait leur auteur.

SAUZAY (1915-1987)

Si je bouscule pour Albert Sauzay la règle que je me suis fixée, à savoir écarter de ces esquisses biographiques les ingénieurs que j'ai connus, c'est que la direction du Service a décidé d'associer la célébration du vingt-cinquième anniversaire de l'EPSHOM à celle d'un siècle et demi d'*Annales hydrographiques*. Or on ne peut se reporter par la pensée à l'époque de la naissance de notre établissement de Brest sans évoquer son premier directeur.

Le recrutement annuel le plus massif que le corps ait connu (5 ingénieurs) a concerné la promotion 1936 de l'École polytechnique, sortie en 1938, alors qu'une loi venait d'accroître de six unités l'effectif budgétaire. Sauzay en faisait partie, en compagnie de Leprêtre, Poujol, Nicolas et Mannevy.

Les premières années de sa carrière sont marquées d'abord par la guerre, ensuite par la maladie et une longue convalescence qui ne s'achèvera qu'en 1946. Pendant la guerre il se retrouve, comme ses camarades, dans une batterie de DCA marine ; lors de l'avance allemande, sa batterie parvient à se replier de Paris sur Bordeaux puis sur Toulon.

De juin à octobre 1946, il dirige la mission hydrographique des côtes de France dans la zone des Coureaux d'Oléron, mission alors assez embryonnaire, l'*Amiral Mouchez* étant encore retenu par des dragages de mines. C'est l'année suivante que la mission monte progressivement en puissance ; Sauzay est alors adjoint de Châtel.

En 1948-49, il dirige la mission hydrographique de Madagascar, puis il est affecté à la section de cartographie, dont il est détaché quelques temps pour diriger une campagne de l'*Elie Monnier*. Il est toujours à la cartographie lorsque j'ai l'occasion de le rencontrer pour la première fois, au cours de la tournée initiatique dans les arcanes de la rue de l'Université à laquelle a droit tout jeune ingénieur, avant son embarquement sur la *Jeanne d'Arc*. L'avouerai-je ? Il m'apparaît alors sympathique mais désenchanté. Pourtant, il ne se cantonne pas dans la routine, puisqu'il dépose peu après, en 1952, un brevet d'invention pour une règle-rapporteur aéronautique.

En 1953-54, il est directeur technique de la mission hydrographique de la côte ouest d'Afrique. Après deux ans en qualité d'adjoint à la section *Ateliers et Magasins*, il est désigné comme chef de mission sur l'*Amiral Mouchez* et poursuit le levé systématique des côtes marocaines, en 1957 dans la région de Mogador (Essaouira) et en 1958 entre cette ville et le cap Rhir, au nord d'Agadir. Me trouvant sous ses ordres en 1957, je suis alors en mesure d'apprécier son mode de direction, son désir de créer une ambiance de travail agréable, son souci d'améliorer les procédures et de faciliter l'exploitation des mesures, et je me demande comment j'ai pu, un jour, le trouver désenchanté. C'est à cette époque qu'il conçoit et met au point la machine à dépouiller les bandes de sonde et l'appareil permettant de porter la position de chaque sonde sur la minute, l'ensemble conduisant à la mise en valeur des sondes caractéristiques et à l'allègement de l'écriture.

En 1959 il retourne à la section *impression* ; il en prend la tête en 1963 et prépare le transfert de l'atelier de photographie de la rue de l'Université vers Colombes. Lui succédant en 1966, je n'aurai qu'à prolonger les actions lancées par lui.

Nommé ingénieur général en 1968, il est chef du groupe *études et travaux* et prépare à ce titre l'évacuation de la rue de l'Université, la création de l'EPSHOM à Brest et l'installation de la direction avenue Octave Gréard. Auparavant, il a eu à étudier d'autres hypothèses finalement non retenues. Il s'attache aux détails aussi bien qu'aux grandes lignes et procède à de larges consultations. Il est assisté par Brie (n° 107) pour le suivi de la construction de l'EPSHOM, dont il prend la direction dès que cet établissement est officiellement créé en 1971.



Albert Sauzay

Les conditions du démarrage sont particulièrement difficiles. D'abord parce que les plans initiaux ont été victimes de mesures d'économie. Ensuite parce que le personnel est très largement renouvelé et n'a souvent aucune expérience des métiers propres au Service, alors qu'il faut assurer la continuité des prestations, qu'il s'agisse d'information nautique, de cartes ou d'ouvrages. Enfin et peut-être surtout, il faut en être conscient, parce que ce déménagement s'accompagne d'une dissociation entre les fonctions d'exécution d'une part, les fonctions de direction et de contrôle d'autre part, précédemment mal distinguées : voilà qui ne se rode pas du jour au lendemain et engendre des tensions souvent pénibles. Sauzay surmonte les difficultés matérielles et les autres et réussit à créer à tous les niveaux un véritable esprit d'établissement.

Comme lorsqu'il était chef de mission, il veille en particulier à ce que ses ingénieurs se sentent bien, et l'accueil de son foyer y contribue puissamment. Son épouse et lui-même, qui n'ont plus auprès d'eux aucun de leurs sept enfants, font volontiers profiter les ingénieurs de leur disponibilité. Les épouses ne sont pas oubliées non plus et se rencontrent à l'initiative d'Yvonne Sauzay et de l'épouse d'Ortais (n° 112), ce qui contribue à la qualité de l'ambiance générale.

En 1976, l'EPSHOM étant bien sur les rails, il pense que la rapidité d'évolution des techniques est telle qu'il serait de l'intérêt de l'établissement d'avoir un directeur plus jeune. Il demande donc son admission dans la deuxième section et se retire dans la chère maison du

Périgord à l'aménagement de laquelle il a consacré, des années durant, beaucoup d'énergie et de talent, et qui constitue un pôle d'attraction et de ressourcement pour ses nombreux enfants et petits-enfants. Il continue à y déployer dans des directions multiples une habileté manuelle extraordinaire dont peuvent témoigner les nombreux visiteurs que son épouse et lui-même continuent à accueillir à bras ouverts. Le travail de marqueterie qu'il expérimente en 1987 demeurera inachevé, hélas...

CONCLUSION

J'espère avoir montré, par ces quelques exemples, à la fois les caractères communs des personnalités et des carrières, et leur diversité. Je voudrais surtout avoir donné envie au lecteur de découvrir les autres richesses dont peut se prévaloir le corps des ingénieurs hydrographes de la marine.

Mais l'histoire du Service ne s'est pas arrêtée quand ses corps d'ingénieurs ont fusionné avec ceux de l'armement. Il sera certes délicat de continuer à numéroter les ingénieurs, dont beaucoup ne font qu'une partie de leurs affectations au sein du SHOM, mais on doit pouvoir y arriver...

Le schéma des carrières va changer lui aussi, cependant que les domaines de spécialisation vont continuer à évoluer, glissant largement de l'astronomie et de la géodésie vers l'océanographie physique. Mais on peut parier que le profil des ingénieurs associera toujours une solide formation scientifique et l'aptitude à affronter les réalités de la mer.

Celui qui refera dans 25 ans un travail analogue au mien devra inclure dans son choix au moins un ancien officier de marine passé dans le corps, mais il n'est pas exclu qu'il puisse citer aussi des ingénieurs n'appartenant pas au corps des ingénieurs de l'armement : ingénieurs civils ou ingénieurs des études et techniques d'armement. Il ne faut pas oublier non plus que l'hydrographie française a connu dans les siècles passés, des grandes figures n'appartenant pas au corps, tel l'amiral Mouchez, cher à des générations d'hydrographes... à cause de l'*Amiral Mouchez*.

A ce propos, laissez-moi terminer en vous faisant part de la conviction acquise en préparant cet article : parmi les ingénieurs du corps, Beautemps-Beaupré et ceux qui sont morts au champ d'honneur ne sont pas les seuls dont le nom puisse être valablement donné à un bâtiment hydrographique.

RÉFÉRENCES

LEVALLOIS J.-J. (en collaboration). - Mesurer la Terre. Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées et Association Française de Topographie, 1988, p. 287 à 384.

ROLLET DE L'ISLE M. - Étude historique sur les ingénieurs hydrographes et le service hydrographique de la marine. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 1 (bis), 1950, p. 1 à 378.
La période couverte va de 1814 à 1914.

COVILLAULT P. - Histoire du service hydrographique de la marine. Publication interne SHOM, 1979.
La période couverte va de 1914 à 1970.

LE GUIQUET B. - L'ingénieur hydrographe Vincendon Dumoulin (1811-1858) : un compagnon de Dumont d'Urville. 112^e Congrès des Sociétés savantes, Lyon, 1987.

PASQUAY J.-N. - Notice biographique concernant l'ingénieur hydrographe de la marine J. Renaud. Lettre n° 356 EPSHOM/NP du 25 août 1987.

MANNEVY P. - Roche Bonne ou Mauvaise ? Navigation (Paris), vol. 44, n° 175, juillet 1996, p. 352 à 365.

BROU B. - Lapérouse, découvreur de la Nouvelle-Calédonie. Société d'études historiques de la Nouvelle-Calédonie, 1987.

BOUQUET DE LA GRYE A. - Rapport sur l'exploration de Rochebonne. Annales hydrographiques, 1^{re} série, tome 16, 1859, p. 645 à 653.

Autres sources

FIRMIN DIDOT Frères - Nouvelle Biographie Universelle, 1852 à 1866.

Le qualificatif « Universelle » a été remplacé en cours d'édition par « Générale ». On y trouve des articles sur Beautemps-Beaupré, Buache, Lieussou (avec une orthographe erronée), ainsi qu'un article sur un certain Joseph Lartigue « ingénieur hydrographe français, né le 25 mai 1791...ancien capitaine de vaisseau... » qui ne correspond en rien au Pierre Lartigue (n° 4) de Rollet de L'Isle.

LAROUSSE - Dictionnaire du XX^e Siècle. Édition 1926-32.

Articles sur : Beautemps-Beaupré, Bouquet de La Grye, Buache, Chazallon, Darondeau, Daussy (Pierre), Dortet de Tesson, Favé, Guieyette, Hatt, Lieussou, Vincendon Dumoulin.

Notices sur les travaux scientifiques établies à l'occasion de candidatures à l'Académie ou au Bureau des longitudes, concernant Caspari, Chazallon, Courtier, Dortet de Tesson, Driencourt, Favé, Fichot, Germain, Renaud, Roussille.

Documents archivés à la bibliothèque de l'EPSHOM.

Études, notices ou articles publiés après le décès :

Annales hydrographiques : Caspari (1918), Courtier (1963-64), Damiani (1963-64), Fichot (1946), Héraud (1929), Legrand (1954), Marti (1949), Rollet de L'Isle (1947), de Vanssay de Blavous (1948).

Annuaire du Bureau des longitudes : Bouquet de La Grye (1911), Favé (1924), Fichot (1943), Hatt (1917), Renaud (1922).

Comptes rendus de l'Académie des sciences : Bouquet de La Grye (1909), Cot (1963), Dortet de Tesson (1879), Gougenheim (1975).

Revue hydrographique internationale : Courtier (1959), Cot (1962), de Vanssay de Blavous (1947).

JOUBERT J. - Bouquet de La Grye. Grassin, Angers, 1910.

CASPARI E. - Bouquet de La Grye. La Géographie, février 1910.

DE LA ROQUETTE M. - Pierre Daussy. Bulletin de la Société de Géographie, novembre-décembre 1860.

DE CAPELLA M.-E. - Notice sur Lieussou. Le Mans, 1862.

HERAUD G. - Léopold Manen. Librairie militaire Chapelot, Paris, 1899.

MORAZZANI A. - Léon Pélissier. Bulletin de l'Académie du Var, 1979.

CORDIER H. - Charles Ploix. Société des Arts et Traditions Populaires, 1895.

SOCIÉTÉ HYDROTECHNIQUE DE FRANCE - Lucien Vantrois, séance du 19 mars 1959.

La plupart de ces documents peuvent être consultés à l'EPSHOM et à la direction du SHOM.

Cérémonies de remise d'épée d'académicien : Gougenheim (1963), Lacombe (1975).

Carton d'archives 9 JJ 253 - Service historique de la marine.

Il contient de brèves notices généralement dactylographiées : Dortet de Tesson, Estignard, Gaussin, Gerson, Givry, Gougenheim, Guieyette, de Laroche-Poncié, Nicolas, Ploix (Charles), Ploix (Edmond), Vidalin.

DAUSSY P.-P. - Deux hydrographes français (*les Daussy*). Revue maritime, septembre 1956.

SOCIÉTÉ AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE - Répertoire 1794-1994, 1994.

Ce répertoire donne la liste complète des polytechniciens depuis l'origine.

TRESSEDRE F. - Article *Lieussou*. Les soréziens du siècle, éditions Privat, 1902.

LACASSAGNE F. - Note sur Lieussou, ingénieur hydrographe de la marine. Bulletin de la société d'études scientifiques de l'Aude, tome LXIV, 1^{er} trimestre 1964 (*contient une bibliographie sommaire*).

Ces deux derniers documents aimablement communiqués en 1998 par M. Georges de Capella, ancien bâtonnier, maire de Mas-Saintes-Puelles (11).

Annexe

LISTE DES INGÉNIEURS HYDROGRAPHES

depuis la création du corps jusqu'à sa fusion au sein du corps des ingénieurs de l'armement.

L'ordre indiqué est celui de la liste dressée par Rollet de L'Isle [Rollet de L'Isle, 1950], complétée par la liste figurant dans l'étude Covillault [Covillault, 1979] modifiée par la suppression de Bouquet (sorti de l'X dans la recherche et n'ayant jamais servi au SHOM), de Kersauson et Bruston (en fait réservistes), de Jarousse (centralien reçu au concours direct mais qui n'a pas donné suite à ce succès), enfin d'Ancelin, entré directement dans le corps des ingénieurs de l'armement. De petites différences existent avec l'ancien fichier conservé à la direction du SHOM (fichier « Jannot »), essentiellement parce que ce dernier classait parfois selon l'ordre alphabétique, et non selon l'ordre d'ancienneté, les ingénieurs entrés la même année.

La liste se décline en différentes rubriques, dont certaines appellent les précisions suivantes :

- la colonne « Prénom » donne l'ensemble des prénoms lorsqu'il y a un doute sur le prénom usuel ;
- la colonne « Ori. » (origine) indique un recrutement à l'École polytechnique (X), ou un recrutement parmi les officiers de marine (M) par voie de concours ou dans le cadre de mesures exceptionnelles ;
- la colonne « Entre » donne l'année d'entrée dans le corps une fois celui-ci constitué. Les ingénieurs intégrés en 1814 exerçaient en fait leur activité au Dépôt depuis plusieurs années ;
- la colonne « Quitte » indique la dernière année ayant vu l'intéressé en activité dans le Service, que l'interruption soit due au décès, à la retraite, à une démission ou à une affectation extérieure sans retour ultérieur au Service, si ce n'est éventuellement pour des périodes de réserve. Pour les deux ingénieurs ayant exercé à titre civil la fonction de conservateur (Cazeaux et Gressier), celle-ci est prise en compte ;
- la colonne « Dir. » signale ceux qui ont exercé la plus haute responsabilité dévolue à un ingénieur au sein du Service : ingénieur en chef et chef de corps au début, conservateur pendant un temps, directeur ensuite, et donne leur ordre de succession ;
- les colonnes « Académie des sciences » donnent les années où certains ont eu accès à la qualité de membre résidant ou de membre correspondant, ainsi que le nombre de prix académiques éventuellement obtenus par des ingénieurs. A noter que cette toute dernière rubrique est certainement incomplète.

La liste par ordre d'ancienneté est complétée par un tableau donnant la correspondance nom - numéro d'ordre dans l'ordre alphabétique des noms.

NOM	Prénom	Année de naiss.	Lieu de naissance	Ori.	Entre	Quitte	Décès	Dir.	Académie des sciences Résidt. Corr. Prix
1 BUACHE	Jean Nicolas	1741	La Neuville-au-Pont (51)		1814	1825	1825	1	1785
2 BEAUTEMPS-BEAUPRÉ	Charles François	1766	La Neuville-au-Pont (51)		1814	1848	1854	2	1810
3 PRUVOST	Charles François	1765	Paris		1814	1829			
4 LARTIGUE	Pierre	1745	Paris		1814	1824			
5 RAOUL	Ange M. Aimé	1769	Tréguier (22)	M	1814	1834	1843		
6 DAUSSY	Thomas	1758	Bruyères-le-Châtel (91)		1814	1824	1826		
7 BAILLY	Joseph Charles	1777	Nancy (54)	X	1814	1840	1844		
8 FAYOLLE	Anne Louis	1786	Saint-Domingue		1814	1834	1849		
9 CROISEY	Jean Étienne	1766			1814	1829			
10 COLLIN	Jean Louis	1775	La Neuville-au-Pont (51)		1814	1840	1858		
11 GIVRY	Alexandre	1785	Paris		1814	1848	1867		1881
12 GRESSIER	Charles Louis	1791	Paris		1814	1860			
13 DAUSSY	Pierre	1792	Paris		1814	1852	1860	4	1855 1
14 MONNIER	Paul	1794	Poligny (39)	X	1816	1843	1843		
15 CAPELLA	Étienne Germain	1795	Mas-Stes-Puelles (11)	X	1816	1821	1821		
16 BENOIST	Barthélémy	1785	Langres (52)		1819	1841			
17 LEBOURGUIGNON-DUPERRÉ	Gabriel Cyprien	1798		X	1821	1850	1850		
18 BEGAT	Pierre	1800	Louhaut (71)	X	1821	1865	1882	5	
19 WISSOCQ	Paul Émile			X	1823	1837			
20 KELLER	François Antoine	1803	Wissenbourg (67)	X	1823	1860	1874		
21 DORTET de TESSAN	Urbain	1804	Le Vigan (30)	X	1824	1852	1879		1861 1858
22 CHAZALLON	Rémy	1802	Desaignes (07)	X	1824	1860	1872		1869
23 CAZEAUX	Pierre	1805	Bordeaux (33)	X	1825	1849	1866	3	
24 DARONDEAU	Benoît Henri	1805	Paris	X	1826	1869	1869	6	
25 DELAROCHE-PONCIÉ	Ferdin. Antoine	1810	Vauxrenard (69)	X	1832	1875	1882	7	
26 VINCENDON DUMOULIN	Clément Adrien	1811	Chatte (38)	X	1833	1858	1858		
27 LIEUSSOU	J.P.H. Aristide	1815	Fangeaux (11)	X	1836	1858	1858		
28 DELAMARCHE	Franç. Alexandre	1815	Paris	X	1837	1879	1884	8	
29 ESTIGNARD	Xavier	1821	Périgueux (24)	X	1841	1883	1883		
30 GAUSSIN	Pierre Louis J.B.	1821	Pointe-à-Pitre	X	1841	1886		9	

	NOM	Prénom	Année de naiss.	Lieu de naissance	Ori.	Entre	Quitte	Décès	Dir.	Académie des sciences		
										Résid.	Corr.	Prix
31	DELBALAT	J.B. James	1822	Bordeaux (33)	X	1842	1870	1870				
32	LE DO	P. Constantin			X	1842	1845	1845				
33	BOUTROUX	Eugène	1824	Gien (45)	X	1845	1866	1866				
34	PLOIX	Charles	1824	Orléans (45)	X	1846	1886	1895				
35	HALPHEN	Louis Constant			X	1846	1852					
36	VIARD	Charles Adolphe	1827	Odessa (Russie)	X	1848	1852	1857				
37	BOUQUET DE LA GRYE	Anatole	1827	Thiers (63)	X	1849	1891	1909	10	1884		
38	MANEN	Léopold	1829	Toulouse (31)	X	1851	1894	1897	11		1893	
39	PLOIX	Edmond	1830	Versailles (78)	X	1852	1879	1879				
40	LAROUSSE	Eugène	1832	Paris	X	1853	1878					
41	VIDALIN	Jos. Bénign. Félix	1831	Tulle (19)	X	1853	1875					
42	GERMAIN	Adrien Adolphe	1837	St-Martin-le-Vinoux (38)	X	1858	1895	1895	12			1
43	HÉRAUD	Gabriel	1839	Le Mas d'Agenais (47)	X	1860	1903	1914	13			
44	HATT	Philippe	1840	Strasbourg (67)	X	1861	1902	1915		1897		1
45	CASPARI	Édouard	1840	Ste-Marie-aux-Mines (68)	X	1862	1902	1918				2
46	GUIEYESSE	Pierre Paul	1840	Lorient (56)	X	1863	1874	1914				
47	HANUSSE	Ferdinand	1848	Paris	X	1867	1913	1921	14			
48	BOUILLET	François	1847	Mâcon (71)	X	1868	1902	1923				
49	RENAUD	Joseph	1854	Vesoul (70)	X	1875	1919	1921	15			1
50	FAVÉ	Louis	1853	Paris	X	1875	1915	1922		1918		1
51	GARNIER	Eugène	1855	Dampierre-Fraisans (39)	X	1876	1888	1907				
52	MION	Alphonse Isidore	1856		X	1877	1918	1921				
53	LA PORTE	Florian	1857	Lorient (56)	X	1877	1919	1938				
54	ROLLET de L'ISLE	Maurice	1859	Paris	X	1878	1924	1943	16			
55	DRIENCOURT	Ludovic	1858		X	1881	1920	1940				1
56	GANTHIER	Albert Maurice	1860		X	1883	1903	1903				
57	CAUVET	Jos. Jules Léon	1861		X	1883	1907	?				
58	FICHOT	Eugène	1867	Le Creusot (71)	X	1886	1932	1939	17			1
59	de VANSSAY de BLAVOUS	Pierre	1869	Caen (14)	X	1891	1927	1947			1932	1
60	LEINEKUGEL LE COQ	Gaston	1867	Cambrai (59)	X	1892	1902	1965				
61	COT	Donatien	1873	Fontenay-le-Comte (85)	X	1894	1938	1961	18	1946		
62	LESAGE	Gaston	1873	Dunkerque (59)	X	1896	1935	1961				
63	COURTIER	André	1877	Gesvres-le-Chapitre (77)	X	1898	1942	1958	19			1
64	ROUSSILHE	Henri	1879	Versailles (78)	X	1900	1935	1945				4
65	RICARD	Lucien	1880	St-Rome-de-Tarn (12)	X	1902	1942	1963				
66	VOLMAT	Joseph	1882	Montalieu-Vercieu (38)	X	1904	1944	1964				
67	PÉLISSIER	Léon	1882	Toulon (83)	X	1905	1946	1979				
68	VILLAIN	Charles	1883	Paris	X	1906	1945	1964				
69	CATHENOD	Henri	1886	Port-de-Bouc (13)	X	1907	1944	1957	20			
70	BOUTAN	Jacques	1886	Paris	X	1908	1922	1959				
71	RIVIER	Gaston	1887		X	1911	1915	1915				
72	DAGALLIER	Jean François	1889	Paris	X	1912	1925	1959				
73	MARTI	Pierre	1891	Montbéliard (25)	X	1913	1938	1938				1
74	KRUG-BASSE	Jean	1894	Remiremont (88)	X	1914	1921	1981				
75	JOSENHANS	Marcel	1893	Reims (51)	X	1914	1923	1955				
76	DAMIANI	Léon	1899	Bastia (20)	X	1920	1957	1963				
77	CHAVANIER	Camille	1900	Arcachon (33)	X	1921	1957	1984				
78	GOUGENHEIM	André	1902	Paris	X	1922	1964	1975	22	1962		1
79	GERSON	Pierre Henri	1902	Paris	X	1923	1932	1932				
80	LEGRAND	Henri	1901	Châlon s/ Marne (51)	X	1923	1954	1954				
81	BRUNEL	André	1903	Alès (30)	X	1924	1963	1988				1
82	ROUMÉGOUX	Louis Jean	1904	Le Mans (72)	X	1927	1964	1986				
83	CHÂTEL	Guy	1906	Morlaix (29)	X	1929	1967	1991	23			
84	ROLLAND de CHAMBAUDIN D'ERCEVILLE	Ivan	1909	Fontainebleau (77)	X	1929	1952	1964				
85	ANTHOINE	René, Georges	1908	Art-sur-Meurthe (54)	X	1930	1968	1968				
86	VANTROYS	Lucien	1911	Paris	X	1932	1946	1959				
87	MAILLET	Jacques	1913	Paris	X	1933	1934					
88	BUGNARD	Jean	1911	Clermont-Ferrand (63)	X	1933	1934	1934				
89	COVILLAUT	Pierre	1905	Blois (41)	M	1935	1965	1982				
90	LACOMBE	Henri	1913	Nîmes (30)	X	1935	1955			1975		1
91	ESCOURROU	André	1913	Reims (51)	X	1935	1937	1993				
92	GROSSON	Roger	1914	Lyon (69)	X	1935	1976	1996	24			
93	ALLARD	Pierre	1913	Nantes (44)	X	1936	1952	1973				
94	BRÉMOND	Edmond	1906	Termignon (73)	M	1937	1964	1964				
95	TURPIN	Jean-Pierre	1915	Folkestone (GB)	X	1937	1943	1988				
96	DASSONVILLE	Ludovic	1915	Tourcoing (59)	X	1937	1945	1990				
97	LEPRÊTRE	Robert	1915	Rennes (35)	X	1938	1943	1979				
98	SAUZAY	Albert	1915	Mâcon (71)	X	1938	1976	1987				
99	POUJOL	Guy	1915	Mèze (34)	X	1938	1977					
100	NICOLAS	Marcel	1915	Saint-Brieuc (22)	X	1938	1940	1940				
101	MANNEVY	Pierre	1914	Corbigny (58)	X	1938	1976					
102	DONIOL	Robert	1903	Guingamp (22)	M	1939	1962	1989				
103	GEORGE	Victor	1917	Oran (Algérie)	X	1939	1956					
104	FOUQUET	Pierre	1917	Cauchy-à-la-Tour (62)	X	1939	1945	1995				

	NOM	Prénom	Année de naiss.	Lieu de naissance	Ori.	Entre	Quitte	Décès	Dir.	Académie des sciences Résidt. Corr. Prix
105	DYÈVRE	Henri	1893	Vannes (56)	M	1942	1956	1981	21	
106	TROMEUR	Jean	1897	Roye (80)	M	1942	1954	1974		
107	BRIE	Raoul	1917	Saint-Gervais (16)	X	1942	1972			
108	PASSILY		1907	Cherbourg (50)	M	1942	1951	1976		
109	RENAUD	Jean	1920	Bizerte (Tunisie)	X	1942	1944			
110	CHIVAUD	Albert	1899	Agde (34)	M	1943	1954			
111	BONNET	Claude	1921	Paris	X	1943	1946			
112	ORTAIS	Jean	1920	Nantes (44)	X	1943	1982	1992		
113	LEMIÈRE	Georges	1906	Moissac (82)	M	1943	1950	1974		
114	BERTHET	Philippe	1924	Paris	X	1946	1947	1971		
115	BOURGOIN	Jean	1925	Cahors (46)	X	1947	1987		26	1
116	PÉLUCHON	Georges	1924	Toulon (83)	X	1947	1970			
117	LE FUR	Alain	1918	Roscoff (29)	M	1948	1977	1979		
118	EYRIÈS	Marc	1919	Marseille (13)	M	1949	1981		25	1
119	ROUBERTOU	André	1926	Brive (19)	X	1949	1988			1
120	LUNEL	Jean	1925	Sorgues s/ l'Ouvèze (84)	X	1949	1956			
121	PUYCOUYOUL	Jean	1927	Vernon (27)	X	1949	1959			
122	TEISSEDOU	Paul	1930	Roubaix (59)	X	1951	1958	1958		
123	COMOLET-TIRMAN	André	1928	Paris	X	1951	1990		27	1
124	DARS	Michel	1929	Meymac (19)	X	1951	1991			
125	DEMERLIAC	Antoine	1928	St-Symphorien (37)	X	1952	1984			1
126	TERRASSON de FOUGÈRES	Marc	1929	Valence (26)	X	1952	1960			
127	IMBERT	Bertrand	1924	Paris	M	1952	1955			
128	SCHRUMPF	Bernard	1930	Paris	X	1953	1990			
129	PLOUVIEZ	Paul	1929	Valenciennes (59)	X	1953	1963			
130	RIBET	Marc	1932	Colmar (68)	X	1955	1977			
131	PASQUAY	Jean-Nicolas	1932	Strasbourg (67)	X	1956	1994		28	
132	GARCIN	Gilbert	1932	Marseille (13)	X	1956	1960	1985		
133	GEORGEOT	Bernard	1934	Paris	X	1956	1967			
134	POULET	Jean	1932	Domont (95)	X	1957	1971			
135	VICARIOT	Jean	1933	Versailles (78)	X	1957	1978			
136	BLAVIN	Jean-Claude	1934	Laon (02)	X	1957	1979	1996		
137	HUSSON	Jean-Claude	1937	Ferryville (Tunisie)	X	1959	1965			
138	MILARD	François	1938	Rethel (08)	X	1959			29	
139	REVEL	François	1939	Rethel (08)	X	1960	1972			
140	BONNOT	Jean-François	1938	Toulon (83)	X	1960	1991			1
141	CAILLIAU	Étienne	1939	Le Havre (76)	X	1961				
142	CHARTIER	Bernard	1937		X	1961	1970			
143	PIERETTI	Léandre	1932	Luri (2B)	M	1962	1983			
144	THILLAYE du BOULLAY	Benoît	1939		X	1962	1969			
145	GUITTON	Jean-Paul	1940	Saint-Étienne (42)	X	1963	1976			
146	AUTRIC	Pierre			M	1963	1966	1982		
147	PÉREZ	Louis	1935	Houmt Souk (Tunisie)	M	1964	1971			
148	BOULARD	Michel	1931	Suresnes (92)	M	1965	1987			
149	HABERT	François	1936	Paris	M	1965	1994			
150	SOUQUIÈRE	Patrick	1943	Gradignan (33)	X	1965				
151	THOUIN	Jean-Pierre	1936	Annaba (Algérie)	M	1966	1993			
152	DESNOËS	Yves	1947	La Chaussée-St-Victor (41)	X	1968	1978			
153	LE GUEN	Marcel	1932	Toulon (83)	M	1969	1988			

Cette liste comporte des lacunes et probablement des erreurs.

L'auteur remercie par avance ceux qui lui enverraient compléments ou rectifications.

Tableau de correspondance nom - numéro

NOM	Prénom	N° d'ordre	NOM	Prénom	N° d'ordre
ALLARD	Pierre	93	KELLER	François Antoine	20
ANTHOINE	René, Georges	85	KRUG-BASSE	Jean	74
AUTRIC	Pierre	146	LA PORTE	Florian	53
BAILLY	Joseph Charles	7	LACOMBE	Henri	90
BEAUTEMPS-BEAUPRÉ	Charles François	2	LAROUSSE	Eugène	40
BEGAT	Pierre	18	LARTIGUE	Pierre	4
BENOIST	Barthélémy	16	LE DO	P. Constantin	32
BERTHET	Philippe	114	LE FUR	Alain	117
BLAVIN	Jean-Claude	136	LE GUEN	Marcel	153
BONNET	Claude	111	LEBOURGUIGNON-DUPERRÉ	Gabriel Cyprien	17
BONNOT	Jean-François	140	LEGRAND	Henri	80
BOUILLET	François	48	LEINEKUGEL LE COQ	Gaston	60
BOULARD	Michel	148	LEMIÈRE	Georges	113
BOUQUET DE LA GRYE	Anatole	37	LEPRÊTRE	Robert	97
BOURGAIN	Jean	115	LESAGE	Gaston	62
BOUTAN	Jacques	70	LIEUSSOU	J.P.H. Aristide	27
BOUTROUX	Eugène	33	LUNEL	Jean	120
BRÉMOND	Edmond	94	MAILLET	Jacques	87
BRIE	Raoul	107	MANEN	Léopold	38
BRUNEL	André	81	MANNEVY	Pierre	101
BUACHE	Jean Nicolas	1	MARTI	Pierre	73
BUGNARD	Jean	88	MILARD	François	138
CAILLIAU	Étienne	141	MION	Alphonse Isidore	52
CAPELLA	Étienne Germain	15	MONNIER	Paul	14
CASPARI	Édouard	45	NICOLAS	Marcel	100
CATHENOD	Henri	69	ORTAIS	Jean	112
CAUVET	Jos. Jules Léon	57	PASQUAY	Jean-Nicolas	131
CAZEAUX	Pierre	23	PASSILY		108
CHARTIER	Bernard	142	PÉLISSIER	Léon	67
CHÂTEL	Guy	83	PÉLUCHON	Georges	116
CHAVANIER	Camille	77	PÉREZ	Louis	147
CHAZALLON	Rémy	22	PIERETTI	Léandre	143
CHIVAUD	Albert	110	PLOIX	Charles	34
COLLIN	Jean Louis	10	PLOIX	Edmond	39
COMOLET-TIRMAN	André	123	PLOUVIEZ	Paul	129
COT	Donatien	61	POUJOL	Guy	99
COURTIER	André	63	POULET	Jean	134
COVILLAUT	Pierre	89	PRUVOST	Charles François	3
CROISEY	Jean Étienne	9	PUYCOUYOUL	Jean	121
DAGALLIER	Jean François	72	RAOUL	Ange M. Aimé	5
DAMIANI	Léon	76	RENAUD	Joseph	49
DARONDEAU	Benoît Henri	24	RENAUD	Jean	109
DARS	Michel	124	REVEL	François	139
DASSONVILLE	Ludovic	96	RIBET	Marc	130
DAUSSY	Thomas	6	RICARD	Lucien	65
DAUSSY	Pierre	13	RIVIER	Gaston	71
de VANSAY de BLAVOUS	Pierre	59	ROLLAND de CHAMBAUDIN	Ivan	84
DELAMARCHE	Franç. Alexandre	28	D'ERCEVILLE		
ROLLET de L'ISLE	Maurice	54	ROUBERTOU	André	119
DELAROCHE-PONCIÉ	Ferdin. Antoine	25	ROUMÉGOUX	Louis Jean	82
DELBALAT	J.B. James	31	ROUSSILHE	Henri	64
DEMERLIAC	Antoine	125	SAUZAY	Albert	98
DESNOËS	Yves	152	SCHRUMPF	Bernard	128
DONIOL	Robert	102	SOUQUIÈRE	Patrick	150
DORTET de TESSAN	Urbain	21	TEISSEDOU	Paul	122
DRIENCOURT	Ludovic	55	TERRASSON de FOUGÈRES	Marc	126
DYÈVRE	Henri	105	THILLAYE du BOULLAY	Benoît	144
ESCOURROU	André	91	THOUIN	Jean-Pierre	151
ESTIGNARD	Xavier	29	TROMEUR	Jean	106
EYRIÈS	Marc	118	TURPIN	Jean-Pierre	95
FAVÉ	Louis	50	VANTROYS	Lucien	86
FAYOLLE	Anne Louis	8	VIARD	Charles Adolphe	36
FICHOT	Eugène	58	VICARIOT	Jean	135
FOUQUET	Pierre	104	VIDALIN	Jos. Bénign. Félix	41
GANTHIER	Albert Maurice	56	VILLAIN	Charles	68
GARCIN	Gilbert	132	VINCENDON DUMOULIN	Clément Adrien	26
GARNIER	Eugène	51	VOLMAT	Joseph	66
GAUSSIN	Pierre Louis J.B.	30	WISSOCQ	Paul Émile	19
GEORGE	Victor	103			
GEORGEOT	Bernard	133			
GERMAIN	Adrien Adolphe	42			
GERSON	Pierre Henri	79			
GIVRY	Alexandre	11			
GOUGENHEIM	André	78			
GRESSIER	Charles Louis	12			
GROUSSON	Roger	92			
GUIEYESSE	Pierre Paul	46			
GUITTON	Jean-Paul	145			
HABERT	François	149			
HALPHEN	Louis Constant	35			
HANUSSE	Ferdinand	47			
HATT	Philippe	44			
HÉRAUD	Gabriel	43			
HUSSON	Jean-Claude	137			
IMBERT	Bertrand	127			

LEVÉS HYDROGRAPHIQUES ET CAMPAGNES OCÉANOGRAPHIQUES : ÉVOLUTION, ÉTAT DE L'ART ET PERSPECTIVES.

Jean-Marc CHIMOT*, Pierre MOUSCARDÈS**

Direction du service hydrographique et océanographique de la marine

Hervé BISQUAY***, Patrick GRENARD**** et Yves GUILLAM***

Établissement principal du service hydrographique et océanographique de la marine

1. LES BESOINS EN HYDROGRAPHIE GÉNÉRALE

1.1 La sécurité de la navigation

L'hydrographie générale est traditionnellement identifiée à la conduite et à l'exécution des travaux à la mer, ou sur le terrain, nécessaires à la satisfaction des besoins liés à la sécurité de la navigation de surface, qu'elle soit civile ou militaire, nationale ou étrangère, dans les espaces maritimes français¹.

Au cours des 150 dernières années, le domaine d'activité du service hydrographique a donc suivi les évolutions de l'emprise des Terres françaises, en métropole et en outre-mer. Conséquence de l'accession à l'indépendance des anciens territoires de l'Union française, ce domaine a finalement diminué dans des proportions notables depuis la dernière guerre mondiale (retrait des missions hydrographiques des côtes d'Indochine, de Madagascar, d'Afrique du nord, d'Afrique occidentale, d'Afrique équatoriale, etc.). Il reste cependant encore d'une taille considérable, puisqu'avec plus de 10 millions de km², les espaces maritimes dans lesquels la France exerce sa souveraineté ou sa juridiction (mer territoriale, zone économique exclusive et plateau continental) occupent le second rang mondial, tout juste après ceux des Etats-Unis.

Compte tenu des moyens toujours limités qui lui sont consacrés, l'hydrographie générale a naturellement été orientée à chaque époque vers la description la plus complète possible, en fonction des moyens et techniques disponibles, des voies de navigation où se concentre le trafic maritime (voies recommandées ou accès aux ports), mais sans que les travaux de longue haleine destinés à reconnaître l'ensemble des eaux françaises ne soient jamais abandonnés.

Il faut toutefois être conscient que la tâche à accomplir est en perpétuel renouvellement, en raison :

- . bien sûr des modifications que subissent les épaves² ou les fonds. Ainsi, par exemple dans le Pas de Calais, des dunes sous-marines de plusieurs kilomètres de longueur et pouvant atteindre des amplitudes de 20 m de crête à creux, se déplacent horizontalement d'une à plusieurs dizaines de mètres par an et peuvent voir leur profondeur varier de quelques mètres ;

- . mais aussi de l'évolution des équipements et des techniques de recueil des données. L'amélioration des

performances permet d'atteindre de meilleures garanties de sécurité, mais peut rendre caducs ou incomplets, des levés réalisés naguère selon les règles de l'art ;

- . de l'évolution du comportement et des exigences des navigateurs suite aux progrès technologiques : évolution des tirants d'eau, des moyens de positionnement ou souhait d'utiliser des données cartographiques sous forme numérique, etc.. Ainsi par exemple, la généralisation de l'emploi par les navigateurs de moyens de positionnement par satellites, qui fournissent une précision parfois bien supérieure à celle avec laquelle est connue la position de certaines îles ou de certains hauts-fonds, peut entraîner la reprise de travaux déjà réalisés ;

- . la diversité des besoins à satisfaire et leur évolution continue, avec par exemple la recherche de nouveaux accès à la côte ou de routes plus rapides.

Ainsi, il est communément admis que la plupart des levés français antérieurs à 1970 sont aujourd'hui caducs. Actuellement, l'objectif est de rassembler dans les zones navigables de faibles profondeurs, une connaissance aussi précise que possible :

- . de la position, de la forme, du brassiage et de la nature des points hauts du fond ou des objets qui l'encombrent ;

- . des possibilités de se positionner par rapport à ceux-ci ;

- . de la marée et des courants, ainsi que de l'évolutivité des fonds.

Pour les profondeurs plus importantes, une connaissance plus générale est suffisante, à condition toutefois qu'elle permette d'être raisonnablement sûr de l'inexistence de dangers.



Le tirant d'eau maximal des navires atteint maintenant les 30 m

(1) Conformément aux obligations internationales, définies en particulier actuellement par la convention SOLAS (Safety Of Life At Sea - sauvegarde de la vie humaine en mer).

(2) On estime de 400 à 500, le nombre de navires de plus de 100 tonnes qui font naufrage chaque année. En outre, le nombre d'épaves inconnues qui jalonnaient, après la seconde guerre mondiale, les côtes de France ainsi que le plateau continental, et qui constituaient un réel danger, était considérable. Leur recherche systématique a déjà consommé un potentiel énorme, mais ne peut pas à l'heure actuelle être considérée comme terminée.

* ingénieur en chef de l'armement

** ingénieur en chef des études et techniques d'armement

*** ingénieur principal des études et techniques d'armement

**** ingénieur des études et techniques d'armement

La profondeur de transition entre les deux niveaux de connaissance exigés a évolué dans le temps, car elle est déterminée par le tirant d'eau maximal des navires. Et si ce dernier n'était guère supérieur à 10 m jusqu'au début des années 1950, il franchit la barre des 25 m aux environs des années 1970, pour atteindre maintenant les 30 m et porter ainsi la profondeur de transition à 50 m. Dans le domaine des faibles profondeurs, la navigation de surface considérée est celle des navires ayant un tirant d'eau d'au moins 2 m.

1.2 Les autres applications

L'hydrographie générale est en outre maintenant de plus en plus sollicitée pour répondre, en tout ou partie, aux besoins en « données géographiques sur la mer » dans des activités qui se diversifient toujours davantage et dont voici quelques exemples :

- la lutte contre les pollutions marines accidentelles : celle-ci nécessite en effet une connaissance suffisante de la bathymétrie, des dangers et des courants pour d'une part, pouvoir organiser l'intervention des moyens de lutte sur les lieux du sinistre et d'autre part, mettre en œuvre les modèles hydrodynamiques qui permettront de prédire l'évolution des nappes de polluants ou leur diffusion. La prévention dans ce domaine peut aussi inciter à définir, notamment dans les passages resserrés, des voies de navigation de substitution, suffisamment sûres pour y détourner le cas échéant le trafic maritime ;

- l'assistance et le sauvetage en mer, ainsi que les opérations de secours à organiser en cas de catastrophes naturelles. Ces dernières nécessitent par exemple, dans les départements et territoires d'outre-mer, de pouvoir faire accéder des moyens navals à la côte, sur toute île habitée ;

- la mise en place de réglementations spécifiques au domaine maritime, telles que les délimitations territoriales, la réglementation des pêches ou les limites de zones protégées. Dans le cas des délimitations territoriales par exemple, les Etats désirant revendiquer un plateau continental s'étendant au-delà de la limite des 200 milles, ont l'obligation d'en déposer la demande avant les dix ans d'entrée en vigueur de la convention sur le droit de la mer (soit 2006 pour la France) et doivent donc recueillir au préalable des informations géomorphologiques nécessaires à sa délimitation ;

- l'inventaire ou l'exploitation des ressources marines vivantes ou minérales. Les besoins de la pêche par exemple, sont relatifs à la connaissance précise de la bathymétrie, des épaves ou obstructions, mais aussi de la nature superficielle des fonds sur l'ensemble du plateau continental, voire au-delà avec les progrès faits dans le domaine de la pêche profonde ;

- les travaux d'ingénierie océanique, avec par exemple la pose des câbles de télécommunication qui requiert une cartographie détaillée des fonds et des affleurements rocheux susceptibles de les endommager ;

- le développement économique général et l'aménagement du littoral, avec le développement des transports maritimes, les projets d'infrastructures portuaires, le développement du tourisme et de la plaisance, l'implantation de fermes aquacoles, etc.



Les besoins de la pêche sont relatifs à une connaissance de plus en plus précise de l'environnement

2. LES BESOINS EN HYDRO-OCÉANOGRAPHIE MILITAIRE

2.1 Du COEC au CMO

L'océanographie militaire vit le jour avec la seconde guerre mondiale ; l'utilisation des sonars révéla en effet l'importance d'une bonne connaissance de la structure hydrologique de la tranche d'eau, pour combattre efficacement l'ennemi sur ou sous la mer. Au sortir de la guerre, les forces navales ne disposaient que d'assez peu de renseignements de ce type, aussi, devant l'ampleur de la tâche, fut créé en 1947 le comité d'océanographie et d'étude des côtes (COEC), à caractère interministériel et dont le support était assuré par le service.

Les activités du service en hydro-océanographie spécifiquement militaire connurent une forte extension parallèlement au désengagement de la France à l'égard de ses anciennes colonies et à la montée en puissance de la dissuasion nucléaire. La naissance de la force océanique stratégique allait en effet entraîner des besoins croissants, tant en bathymétrie qu'en maîtrise de l'acoustique sous-marine. Cette évolution fut traduite dans les structures, notamment par le décret de création, en 1971, du service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) qui prenait la suite du service central hydrographique et se voyait confier de nouvelles missions avec la satisfaction des besoins de la marine nationale en données d'environnement.

Les progrès réalisés dans ce domaine et la prise de conscience de l'importance d'une bonne connaissance de l'environnement météo-océanographique pour la conduite efficace des opérations navales amenèrent le chef d'état-major de la marine et le délégué général pour l'armement à mettre en place, en 1990, une organisation commune pour coordonner étroitement les actions de leurs directions et services respectifs en matière d'hydro-océanographie militaire et organiser les relations de la défense avec le secteur civil compétent. Pour développer avec l'ampleur et la cohérence voulues l'effort de la défense dans ce domaine, ils en confièrent la responsabilité au SHOM et ainsi fut créé le centre militaire d'océanographie (CMO).

Consacrée essentiellement aux grands fonds et à leurs accès, à partir des années 1970, l'hydro-océanographie militaire a fait l'objet, peu après la fin de la guerre

froide, d'une nette inflexion vers les petits fonds, car les opérations littorales ont pris une importance toute particulière avec l'émergence du concept de projection de puissance à partir de la mer, imaginé pour faire face aux conflits susceptibles de se produire dans le nouvel ordre mondial qui s'est récemment mis en place.

Elle vise ainsi maintenant à satisfaire les besoins liés tant à la sécurité de la navigation sous-marine, qu'au remorquage d'engins ou à la conduite des opérations navales relevant des différents domaines de lutte (opérations spéciales et amphibies, guerre des mines ou lutte anti sous-marine).



La conduite des opérations navales nécessite une connaissance suffisamment précise de la situation météo-océanographique pour en déduire une idée de manœuvre.

Les zones concernées ne coïncident pas toujours avec les espaces maritimes français et les dépassent parfois largement. Plus précisément, l'hydro-océanographie militaire présente les particularités suivantes par rapport à l'hydrographie générale :

- . besoin d'une connaissance suffisamment détaillée de la bathymétrie, des épaves ou obstructions et des champs géophysiques, dans les profondeurs océaniques et sur une partie du plateau continental, pour naviguer avec précision sous la mer et assurer la sécurité de la navigation sous-marine ou des engins remorqués ;

- . besoin d'une connaissance fine de la bathymétrie, des épaves et obstructions, de la marée et des courants, de la sédimentologie et du magnétisme terrestre dans certaines zones du plateau continental pour les opérations de guerre des mines ;

- . besoin d'une connaissance générale de la bathymétrie, des épaves et obstructions, de la sédimentologie et de la géologie dans les profondeurs océaniques et sur le plateau continental pour les opérations de lutte anti sous-marine ;

- . besoin de connaissance des principales caractéristiques des phénomènes météo-océanographiques ayant un impact sur les performances des senseurs et des systèmes d'armes, ainsi que sur l'indiscrétion acoustique et magnétique, pour les opérations de lutte anti sous-marine et de guerre des mines ;

- . besoin d'une connaissance suffisamment précise de la situation météo-océanographique et de son évolution prévisible, pour en déduire une idée de manœuvre optimisant la prise en compte de l'environnement météo-océanographique pour les opérations de lutte anti sous-marine et de guerre des mines ;

- . besoin d'une connaissance précise de la topographie, de la bathymétrie, des obstructions, de la marée et des courants dans certaines zones côtières pour les opérations spéciales et amphibies.

2.2 L'évaluation rapide de l'environnement

Il est apparu en outre, depuis la fin de la guerre froide, que les situations de conflit et de tension pouvaient se développer très soudainement, et en particulier dans des zones où les informations en matière d'environnement pouvaient être insuffisantes pour déployer les différentes composantes d'une force et mettre en œuvre efficacement les systèmes d'armes. Les forces de l'organisation du traité de l'Atlantique nord (OTAN) ont ainsi exprimé le besoin de disposer rapidement de guides tactiques d'environnement, adaptés à la lutte sous-marine, à la guerre des mines ou aux opérations amphibies. Les méthodes classiques de recueil de données et d'élaboration des produits doivent être adaptées à ce besoin opérationnel et c'est dans ce contexte que se développe actuellement le concept d'évaluation rapide de l'environnement.

3. LES PROGRÈS DE LA TECHNOLOGIE ET DES TECHNIQUES MISES EN ŒUVRE

Si, jusqu'en 1914, les ingénieurs hydrographes se sont surtout attachés à résoudre les problèmes de géodésie, de précision des instruments d'optique et de chronométrie, de la théorie des marées, etc., les travaux à la mer étaient alors toujours réalisés comme ils l'étaient au temps de Beautemps Beaupré [Covillault, 1979]. Et c'est entre les deux guerres que sous la pression des exigences de la navigation, de surface ou sous la mer, d'une part, et de la diversification ainsi que du perfectionnement des instruments mis sur le marché par le secteur industriel pour répondre aux besoins de la défense ou de la recherche pétrolière d'autre part, que les techniques de mesures à la mer évoluèrent, la tâche des ingénieurs hydrographes s'orientant alors vers la définition des conditions d'utilisation des matériels et la mise au point de nouvelles normes.

Plus récemment, dans le but de valoriser et d'optimiser les séjours des bâtiments hydrographiques à la mer, le service a déployé et continue de déployer de gros efforts pour développer sur chacun d'eux, une chaîne de mesures complète et pluridisciplinaire : choix et acquisition de capteurs performants et variés ; capacité à les mettre en œuvre simultanément et de façon optimale ; évaluation et définition de la doctrine d'emploi et des procédures d'exploitation ; définition des paramètres à observer à la mer et de la nature des données à conserver, dans la perspective d'une réutilisation la plus large possible ; adoption des normes de levé les plus contraignantes, de manière à satisfaire le plus large éventail de besoins, exprimés ou simplement pressentis ; automatisation de l'acquisition et du traitement des données, etc. Cependant, ne trouvant pas toujours les instruments adéquats disponibles sur le marché, le service est amené parfois à les faire développer ou à faire étudier des adaptations aux équipements existants : il en a été ainsi des systèmes de radiolocalisation³, du sondeur

(3) On peut signaler notamment les efforts consacrés par le service aux systèmes Derveaux [Ortais, 1963-64] et Trident [Demerliac, 1967-68 ; Bonnot, 1978].

multifaisceaux, de la tomographie acoustique, des profilers de courant à effet Doppler ou des flotteurs dérivants de subsurface multicycles, etc.

3.1 Localisation à la mer, détection des hauts-fonds et bathymétrie

La période antérieure à la fin de la seconde guerre mondiale se caractérise par une grande stabilité des moyens mis en œuvre pour réaliser des levés hydrographiques. Ainsi, avant 1945, la **localisation** des bâtiments était obtenue par moyens optiques avec les limitations inhérentes à ce procédé (précision fonction de la distance à la côte et portée limitée). Les sondages étaient réalisés au **plomb de sonde** ou au **plomb-poisson** et leur caractère ponctuel ne permettait de garantir ni que la cote obtenue sur un haut-fond correspondait à son sommet, ni que tous les hauts-fonds sur le profil suivi avaient été détectés. Le passage d'une **drague hydrographique** permettait l'ultime contrôle de l'absence d'obstructions culminant au-dessus d'un plafond donné. Son usage était cependant limité à des zones généralement petites, particulièrement critiques du point de vue de la sécurité de la navigation, compte tenu de la lourdeur et de la difficulté de sa mise en œuvre.

La généralisation après 1945 de l'utilisation du **sondeur acoustique vertical** permit d'améliorer l'efficacité de la détection des hauts-fonds situés à proximité des profils suivis. En 1965, l'arrivée de la **localisation radio-électrique** à courte portée, puis vers les années 1970 à longue portée, étendit l'emprise géographique des zones susceptibles d'être levées et permit, en offrant la capacité de revenir sonder entre deux profils déjà parcourus, d'améliorer la capacité à coter les points hauts. Le taux de confiance accordé à ces moyens acoustiques ayant fortement progressé, le dragage hydrographique fut abandonné pour le contrôle des chenaux d'accès aux ports, au profit du sondage sur des profils suffisamment resserrés pour assurer une insonification totale du fond.

Vers la fin des années 1970, la mesure des profondeurs gagna encore en précision grâce à l'arrivée des compensateurs de pilonnement. Ces appareils permettent en effet d'obtenir sur le sondeur une trace du fond affranchie des effets des mouvements verticaux de la plate-forme utilisée pour le sondage. Il n'est donc plus nécessaire de lisser manuellement⁴ celle-ci avant dépouillement et la possibilité d'acquérir et de traiter automatiquement la sonde est ainsi ouverte [Boulard, 1991]. Grâce aux gains en temps et en sûreté de traitement qu'elle génère, l'**automatisation** permet d'augmenter le nombre de capteurs mis en œuvre simultanément lors des levés (capteurs hydrographiques, mais aussi géophysiques et océanographiques). Cependant, compte tenu de leurs dimensions et de leurs conditions d'installation, ces compensateurs étaient réservés jusqu'à encore très récemment aux seuls bâtiments. La faisabilité de systèmes pour des embarcations plus petites est

maintenant assurée et l'équipement prochain des vedettes hydrographiques devrait permettre le traitement automatique des sondages réalisés avec elles et améliorer l'homogénéité des levés exécutés conjointement avec des bâtiments et des vedettes.

Parallèlement, de gros progrès ont encore été faits en **localisation** (à terre comme en mer) et celle-ci n'est plus actuellement une source de difficultés pour l'hydrographe⁵. Elle est en particulier assurée avec une grande précision en combinant l'exploitation de signaux diffusés par des satellites de navigation et des signaux émis par des stations de référence à terre. Ainsi, le système NAVSTAR - GPS⁶, développé par le Department of Defense des Etats-Unis d'Amérique et exploité en mode différentiel (DGPS) à partir de stations indépendantes rediffusant⁷ les corrections observées, permet aux utilisateurs convenablement équipés d'obtenir aujourd'hui en temps réel et en permanence, une précision de quelques mètres dans un système géodésique mondial.

Avec l'arrivée vers les années 1975 des **sondeurs latéraux**, les possibilités de détection de la présence, entre deux profils, d'une épave ou d'un relèvement de fond suffisamment abrupt pour renvoyer un écho, furent nettement améliorées [Bonnot, 1978]. Il est toutefois nécessaire, pour que la détection soit la plus efficace possible, que tout point du fond soit insonifié au moins deux fois, à partir de profils situés de part et d'autre de ce point. Les sondeurs actuellement en service sont des engins légers et maniables qui peuvent être remorqués aussi bien par des bâtiments que par des vedettes. Ils bénéficient d'un traitement numérique du signal et ont des performances jugées satisfaisantes compte tenu des besoins actuels. Ainsi par exemple [Chimot et Dupuy, 1990], avec un espacement des profils de 75 m et une vitesse de remorquage de 8 noeuds, ils permettent presque de garantir la détection des objets, suffisamment réfléchissants, d'une taille de l'ordre de 0,75 m par fonds de 30 m. Ils fournissent en outre une image acoustique du fond à partir de laquelle on peut déterminer la nature superficielle de ce dernier.

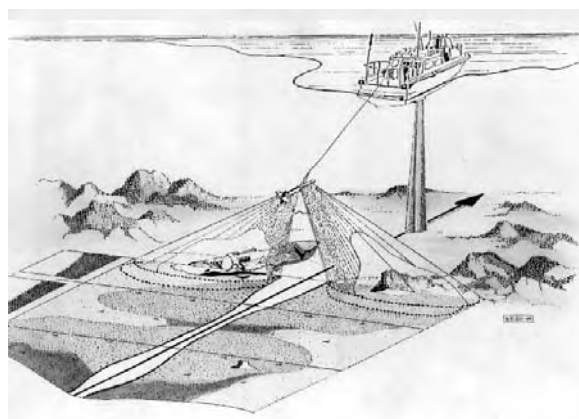


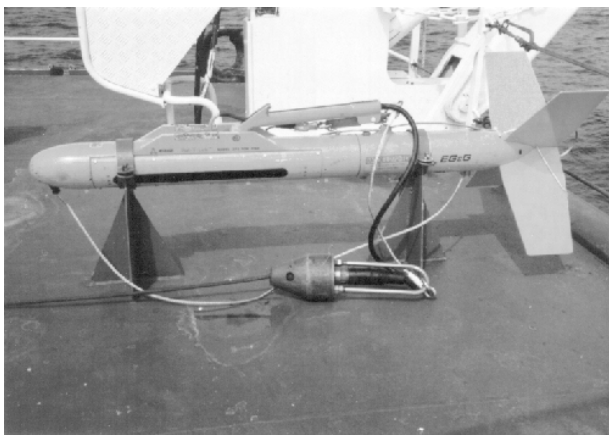
Schéma de la mise en oeuvre du sondeur latéral à partir d'une vedette.

(4) Il est en effet essentiel de ne pas écrêter sans contrôle les sommets des hauts-fonds.

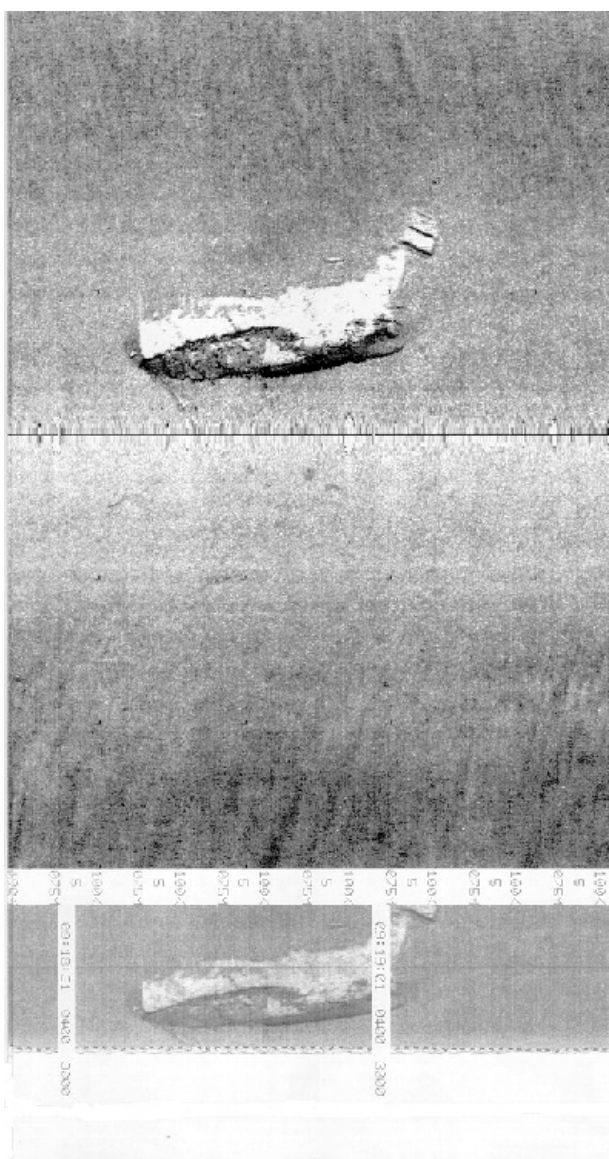
(5) La géodésie et la localisation en mer, autrefois domaines d'excellence du service [Demerliac, 1989], sont maintenant maîtrisées par de nombreux autres organismes.

(6) NAVSTAR : NAVigation Satellite Timing And Ranging ; GPS : Global Positioning System.

(7) au besoin, via des liaisons de communication utilisant des satellites.



Poisson 272 TD du sondeur latéral EG&G.



Extrait de la bande d'enregistrement du sondeur latéral EG&G 260TH poisson 272 TD montrant l'épave de l'Artiglio (Baie de Quiberon).

Toujours vers les années 1975, le service testa l'apport du **magnétomètre** remorqué pour l'observation du champ magnétique et la détection des épaves et obstructions métalliques, qu'elles soient enfouies ou non [Comolet-Tirman, 1976 ; Schrumpf, 1980]. La portée de détection dépend de la sensibilité de l'appareil, de la profondeur environnante et de la masse magnétique de l'épave. La densité des profils nécessaires à une exploration magnétique systématique doit tenir compte de cette portée, et donc du volume minimal des épaves métalliques qu'il importe de rechercher à l'endroit considéré. Les magnétomètres usuels permettent de détecter une épave de 10 tonnes à 45 m, ou une épave de 100 tonnes à 100 m. Par fonds de 30 m, une détection sûre des relèvements de 5% de la profondeur conduit donc à rechercher les épaves de 10 tonnes [Bourgoin, 1981].



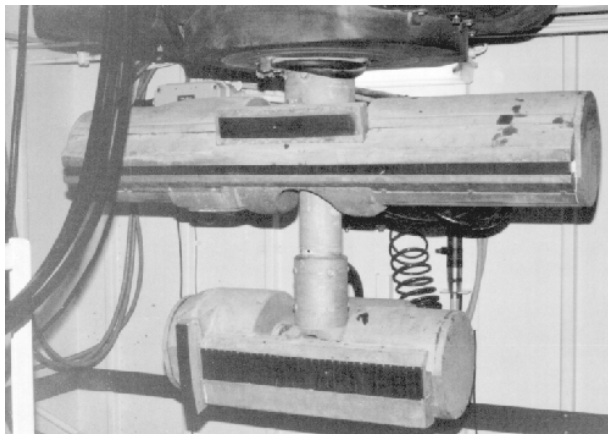
Mise à l'eau du magnétomètre Thomson SMM-2 à bord du BH2 *Lapérouse*.

Vers la fin des années 1980, le service décida d'équiper le BH2 *Lapérouse* d'un **sonar d'exploration** hydrographique marine (SEHM), dérivé des sonars de chasse aux mines et développé par Thomson Sintra ASM (DUBM 21). Son évaluation [Chimot, 1992] permit de confirmer ses performances en détection (portée jusqu'à 700 mètres, profondeur inférieure à 120 mètres), en classification (objet de dimension métrique jusqu'à 250 mètres) et son intérêt pour :

- . les recherches d'épave ou d'obstruction sur information plus ou moins douteuse de position, grâce à sa portée ;
- . la classification et le recueil d'éléments utiles pour une identification ultérieure de l'épave ou de l'obstruction (photographies de l'image acoustique, nature, orientation, taille, etc.) ;
- . les recherches sur anomalie magnétique de faible amplitude et de faible extension, ainsi que sur écho détecté au sondeur latéral ;

. la cotation des petits objets dont la hauteur est inférieure à 5% de la profondeur ;

. la décision d'entamer, pour les objets dont la hauteur est supérieure à 5% de la profondeur, une étude au sondeur vertical et la définition de la zone de cette dernière.



Antennes du SEHM monté à bord du BH2 *Lapérouse*.



image obtenue avec le "classificateur" du SEHM :
épave du Swansea Vale.

Compte tenu de sa portée effective sur le BH2 *Lapérouse* et de la vitesse maximale de progression que sa mise en œuvre impose (6 noeuds en détection et 4 noeuds en classification), son emploi est cependant limité à des zones restreintes, importantes du point de vue de la sécurité de navigation et en complément du sondeur latéral, du sondeur multifaisceaux et du magnéto-mètre.

Parallèlement, le développement des **sondeurs multifaisceaux** a révolutionné la bathymétrie ainsi que les techniques de traitement des données et il paraît donc naturel de décrire plus en détail leur introduction au SHOM et leur apport.



Traitement en salle de dessin d'un levé effectué avec un SMF.

3.2 Levé exhaustif : les sondeurs multifaisceaux au SHOM

Pour l'exploration des fonds côtiers et des fonds océaniques, le SHOM met en œuvre deux sondeurs multifaisceaux (SMF). Le premier, installé en 1988 à bord du BH2 *Borda*, est un sondeur de coque dédié aux petits fonds (inférieurs à 200 m), le *Lennermor*, qui a été développé par la société Thomson Sintra ASM [Kerleguer, 1993 ; Tonchia, Bisquay et Mouscardès, 1996]. Le second, installé en 1993 à bord du BH1 *L'Espérance* est un sondeur pour grands fonds EM12 Dual, qui a été développé par la société Simrad [Tonchia, 1996 ; Tonchia, Bisquay et Mouscardès, 1996]. Ces instruments sont mis en œuvre de façon à réaliser des levés surfaciques répondant aux normes de précision hydrographique.

Caractéristiques des deux sondeurs mis en œuvre au SHOM.

Sondeur petits fonds - Lennermor

Constructeur : Thomson Sintra ASM.

Acquis en 1988.

Installé sur le BH2 *Borda*.

Ouverture angulaire : 95°.

Largeur de la fauchée : 2 fois la profondeur P.

Ouverture hydrographique : 75° (soit 1,5 x P).

Nombre de faisceaux :

ouverture de 95° : 20 ;

ouverture de 75° : 16.

Taille des faisceaux : 5° x 5°.

Répartition des faisceaux : équiangulaire.

Fréquence : 100 kHz.

Plage nominale : de 5 à 300 m.

Centrale d'attitude : Anschütz Heco 10

Pas d'imagerie.

Sondeur grands fonds - EM12 Dual

Constructeur : Simrad Subsea.

Acquis en 1993.

Installé sur le BH1 *L'Espérance*.

Ouverture angulaire : 150°.

Largeur de la fauchée : 2,3 à 7,5 fois la profondeur P.

Ouverture hydrographique : 128° (soit 4,1 x P).

Nombre de faisceaux : 162 pour une ouverture de 128° ou de 150°.

Taille des faisceaux : 1,8° x 4°.

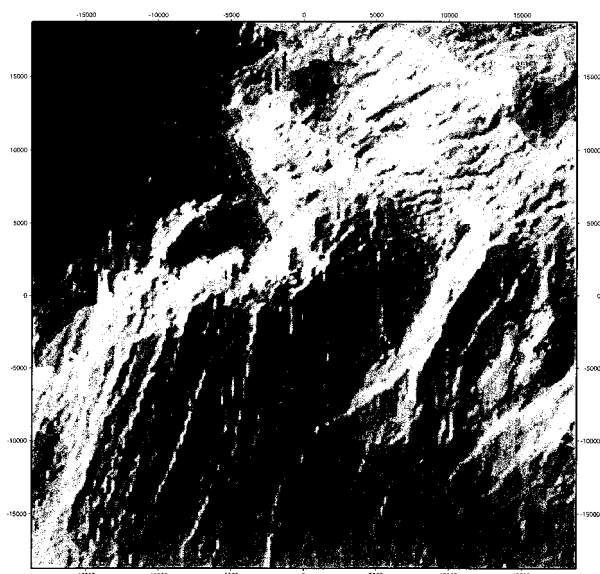
Répartition des faisceaux : équidistante au sol

Fréquence : 13 kHz.

Plage nominale : de 100 à 11 000 m.

Centrale d'attitude : SAGEM Microcin II

Imagerie numérique et papier.



Imagerie du fond obtenue avec le sondeur grands fonds EM12 Dual.

3.2.1 Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement des sondeurs multi-faisceaux est basé sur la technique sonar de formation de voies, non plus pour sonder à la verticale du navire comme les sondeurs classiques, mais pour mesurer la profondeur sur toute une fauchée perpendiculaire à l'axe longitudinal du navire. Cette fauchée varie de 2 à 7 fois la profondeur, bien que les données bathymétriques vérifient rarement les normes hydrographiques pour une largeur de fauchée supérieure à 4 fois la profondeur. La technique utilisée est dite « des faisceaux croisés », car émission du signal sonore et réception de l'écho réfléchi par le fond s'effectuent selon des faisceaux perpendiculaires dont l'intersection représente la surface sondée.

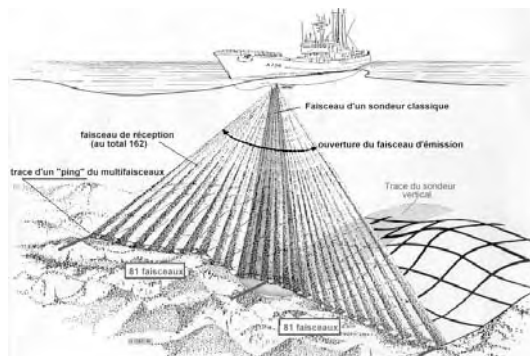


Schéma du déploiement des faisceaux du SMF EM12 Dual monté sur le BH1 *L'Espérance*.

L'émission est réalisée suivant un faisceau de faible étendue longitudinale (~2° suivant l'axe du navire), mais très large (de 20° à 140° perpendiculairement à l'axe du navire) ; la réception est effectuée par plusieurs faisceaux (de 20 à 200) perpendiculaires au faisceau d'émission, de faible étendue latérale (1° à 5°), mais ayant une extension longitudinale de plus de 20° afin de garantir qu'ils rencontrent bien l'émission, malgré les mouvements du navire.

L'émission consiste en un signal sonore de faible durée, qu'il s'agit de corrélérer avec le signal reçu dans le faisceau de réception. Pour cela, plusieurs techniques de détection peuvent être utilisées. Ainsi, dans l'EM12 Dual est appliqué un système de détection basé, suivant l'inclinaison relative des faisceaux et du fond, sur :

- la détection par l'amplitude pour les faisceaux les plus perpendiculaires au fond : l'instant de réception est fixé au centre de gravité de l'énergie du signal reçu dans une fenêtre de détection, correspondant principalement à une fonction-seuil ;

- la détection par la phase, pour les faisceaux les plus inclinés par rapport au fond. L'instant de détection est déterminé par le passage à zéro du déphasage entre deux demi-faisceaux, élaborés chacun avec les signaux des deux tiers de l'antenne de réception. La détection utilise localement une approximation polynomiale de la courbe de phase en fonction du temps.

Les précisions, résolutions et caractéristiques de ces deux méthodes sont donc différentes.

3.2.2 Procédures de calibration du sondeur

Les opérations suivantes sont nécessaires pour contrôler le bon fonctionnement du système et calibrer l'acquisition des paramètres de cap et d'attitude, ainsi que l'interface avec le système de localisation :

- la **calibration en roulis** est réalisée par comparaison des levés d'une même fauchée parcourue dans des directions opposées, sur des fonds plats. Elle permet de déterminer l'angle dont il faut corriger les faisceaux pour que les deux levés soient identiques. L'absence de biais en roulis est contrôlée systématiquement avant chaque campagne ;

- la **calibration en tangage** et celle du **retard dans la prise en compte des informations de position** sont effectuées par comparaison des levés d'une même fauchée dans des directions opposées, sur des fonds présentant une forte dénivelée dans l'axe de la fauchée. Un biais sur la mesure du tangage se traduit par un décalage proportionnel à la profondeur entre les deux profils du fond, sous la trace du navire, tandis qu'un retard constant dans la prise en compte des informations de position se traduit par un écart constant entre ces deux profils ;

- la **calibration en cap** peut s'effectuer en utilisant le levé d'une structure reconnaissable par deux fauchées parallèles, levées dans la même direction et dont les axes encadrent cette structure ;

Les calibrations en cap, en tangage et du retard de la prise en compte des informations de position ne sont réalisées que lors de l'installation du système ou en cas de modification importante (changement de système de localisation par exemple).

. le **contrôle sur une zone test** consiste à vérifier le bon fonctionnement du sondeur sur des fonds plats et parfaitement connus. On dispose à cet effet, au large de Brest, port-base du BH1 *L'Espérance* et du BH2 *Borda*, des polygones d'essais hydrographiques, situés sur le plateau continental ainsi que sur la plaine abyssale, par fonds de 4 800 m. Ces zones sont planes et ont fait chacune l'objet d'un levé serré au sondeur vertical mono-faisceau. Les données SMF qui y sont recueillies au début de chaque sortie des bâtiments sont comparées au levé de référence et des courbes de biais et d'écart-type sont établies de façon à contrôler les performances des sondeurs.

3.2.3 Modes opératoires et précaution d'emploi

Pour la réalisation des levés surfaciques, l'ouverture du sondeur est limitée aux faisceaux réputés « hydrographiques »⁸. On procède tout d'abord à un levé exploratoire comportant des fauchées régulièrement espacées, en fonction de la profondeur moyenne de la zone, que l'on complète par des fauchées généralement intercalaires visant soit à boucher les « trous » dans l'insonification, soit à assurer une double insonification des structures intéressantes (ces intercalaires sont définies au vu du tracé quotidien de la couverture obtenue). On réalise enfin des fauchées traversières en essayant de privilégier le passage sur les sommets les plus remarquables. Il est souhaitable que chaque fauchée soit croisée au moins une fois, et si possible deux fois. Pour la mise en œuvre du sondeur multifaisceaux, outre un recouvrement entre faisceaux de précision hydrographique, il est bon d'assurer la cohérence des indications fournies sous la trace du navire avec celles recueillies grâce à un sondeur vertical.

Dans le cas des petits fonds, compte tenu de la relativement faible fauchée du sondeur Lennermor, les levés surfaciques sont essentiellement réalisés pour l'exploration des chenaux d'accès aux ports et des voies recommandées. On notera toutefois que, le sondeur ne permettant pas de garantir que toutes les obstructions de dimensions inférieures à 5% de la profondeur sont cotées avec précision, le sondeur latéral est mis systématiquement en œuvre parallèlement à l'emploi de ce SMF.

Les levés surfaciques sont généralement réalisés à pleine vitesse (soit 11 noeuds pour *L'Espérance*, 12 noeuds pour le *Borda*), mais on peut cependant être amené à la réduire en fonction des conditions de mer, de façon à limiter le passage de bulles devant les antennes, et éventuellement lors de l'exploration des hauts-fonds (les relèvements de fond sont explorés à une vitesse inférieure à 6 noeuds avec le Lennermor). Il faut en outre veiller à ce que le bâtiment soit stabilisé le long de sa route avant le début du sondage (si possible pendant plusieurs minutes), de façon à disposer de mesures d'attitude de qualité optimale. Dans le cas du sondeur grands fonds, il est essentiel de minimiser les mouvements de lacet du navire, afin d'éviter des défauts d'insonification (des écarts de cap supérieurs à 5° entre

deux cycles d'émission ne peuvent être tolérés). C'est pourquoi on privilégie la tenue du cap par rapport à la tenue du profil et on recommande vivement l'emploi du garde-cap.

La connaissance du profil de célérité du son dans l'eau permet de compenser les effets de la réfraction ; il est donc régulièrement mesuré. Dans le cas des levés réalisés au Lennermor, une observation est réalisée quotidiennement à l'aide d'un bathycélérimètre. Dans le cas des levés effectués avec l'EM12 Dual, l'observation par sondes perdables XBT (expendable bathythermograph) est réalisée très régulièrement (toutes les 6 heures ou tous les 40 milles) et le profil de célérité observé est complété pour les grandes profondeurs par une base de données statistique (Levitus). Des variations de la célérité de surface, observée en continu pour la formation des voies, peuvent conduire à augmenter la fréquence des tirs. Des études sont cependant en cours pour essayer de mieux prévoir et contrôler l'imprécision sur les sondes résultant de la variabilité de la célérité du son, tout en assurant la maîtrise des coûts afférents aux sondes perdables.

3.2.4 Contrôle de la qualité

Le contrôle de la qualité repose notamment sur les actions suivantes :

. le **contrôle des profils de célérité** : chaque nouveau profil de célérité transmis au sondeur est comparé aux profils précédents et, le cas échéant, à un profil théorique issu d'une base de données statistique. En effet, l'expérience montre que les profils peuvent parfois être erronés (par exemple, à la suite d'une rupture du fil, dans le cas d'un sondage XBT), et que cela peut entraîner des erreurs bathymétriques importantes. Ces profils erronés peuvent également être détectés, à l'issue du levé, lors du traitement des données. Il est alors important de disposer d'un logiciel capable de « rejouer la célérité », c'est-à-dire de recalculer les profondeurs à partir d'un profil corrigé ;

. le **suivi de la célérité de surface** : dans le cas du sondeur EM12 Dual, la célérité de surface est contrôlée en continu et lorsque sa mesure s'écarte de plus de 3 m/s de la dernière valeur adoptée, un nouveau profil de célérité est déterminé. Ces variations de célérité de surface peuvent en effet indiquer des changements de masses d'eau ou des passages de front ;

. le **suivi de la couverture du levé** : quotidiennement, un tracé de la zone effectivement insonifiée est réalisé, de façon à définir les fauchées complémentaires à effectuer. La densité des mesures au voisinage des sommets est également vérifiée ;

. l'**exploitation des fauchées traversières** : elle consiste à élaborer un modèle numérique de terrain (MNT) à partir des faisceaux verticaux du traversier, à comparer les sondes du levé régulier avec ce MNT et à tracer les écarts, en fonction de la distance le long du traversier. Cette procédure permet parfois de détecter

(8) Dans le cas de l'EM12 Dual, l'ouverture « hydrographique » est de 128°, elle permet de balayer une fauchée de largeur égale à 4,1 fois la profondeur. Pour le Lennermor, on se limite aux 16 faisceaux les plus centraux.

une courbure suspecte des faisceaux latéraux qui peut résulter de l'utilisation d'un profil de célérité inadapté à l'hydrologie du milieu.

Ces différentes opérations sont essentielles et sont réalisées en temps réel ou en temps peu différé (à bord, durant la campagne). Elles ont pour but d'éviter des difficultés susceptibles de provoquer l'arrêt de la rédaction du levé et de nécessiter un retour sur zone.

3.2.5 Validation des données recueillies

Les mesures réalisées par les sondeurs multifaisceaux sont entachées d'erreurs d'origines diverses, telles que des réflexions sur la surface, le bruit de mer par mauvais temps ou les écoulements turbulents et chargés de bulles devant les transducteurs. Par ailleurs, **ces mesures ne sont disponibles et réellement exploitables que sous forme numérique**. Compte tenu du volume de données recueillies, une des parties les plus délicates du traitement des données SMF consiste à éliminer ces sondes erronées. Cette opération est conduite grâce aux résultats des études et développements suivants :

- . **épuration des données : le concept**. Compte tenu du volume de données recueillies (dans le cas d'un sondeur multifaisceaux pour petits fonds, plusieurs cycles de plus de 100 sondes par seconde), les méthodes manuelles aboutissent à un travail extrêmement fastidieux (la durée de traitement des données dépasse largement la durée d'acquisition). En outre, compte tenu de la nature des erreurs (les sondes erronées sont souvent regroupées par « paquets » voire par cycles), les méthodes manuelles sont souvent prises en défaut. Le résultat obtenu est donc très largement dépendant de l'opérateur et ne peut être que difficilement contrôlé. Ainsi, par petits fonds, il est essentiel pour l'hydrographe de ne pas éliminer systématiquement les sondes les plus courtes qui pourraient s'avérer être des dangers pour la navigation. Aussi les méthodes automatiques s'imposent. L'organisation adoptée pour la chaîne de traitement mise au point comporte trois étapes :

- . des algorithmes de détection d'erreurs sont tout d'abord mis en œuvre afin d'attribuer à chaque mesure un indicateur traduisant le caractère plus ou moins douteux de la sonde et de retenir les données litigieuses ;

- . pour chaque sonde (ou groupe de sondes) douteuse, l'hydrographe doit décider de son invalidation ou de son maintien ;

- . le traitement réalisé est contrôlé et validé (à l'aide de présentation de statistiques sur les données invalidées).

- . **détection des sondes erronées**, trois approches ont été explorées :

- . *mettre au point une typologie des erreurs* : cette étude a ainsi été menée sur un ensemble de données SMF grands fonds acquises à l'aide du sondeur Simrad EM12 Dual au cours de différentes campagnes de 1993 à 1996. L'épuration étant encore manuelle, elle a été mise à profit pour établir un catalogue d'erreurs sur lequel une classification a été réalisée. Cette approche a

donné des résultats intéressants puisqu'elle a permis d'identifier des erreurs dues à des dysfonctionnements du sondeur (3 types d'erreurs ont pu ainsi être corrigés par la suite grâce à l'intervention du constructeur), ainsi que des erreurs détectables automatiquement et correspondant soit à un blanc-sondeur (dans un cycle d'émission présentant un blanc-sondeur d'étendue limitée, on constate généralement à l'intérieur de ce dernier la présence d'une sonde erronée isolée) soit à un décrochement plus profond de la bathymétrie sur les faisceaux centraux. Elle devra évidemment être reprise pour tout nouveau sondeur ;

- . *tester la cohérence statistique de chaque sonde avec ses voisines* : le développement de ces algorithmes s'appuie sur l'hypothèse de l'existence d'une certaine continuité de la topographie. Chaque sonde est ainsi comparée avec une estimation calculée à partir de son environnement et affectée d'un intervalle de confiance par des méthodes statistiques (médiane, quantiles ou krigeage) ;

- . *utiliser une modélisation locale de la bathymétrie* : dans cette approche, une grille est définie sur la zone à tester et les sondes, éventuellement issues de plusieurs fauchées, sont réparties par cellules. Pour chaque cellule, la topographie est modélisée par une surface polynomiale ajustée par une méthode itérative de moindres carrés pondérés. D'une itération à l'autre, les poids des sondes sont modifiés en fonction des résidus sur les données observées et d'une manière générale, à un fort résidu correspond un faible poids pour l'itération suivante. Cet algorithme est fondé sur la théorie des estimateurs de maximum de vraisemblance et lorsque le critère de convergence est atteint, les sondes dont le poids est inférieur à un seuil fixé sont étiquetées comme susceptibles d'être erronées.

- . **validation des données** : l'application séquentielle et automatique de ces algorithmes permet de ne soumettre à l'hydrographe que les cas litigieux et bien sûr, en fonction des objectifs du levé et de la topographie rencontrée, les sondes susceptibles de correspondre à un obstacle pour la navigation. Il dispose à cet effet d'outils automatiques et d'un éditeur graphique permettant de visualiser la sonde dans son environnement (visualisation des données par cycles ou par faisceaux, et visualisation des données géoréférencées, éventuellement issues de plusieurs fauchées, rangées par cellules géographiques).

3.2.6 Élaboration des documents définitifs

Les documents définitifs établis par les missions sont des produits numériques (fichiers des sondes validées et des paramètres permettant leur exploitation ultérieure, modèles numériques de terrain (MNT) et sondes caractéristiques), ainsi que des documents « papier » (minutes de bathymétrie). Les données bathymétriques recueillies par les sondeurs multifaisceaux n'étant disponibles et exploitables que sous forme numérique, seuls les produits numériques contiennent désormais toute l'information originale⁹, et les supports graphiques ne

(9) La conservation de l'ensemble de cette information originale est évidemment essentielle.

fournissent qu'une image des MNT et des sondes caractéristiques élaborés. Aussi, les méthodes de représentation font-elles l'objet d'une attention toute particulière :

. **les modèles numériques de terrain** : un MNT est déterminé pour chaque minute de rédaction. Il s'agit actuellement de modèles à mailles régulières, et dans le cas des données en petits fonds, la taille de la maille est définie de manière que sa représentation à l'échelle de la minute de rédaction ait une dimension de 2 mm. Le MNT est calculé à partir de la moyenne des sondes, pondérées par la distance. Dans le cas des grands fonds, elle a été fixée à 200 mètres, tandis que le MNT est calculé, par moindres carrés pondérés, par ajustement d'un interpolateur parabolique sur les sondes entourant de façon harmonieuse chaque nœud, afin d'éviter les anomalies résultant d'extrapolation ou d'interpolation s'appuyant sur une répartition non isotrope des sondes ;



Modèle numérique de terrain.

. **les modèles numériques de qualité** : de façon à qualifier les modèles de terrain, des modèles numériques de qualité (MNQ) sont associés à chaque MNT. Actuellement, deux types de MNQ sont réalisés :

. **les modèles d'écarts** : la procédure de calcul de tels modèles consiste à comparer les sondes avec le MNT, en utilisant l'interpolateur, puis à exprimer l'écart constaté avec la mesure et enfin à réaliser un modèle numérique de ces écarts, exprimés en pourcentage de la sonde, aux mêmes nœuds de maillage que le MNT et selon la même méthode. Les minutes d'écarts mettent surtout en évidence la rugosité du terrain. En présence de fonds pentus, des écarts importants peuvent être rencontrés. Cependant, ces valeurs fortes restent alors généralement acceptables, que l'objectif du levé soit la description géomorphologique du fond ou la sécurité de la navigation, car la sensibilité de la position horizontale des isobathes sur des parois abruptes ou dans des canyons encaissés est faible. Par contre, par fonds globalement plat et rugueux, il peut devenir nécessaire, pour assurer la sécurité de la navigation par exemple, de densifier les sondages. Les résultats des méthodes

automatiques de description de la rugosité du fond doivent donc être interprétés avec soin, afin que les compléments de levés ne soient pas concentrés inutilement sur des zones pentues ;

. **les modèles de densité** : on affecte dans ce cas à chaque nœud du modèle le nombre de sondes que comporte la maille associée. Les minutes de densité permettent de quantifier l'insonification réalisée au cours du levé ;

. **les sondes caractéristiques** : comme les modèles à mailles régulières décrivent particulièrement mal les remontées de fond, il est indispensable de conserver certaines sondes réellement mesurées. Ces sondes sont dites « caractéristiques ». En petits fonds, les sondes caractéristiques sont déterminées en fonction de leur écart par rapport aux sondes voisines et au modèle. En grands fonds, elles sont choisies afin d'indiquer les reliefs intéressants et les sommets importants ;

. **les minutes de bathymétrie** : elles comportent des isobathes et des plages de couleurs associées aux profondeurs issues du modèle numérique de terrain, des sondes « caractéristiques », représentées en caractères gras, et des sondes dites « d'habillage », issues du MNT.

3.3 Observation de la marée et réduction des sondages

Jusqu'à la seconde guerre mondiale, l'observation de la marée pour la réduction des sondages était généralement réalisée sur des échelles nivelées avec précision et lues à intervalles réguliers par des opérateurs. Certains ports étaient toutefois déjà équipés de marégraphes permanents, généralement construits par les travaux maritimes. Il existait en outre des marégraphes plongeurs, conçus par le service¹⁰, et destinés à l'étude de la marée au large.

L'arrivée des marégraphes portatifs, enregistrant la marée sur un graphique, permet ensuite de disposer d'une observation en continu et de libérer presque complètement la main d'œuvre, au prix toutefois d'une surveillance régulière. De nombreux appareils de ce type furent mis sur le marché par le secteur industriel [Simon, 1986] : marégraphe à flotteur, disposé dans un puits vertical en communication avec la mer, marégraphe mesurant les variations de la pression hydrostatique [Eyriès, 1967-68], marégraphe enregistrant la fermeture de contacts électriques, marégraphe à courant d'air continu¹¹, marégraphe autonome à corde vibrante [Pieretti, 1977], etc.

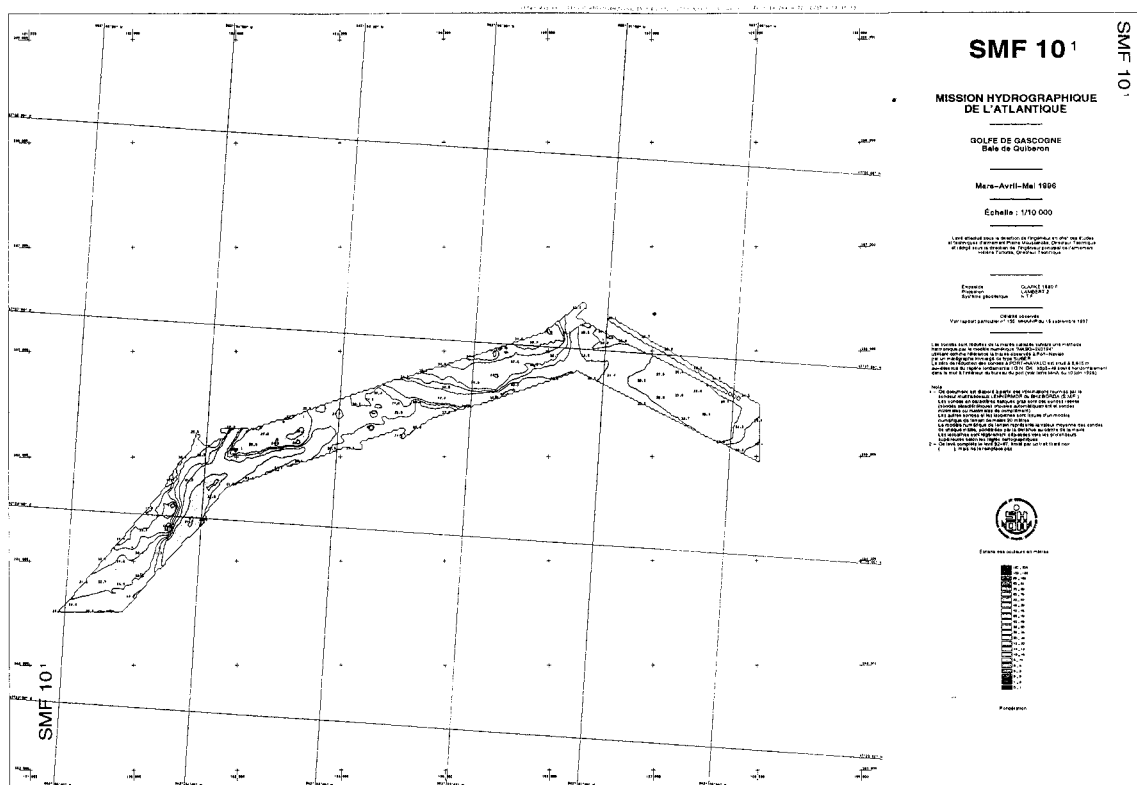
Depuis le début des années 1980, le service utilise des marégraphes immergés fabriqués initialement par la société Suber (SLS 13 et 23, par exemple), puis par Mors¹². Ces appareils sont équipés d'un capteur de pression et permettent d'enregistrer les observations sous forme numérique.

Le service a en outre entrepris récemment de moderniser les observatoires permanents existants, équipés d'instruments à enregistrement analogique, et de mettre en place un réseau d'observatoires de marée

(10) Par l'ingénieur hydrographe Favé en 1890.

(11) Un exemple de ce type d'appareil est le marémètre à fuite qui fut réalisé par l'ingénieur hydrographe Eyriès vers le milieu des années 1960.

(12) La société Suber a été reprise successivement par les sociétés Océano Instruments puis Mors ; les marégraphes n'ont cependant pas subi d'évolution notable.



Minute de bathymétrie d'un levé réalisé avec un SMF.

d'une nouvelle génération : les marégraphes côtiers numériques (MCN). Au 31 décembre 1997, six ports français sont ainsi dotés de ces nouveaux équipements : trois MCN ont été installés à Brest, au Conquet ainsi qu'à Cherbourg et sont sous la responsabilité complète du service ; trois ports autonomes ou services maritimes ont en outre décidé de placer des MCN en partenariat avec le SHOM ; il s'agit de Dunkerque, Le Havre et La Rochelle. Plusieurs sites seront équipés en 1998 : Calais, Le Crouesty, Toulon, Nice et Marseille (en collaboration avec l'IGN) tandis que des contacts ont été pris avec les autorités compétentes de nombreux autres ports (Concarneau, Roscoff, Les Sables-d'Olonne, Dieppe, etc.).



Mouillage d'un marégraphe grands fonds.

La technique employée par les MCN est basée sur la mesure de tirant d'air par ultrasons dans un puits de tranquillisation. Le MCN enregistre les mesures sous forme numérique, puis les retransmet régulièrement par modem, via le réseau téléphonique, d'une part, vers l'établissement principal du SHOM et d'autre part, vers les autorités portuaires intéressées par ces données pour leur propre usage (affichage des hauteurs observées en continu et en temps réel ; réduction de sondage hydrographique).

Les côtes de la Manche et de la mer du Nord sont certainement une des régions au monde, où la marée est la plus difficile à maîtriser pour la précision des levés. C'est pourquoi on utilise, pour réduire les sondages, un modèle de propagation de la marée, calé sur un observatoire côtier ou immergé au large, de façon à prendre en compte les effets des conditions météorologiques (surcotes ou décotes). La zone du levé est découpée en zones de marée, et les modèles correspondants sont définis dans chacune d'elles de façon que la continuité soit assurée aux frontières à mieux que dix centimètres. Les résultats de ces modèles sont confirmés avant le levé par comparaison avec les observations de marégraphes immergés, répartis régulièrement dans la zone concernée. Le cas échéant, de nouvelles zones de marée sont créées et de nouveaux modèles établis, à partir de ces observations. Dans les autres régions et suivant les caractéristiques de la marée, une méthode similaire avec modèle ou plus simple, directement à partir des observations validées, est appliquée pour la réduction des sondages.

Une autre voie est actuellement en cours d'investigation au sein du service pour mesurer la marée directement à bord d'un bâtiment, il s'agit d'utiliser le GPS en mode cinématique. Comme pour le DGPS, un premier récepteur est embarqué et un second est en station sur un point fixe. Cependant le principe de mesure repose non plus sur l'exploitation des pseudo-distances, mais sur celle des mesures de phase. Des méthodes et techniques particulières doivent donc être mises en œuvre pour résoudre le problème des ambiguïtés entières (résolution lors d'une phase initialisation, puis mesure cinématique des phases sur les mêmes satellites, afin de conserver les mêmes ambiguïtés) et permettre le traitement en temps réel. Les études correspondantes en sont encore au stade de la faisabilité.

3.4 Géophysique et géologie marines

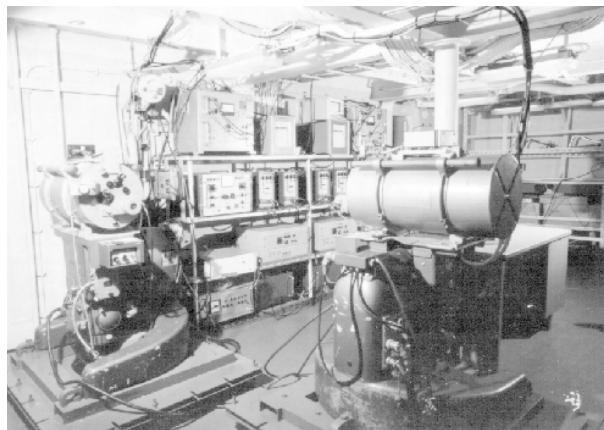
Le service s'est toujours intéressé à la géophysique. C'est ainsi que dans le domaine du **magnétisme terrestre**, chaque mission ou presque, au cours du 19^e siècle et jusqu'au début des années 1970, effectuait des stations à terre de mesures de déclinaison et parfois même d'inclinaison. En fait, l'IPG¹³ s'occupe maintenant pour l'ensemble du territoire national des observations aéro-terrestres et fournit au service les éléments dont il a besoin.

Pour les observations à la mer, le service utilise des appareils mesurant le module du champ magnétique terrestre à partir de la propriété de résonance des protons plongés dans un champ magnétique (RMN). Ce type de capteur permet actuellement d'atteindre une précision de l'ordre du nanotesla. Les magnétomètres utilisés au SHOM (des SMM - 2, développés par la société Geomag et navalisés par Thomson) sont remorqués derrière le bâtiment à une distance au moins égale à deux fois et demi la longueur du bâtiment, afin de ne pas être perturbé par l'effet magnétique du bateau. A part pour le besoin spécifique de la recherche d'épaves ou d'obstructions métalliques décrit précédemment, ces appareils ont été rarement utilisés pour des mesures systématiques. Ce fut cependant le cas, à la fin des années 1980, à l'occasion des levés géophysiques en Atlantique nord-est. Une station magnétique de référence fut implantée aux Açores pour réduire les observations à la mer des variations temporelles du champ [Le Quentrec-Lalancette, 1995], et la précision atteinte est meilleure que 40 nanoteslas. En petits fonds, des mesures systématiques ont été réalisées en baie de Somme en 1995, afin d'évaluer la précision pouvant être obtenue à l'occasion d'un levé hydrographique. Dans ce cas aussi, les observations ont été réduites grâce aux enregistrements effectués par une station de référence mise en place à proximité de la zone du levé et une précision de 15 nanoteslas a ainsi été obtenue.

Dans le domaine de la **gravimétrie**, les travaux furent plus tardifs, car ils exigent une stabilité de plate-forme difficile à trouver en mer. L'arrivée, entre les deux guerres, d'un instrument conçu par le professeur Vening-Meinesz permit d'exécuter des observations de gravité à la mer, à condition que les mouvements du bâtiment-support fussent aussi réduits que possible.

Aussi les deux premières campagnes du service furent-elles réalisées, l'une en 1933-34 à bord du sous-marin *Fresnel*, l'autre en 1936 à bord du sous-marin *Espoir*. [Anthoine, 1947].

Ensuite, vers la fin des années 1950, la firme allemande Askania mit au point un gravimètre marin (GSS 2) sur plate-forme stabilisée gyroscopiquement, apte à fonctionner sur les bâtiments de surface. Ce gravimètre [Comolet-Tirman, 1967-68], puis ses successeurs (KSS 5) furent ainsi utilisés sur l'*Amiral Mouchez*, à bord du *Paul Goffeny*, du *D'Entrecasteaux* et de l'*Espérance* [Comolet-Tirman, 1976 ; Boulard, 1991]. Les appareils actuellement en service sont des KSS 30 et 31 de la firme Bodenseewerk, qui a repris les activités conduites précédemment par Askania [Boulard, 1991]. Situés au point tranquille du bateau, ils reçoivent les informations de navigation afin de corriger les mesures des accélérations horizontales et permettent de réaliser des levés gravimétriques dont la précision est de quelques milligals.



Gravimètre KSS 5 de Bodenseewerk.



Gravimètre KSS 31 de Bodenseewerk.

(13) IPG : Institut de Physique du Globe.

Les travaux à terre auxquels procède le service consistent d'une part, en des mesures de rattachement au réseau international, des stations gravimétriques de référence réalisées à bord des bâtiments, et au contrôle de la stabilité des niveaux de référence des observatoires de marée, à partir de mesures GPS et avec un gravimètre absolu acquis par la communauté scientifique française avec une participation du service.



Gravimètre terrestre Worden pour le rattachement des stations gravimétriques de référence réalisées à bord des bâtiments.

Dans le domaine de la **sédimentologie** et de la **géologie marines**, les travaux réalisés lors des levés hydrographiques ont essentiellement été focalisés jusqu'aux années 1980, sur la détermination de la nature superficielle du sol sous-marin. Il s'agissait en effet, non pas de dresser des cartes thématiques mais de renseigner les cartes marines, car la nature des fonds marins intéresse le navigateur en priorité pour évaluer la tenue des mouillages. D'autre part, ces données sont utiles pour aider à la conduite du levé (adaptation de son échelle aux caractéristiques bathymorphologiques de la zone) et à l'exploitation des mesures recueillies (présence de roches, d'algues, etc.).

Si ces déterminations étaient naturelles lorsque les sondages étaient effectués au plomb de sonde qui entraînait au contact du fond, elles nécessitèrent des développements lorsque les techniques de levé devinrent basées sur l'acoustique. De très nombreux appareils de prélèvement virent ainsi le jour : dragues, bennes, carottiers, pénétrateurs, appareils de mesure in situ, etc. On pourrait imaginer que le développement récent des travaux de géologie marine dans le domaine côtier ait rendu inutiles les travaux réalisés par le service dans ce domaine. En fait, il n'en est rien car d'une part, la couverture des cartes géologiques n'est ni totale, ni suffisamment dédiée à la nature superficielle du fond et d'autre part, l'habitude fortement ancrée du service à archiver les mesures réalisées par lui ou par d'autres

organismes, fait qu'il dispose du fonds documentaire vraisemblablement le plus riche.

Une autre application, plus récente, de la sédimentologie est le suivi des zones évolutives de la Manche ou de la mer du Nord, à proximité du Pas de Calais. Le service porte en effet une attention particulière aux dunes sous-marines qui se déplacent dans cette zone critique du point de vue de la sécurité de la navigation, et qui sont donc suivies par des levés répétitifs (1 an, 3 ans ou 5 ans, selon la zone) réalisés par les services hydrographiques des pays riverains. Les résultats obtenus sont systématiquement interprétés par des sédimentologues et une étude est actuellement en cours pour modéliser la dynamique sédimentaire de ces dunes, dans le but de réduire à moyen terme les travaux à la mer et concentrer les efforts sur les zones les plus critiques (les dunes de sable isolées paraissent en effet les plus mobiles).

Mises à part quelques expériences comme le levé sonal en Iroise [Schrumpf, 1978] ou la campagne de sismique ANTIVOLC 81 exécutée à partir du BO *D'Entrecasteaux* autour de la Guadeloupe [Boulard, 1991], il fallut attendre le milieu des années 1980 pour voir se renforcer l'intérêt du service pour les thèmes liés à la sédimentologie et à la géologie marines. Cette activité se développa pour répondre à l'émergence, assez diffuse à l'époque, de besoins nouveaux de la défense, puis de la pêche [Garlan, 1995]. Elle se traduit par :

- . un essor important des coopérations avec les universités et les laboratoires de l'IFREMER¹⁴ ou du BRGM¹⁵, pour faire converger vers le service les données déjà recueillies ;
- . la constitution de la base de données sédimentologiques du SHOM (BDSS) qui rassemble les données acquises par le service ou ces autres organismes ;
- . la mise au point de procédures d'exploitation à des fins sédimentologiques des capteurs dont disposent déjà les missions :
 - . sondeur vertical grands fonds, pour la discrimination des fonds rocheux ou sédimentaires ;
 - . sondeur latéral, pour la description de la nature superficielle du fond ;
 - . benne de prélèvement Shipeck ;
 - . carottier Kullenberg à bord du BO *D'Entrecasteaux* ;
 - . imageur du sondeur multifaisceaux grands fonds EM 12 Dual, qui équipe le BH1 *L'Espérance* ;
 - . le développement d'une chaîne d'acquisition des mesures sédimentologiques à bord des bâtiments hydrographiques afin de leur permettre de recueillir systématiquement des données lors des levés hydrographiques :
 - . sondeur de sédiments ODEC, fonctionnant à 3,5 kHz ;
 - . système RoxAnn d'analyse des signaux de retour des sondeurs verticaux, dont la simplicité d'emploi en fait imaginer la mise en œuvre par les bâtiments de la marine ;
 - . système Delph d'enregistrement et de traitement numérique des données recueillies par les sondeurs latéraux et les sondeurs de sédiments.

(14) IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER.

(15) BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

Les études actuelles portent sur la doctrine d'emploi de ces capteurs, la classification automatique de la nature superficielle des fonds océaniques par exploitation de l'imagerie délivrée par les sondeurs multifaisceaux grands fonds, la caractérisation de l'épaisseur et des propriétés acoustiques des sédiments à partir des données de sismique haute résolution, le développement d'observatoires de mesures acoustiques in situ.



Poissons du sondeur latéral et du sondeur de sédiments à bord du BH2 *Lapérouse*.

3.5 Océanographie

Les besoins militaires, puis scientifiques ont généré une approche assez spécialisée des phénomènes océaniques, entraînant une forte croissance du marché des matériels d'océanographie et le développement de techniques innovantes.

3.5.1 Instrumentation embarquée

L'instrumentation à bord des navires de recherche océanographique, et en particulier à bord des bâtiments du service, s'est ainsi perfectionnée et si de nombreux matériels sont encore semblables dans leur principe à ceux que l'on utilisait il y a cinquante voire cent ans, ils sont maintenant construits avec de nouveaux matériaux et font appel à de nouvelles technologies qui les rendent plus précis, plus fiables. Parallèlement, leurs modalités d'emploi, du fait des autres matériels associés, ont elles aussi évolué.

Il en est ainsi des **appareils d'hydrologie** :

les matériaux utilisés pour les **bouteilles à renversement** ont évolué ; le bronze, le laiton et le cuivre ont été remplacés par des composés plastiques et de l'acier inoxydable ; la capacité de ces bouteilles s'est en outre accrue pour atteindre à l'heure actuelle jusqu'à 10 litres et plus ;

(16) Dans laquelle, chaque bouteille associée à son couple de thermomètres « protégé » et « non protégé » permettait de calculer les principaux paramètres physiques à une immersion donnée dite immersion « standard ».

(17) Cette bathysonde, développée par la société allemande du même nom, fut une des premières construites et souffrait de divers défauts technologiques importants.

(18) Bathysonde développée par la société canadienne du même nom.

(19) Société américaine qui fabrique du matériel de mesure hydro-océanographique.

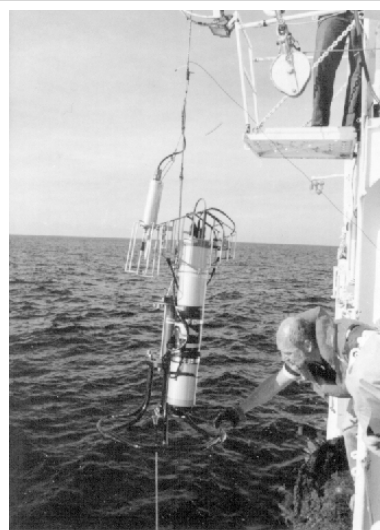
grâce à la **bathysonde**, qui acquiert des mesures avec une vitesse d'échantillonnage de plus en plus rapide, les paramètres physiques de l'eau de mer, comme la pression, la température et la conductivité, etc. sont observés de façon plus approfondie et plus précise ; la « palanquée »¹⁶ avec son « messenger » et son câble de « 6,3 inox » a laissé en outre la place à un **multi-échantillonneur** ou « rosette » où sont disposées les bouteilles (et il n'est pas rare maintenant d'en compter 24 voire plus), qui entourent la bathysonde, l'ensemble étant suspendu à un câble électroporteur antigiratoire.

Après la bathysonde Howald¹⁷ [Ribet, 1972], le service a utilisé pendant plus de 20 ans des Guildline¹⁸, qui sont maintenant à leur tour remplacées par des capteurs de troisième génération, les Sea-Bird Electronics (SBE)¹⁹. Si les principes de mesure restent les mêmes, le matériel a été allégé et les performances améliorées, comme le montre le tableau ci-après avec l'exemple du capteur de température ;

Évolution des performances du capteur de température des bathysondes

Guildline (type 8705) - masse : 32 kg			
gamme	précision	résolution	stabilité (par mois)
- 2 à + 30°C	± 0,005°C	± 0,0005°C	± 0,002°C

SBE (type 911) - masse : 25 kg			
gamme	précision	résolution	stabilité (par mois)
- 5 à + 35°C	± 0,001°C	0,0002°C	± 0,0002°C



Mise à l'eau de la bathysonde Guildline type 8705 à bord du BO *D'Entrecasteaux* en 1990



Mise à l'eau de la bathysonde SBE type 911+ avec multi-échantillonneur et bouteilles à renversement à bord du BO *D'Entrecasteaux* pendant la campagne ARCANE 97

. les **thermomètres à renversement à mercure** restèrent longtemps inchangés, avant d'être remplacés ces dernières années par des **thermomètres électroniques** qui ont permis de gagner un facteur 10 en résolution²⁰ ;



bathythermographe Richard

. l'usage du **bathythermographe Richard**²¹, appareil destiné à connaître rapidement la structure thermique d'une colonne d'eau, a définitivement été remplacé à la fin des années 1970 par l'utilisation de **sondes perdables** qui mesurent, avec une fiabilité et une précision toujours plus grandes, la valeur d'un certain nombre de paramètres en fonction de la profondeur. Les plus utilisées par le service sont celles délivrées par le constructeur Sippican :

. les XBT (expendable bathythermograph) fournissent le profil de température en fonction de la profondeur : celle-ci est ainsi mesurée à $\pm 0,1$ °C, avec un pas d'échantillonnage de moins d'un mètre pour les profondeurs. Il en existe pour différentes profondeurs : de la T10 (480 m) à la T5 (1830m) ;

. les XSV (expendable sound velocimeter) délivrent le profil de célérité du son dans l'eau en fonction de la profondeur : la célérité est mesurée à $\pm 0,25$ m/s, avec un pas d'échantillonnage de l'ordre de cinquante centimètres. Il en existe aussi pour différentes profondeurs ;

. les XCTD (expendable conductivity/ temperature/depth profiling system) mesurent le profil de température et de conductivité en fonction de la profondeur : la conductivité est fournie à $\pm 0,03$ mS et la température à $0,03$ °C, avec un pas d'échantillonnage de l'ordre du mètre pour les profondeurs ;

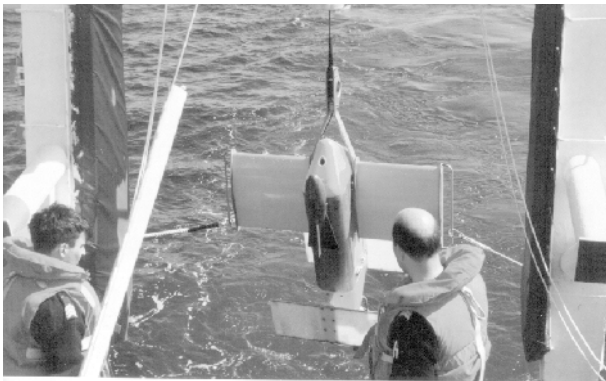


Largage d'une sonde XBT avec un lanceur à main.

. nouvelle façon de mettre en œuvre les instruments mesurant les paramètres physiques de l'océan, le **système remorqué Sea Soar**, fabriqué par la société britannique Chelsea, est un poisson remorqué (longueur : 1,9 m ; envergure : 1,35 m ; hauteur : 0,45 m ; poids dans l'air : 150 kg) par un câble électroporteur caréné. Il est conçu pour transporter des instruments de mesure à des profondeurs variant de façon contrôlée. Installé sur le BO *D'Entrecasteaux* en 1994, le Sea Soar transporte un fluorimètre et une bathysonde SBE qui mesure la température, la conductivité et la pression.

(20) Avec les thermomètres à mercure, les lectures se font au $1/100^{\circ}$ de degré, tandis qu'avec les thermomètres électroniques, c'est le $1/1\ 000^{\circ}$ de degré qui peut être apprécié.

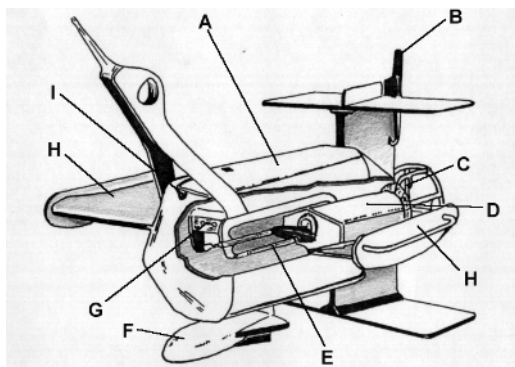
(21) Ce bathythermographe, fabriqué par la société Richard sous licence américaine, était un poisson en bronze suspendu à un câble. L'appareil disposait d'un bilame déformable en fonction de la température. Cette déformation, amplifiée mécaniquement, était "gravée" sur une petite plaque de verre fumé qui défilait continuellement en fonction de la pression. Le dépouillement à l'aide d'un appareil grossissant et d'un abaque était manuel.



Remontée du Sea Soar à bord du BO *D'Entrecasteaux* pendant la campagne ARCANE 97.

Quatre modes de fonctionnement sont disponibles :

- le mode « normal/ondulation » (trajectoire oscillante prédéterminée) : la longueur du câble installé sur le BO *D'Entrecasteaux* étant de 600 m, dont 440 m carénés, et la vitesse de remorquage de 7,5 noeuds, le poisson oscille entre 10 et 400 m environ, à une vitesse verticale de l'ordre de 2 m/s ;
- le mode « manuel/ondulation » dans lequel le poisson oscille autour d'une immersion de consigne ;
- le mode « contrôle » qui permet à l'opérateur de commander directement les évolutions du poisson ;
- le mode « externe » (non disponible sur le *D'Entrecasteaux*), qui permet un pilotage par ordinateur dédié.



Lorsque le poisson est remorqué, son hélice (C) est mise en rotation par effet de sillage, et fournit de l'énergie à la pompe qui génère la pression hydraulique. Une valve commandée par un signal issu du meuble de commande (ensemble D) répartit la pression vers un piston (E) dont le mouvement longitudinal sur l'axe (G) modifie l'inclinaison des gouvernes (H), de telle sorte que le poisson plonge ou remonte. Panneau supérieur (A) ; gouvernail (B) ; saumon (F) ; entrée du câble électrique (I).

Il en est de même pour les **appareils de courantométrie**. Déjà avant la seconde guerre mondiale, le simple besoin de connaître et de prédire les courants de marée pour les navigateurs avait amené le service à s'intéresser aux mesures de courant (circulation générale et « pilot chart », courants de marée et atlas de courant, etc.). Depuis, leur observation a permis de mettre en évidence certains phénomènes océaniques comme les ondes internes²², les tourbillons²³, etc. Deux méthodes complémentaires d'observation sont utilisées :

• la méthode « eulérienne », dans laquelle les observations se font au point fixe, soit à l'aide de courantomètres fixés à des mouillages de subsurface ancrés, soit à partir d'un navire en station. L'approche des courants et des phénomènes associés est réalisée par leur vitesse. La méthode eulérienne a longtemps été privilégiée, compte tenu de l'instrumentation disponible et de la quasi incapacité à suivre les déplacements des lignes dérivantes au large. Si le principe de mesure est connu depuis des décennies (les premiers courantomètres sont apparus au service dans les années 1930, avec les "chredag" et "muldadag"), les premières mesures fiables ont été effectuées à partir de 1956 avec les courantomètres Mécaboli²⁴, puis Aanderaa²⁵.

Les progrès de l'électronique et de l'informatique ont fait apparaître sur le marché, à partir du début des années 1980, de nouvelles générations de courantomètres toujours plus fiables et plus précis. Le service a alors remplacé ces appareils anciens par des Suber²⁶ (SLS 11, SLS 21), puis par des Mors²⁷.

En 1976, le premier **courantomètre profileur de coque à effet Doppler** (le TSM 5700 de Thomson Sintra) fut installé sur le BO *D'Entrecasteaux*. Les premières mesures opérationnelles furent réalisées lors de la campagne Thermocline²⁸. Ce courantomètre, révolutionnaire pour l'époque, donnait toutes les 2 secondes un profil de courant des 100 premiers mètres de la colonne d'eau, avec un pas d'échantillonnage de 3 m. Il fut réutilisé lors de la campagne ONDINE²⁹, mais bien que les résultats fussent prometteurs, l'imprécision sur le positionnement du bâtiment les rendait difficilement exploitables.

A la même époque, les essais d'un **courantomètre profileur autonome à effet Doppler** (le TSM 5756 de Thomson Sintra) furent réalisés lors de la campagne COURIR³⁰. Cependant les résultats furent décevants.

Il fallut attendre la généralisation du positionnement par satellites avec corrections différentielles pour reprendre les essais avec une nouvelle génération de courantomètres profileurs à effet Doppler.

(22) Voir § 7.1.

(23) Voir § 7.3 et 7.4.

(24) Ce courantomètre à hélice et compte-tours s'orientait dans le lit du courant grâce à un important plan de dérive ; une boussole indiquait le cap, et grâce un astucieux jeu de miroirs, une photographie du compte-tours et de la boussole était prise à intervalle régulier. Le dépouillement manuel des films était long, fastidieux et comportait de nombreux risques d'erreurs.

(25) Pour ce courantomètre, un rotor de Savonius remplaçait l'hélice et le système d'enregistrement était plus élaboré, ce qui rendait l'appareil plus précis et plus fiable.

(26) Les courantomètres Suber sont des appareils à rotor de Savonius, le capteur de cap est une girouette et les données sont stockées dans une mémoire.

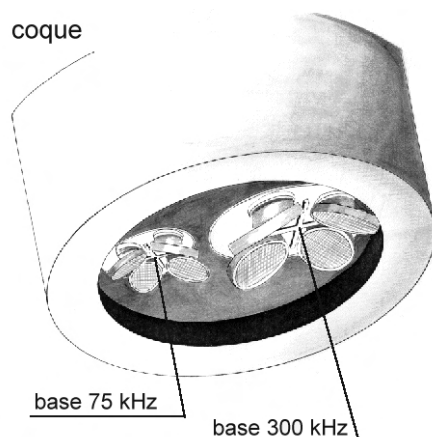
(27) La société Suber a été reprise successivement par les sociétés Océano Instruments puis Mors, les courantomètres n'ont cependant pas subi d'évolution notable.

(28) Voir le § 7.1 pour les objectifs de cette campagne.

(29) Voir le § 7.1 pour les objectifs de cette campagne.

(30) Voir le § 7.7 pour les objectifs de cette campagne.

En 1994, un ADCP³¹ bi-fréquence de RDI³² était installé sur le BO *D'Entrecasteaux*. Les premiers résultats sont encourageants et confirment ceux qui avaient été pressentis avec le TSM 5700.



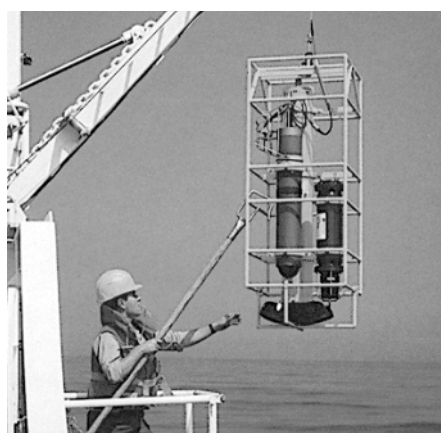
Bases de l'ADCP installé sur le BO *D'Entrecasteaux* en 1994.

Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques de ces deux courantomètres que près de 20 ans séparent.

TSM 5700	ADCP
fréquence : 300 kHz	fréquences : 75 kHz et 300 kHz
disposition : 2 paires de faisceaux en configuration de Janus	disposition : deux bases composées chacune de 2 paires de faisceaux en configuration de Janus
nombre de couches : 32 (ou 16 ou 8) respectivement de 3, 6 ou 12 m d'épaisseur	nombre de couches : - en théorie, 128 max par courantomètre - en pratique, 50 de 16 m et 50 de 4 m
portée max. : 100 m	portées max. : 800 m et 200 m
portée utile : 100 m	portées utiles : 700 m et 170 m
zone aveugle : $z < 10$ m	zones aveugles : $z < 100$ m et $z < 10$ m

Parallèlement, en 1992, le service s'est intéressé à nouveau aux courantomètres profileurs autonomes à effet Doppler. Fabriqué lui aussi par RDI et mis en œuvre soit dans une cage posée sur le fond (observation des courants forts dans le Raz Blanchard, par exemple) soit à partir d'un navire (campagnes MINT³³, INTERAFOS³⁴, etc.), le matériel retenu donne des résultats satisfaisants. Ses caractéristiques principales sont données ci-après.

Profileur autonome RDI	
fréquence	: 150 kHz
nbre de couches	: 128 max.
portée max.	: 525 / 450 m
portée utile	: 300 m
zone aveugle	: $z < 10$ m
disposition	: 2 paires de faisceaux en configuration de Janus



Mise à l'eau d'un ensemble RDI autonome, bathysonde Guildline et pinger à bord du BH2 *Lapérouse* pendant la campagne INTERAFOS 96.

(31) ADCP : Acoustic Doppler Current Profiler.

(32) RD Instruments, société américaine de matériel océanographique.

(33) Voir le § 7.1 pour les objectifs de cette campagne.

(34) Voir le § 7.7 pour les objectifs de cette campagne.

. la méthode « **lagrangienne** », dans laquelle les appareils dérivent en suivant la veine de courant étudiée. C'est l'approche spatiale des mêmes phénomènes.

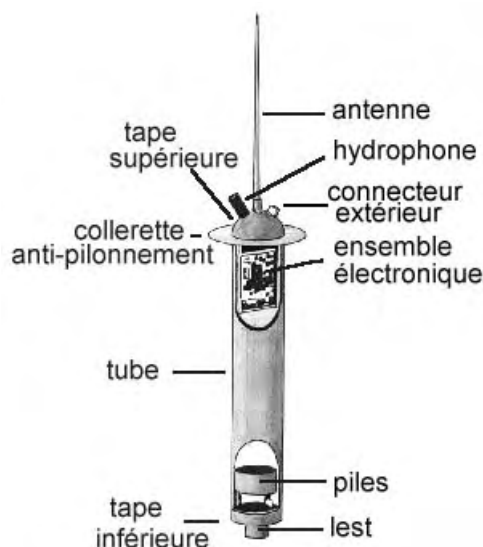
Avec l'arrivée des systèmes de transmission de données et de positionnement par satellites, et en particulier du système Argos³⁵, une première génération de bouées dérivantes a été utilisée : les **SURDRIF**³⁶. Composées généralement d'un petit flotteur muni d'une balise Argos en tête de ligne, d'une drogue (ou ancre flottante) reliée par un câble aussi fin que possible pour minimiser l'effet de la traînée, les SURDRIF sont mouillées au coeur de la structure océanique à étudier et se déplacent avec elle. Elles sont particulièrement adaptées au suivi des tourbillons (meddies ou swoddies³⁷) et ont été employées lors des campagnes MINT, SEMANE et INTERAFOS³⁸.



Mise à l'eau d'une bouée SURDRIF (ici la drogue) à partir du BO D'Entrecasteaux pendant la campagne ARCANE 96.

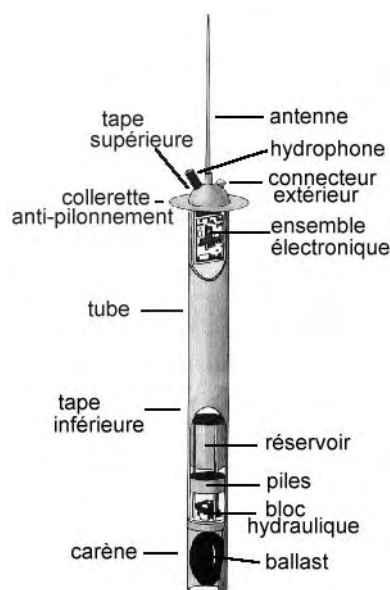
Le service utilise aussi un autre type de **flotteur dérivant de subsurface**, le **RAFOS**³⁹. L'emploi de ces flotteurs a pour but de suivre la trajectoire d'une masse d'eau particulière, préalablement identifiée.

Le **RAFOS monocycle**, appelé couramment RAFOS, effectue une mission préprogrammée du type « plongée - séjour en profondeur - remontée en surface ». L'équilibre en profondeur est fixé par ballastage, entre 500 et 2 000 m, à mieux que 100 m. En fin de mission, le flotteur largue son lest, remonte en surface et émet les informations acquises vers les satellites du système Argos. Pendant son séjour en profondeur, il écoute les signaux émis par des sources acoustiques immergées. Les signaux acoustiques sont traités, datés et archivés en mémoire, en même temps que les paramètres mesurés : température et pression.



Écorché du RAFOS TE 181.

Le Marvor est un flotteur dérivant de subsurface de type RAFOS destiné à effectuer des missions multicycles. Il diffère donc du RAFOS par son système de ballastage qui permet d'ajuster la densité globale du vecteur à celle de l'eau de mer. Le flotteur est à masse constante et un système de variation volumique est utilisé pour gonfler ou dégonfler un ballast extérieur en échangeant de l'huile avec un réservoir intérieur.



Écorché du MARVOR TE 180

(35) Argos est un système mondial de collecte de données et de localisation par satellite. Opérationnel depuis plus de 20 ans, ce système a été créé par le CNES et la NOAA.

(36) SURDRIF : SURface DRIFter.

(37) Voir § 7.3 et 7.4.

(38) Voir les § 7.1, 7.3 et 7.7 pour les objectifs de ces campagnes.

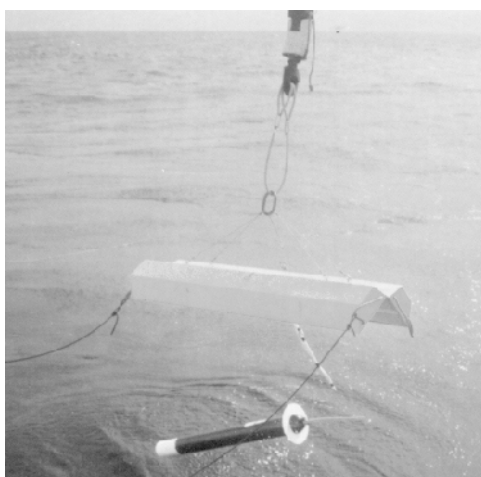
(39) Les premiers RAFOS s'appelaient des SOFAR (Sound Oceanic Fixing and Ranging) qui émettaient des ondes acoustiques captées par des récepteurs immergés. Il s'est rapidement avéré que lorsqu'un récepteur était défaillant, l'ensemble des mesures était perturbé, voire inutilisable. Les rôles ont donc été inversés, la dénomination des nouveaux flotteurs est l'anagramme du nom des anciens.

Principales caractéristiques des RAFOS utilisés par le service

RAFOS type TE 181		
profondeur : de 500 à 2 000m	durée de mission : 18 mois	
température : de - 2 à 35°C	résolution : 0,01°C	précision : $\pm 0,03^\circ\text{C}$

RAFOS type TE 180 ou Marvor		
profondeur : de 500 à 2 500m	durée de mission : 3 ans	nb. de cycles : 99
température : de - 2 à 35°C	résolution : 0,01°C	précision : $\pm 0,03^\circ\text{C}$

RAFOS type Orca		
profondeur : de 500 à 3 450m	durée de mission : 18 mois	
température : de 0 à 26°C	résolution : 0,01°C	précision : $\pm 0,1^\circ\text{C}$



Mise à l'eau d'un Marvor sur le BH2 *Lapérouse*

3.5.2 Techniques d'observation basées sur l'acoustique sous-marine

La **tomographie acoustique** fait partie des techniques récentes d'observation de l'océan dérivées de l'acoustique sous-marine. Elle permet de scruter l'intérieur des mers sur de vastes étendues, car aux basses fréquences (quelques centaines de hertz), l'atténuation est particulièrement faible.

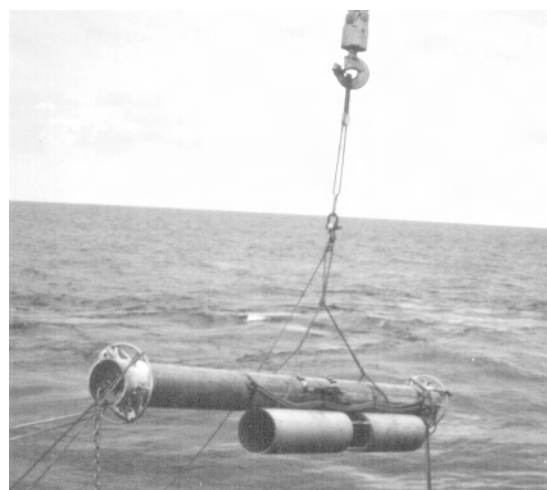
La vitesse du son dans l'eau dépend, entre autres paramètres, de la température de celle-ci. En disposant des sources acoustiques et des récepteurs autour de la zone à étudier, et en mesurant les temps de parcours des ondes acoustiques entre les différents émetteurs et récepteurs, l'évolution des caractéristiques thermiques des eaux dans la zone considérée peut être suivie.

Les Américains, pionniers de cette nouvelle technique, l'ont testée in situ pour la première fois au début des années 1980, avec l'étude des grands mouvements

des masses d'eau devant la Nouvelle-Angleterre. En France, le service, en collaboration principalement avec l'IFREMER, la DRET⁽⁴⁰⁾, l'UBO⁽⁴¹⁾ et des laboratoires britanniques, a effectué une première expérience à grande échelle GASTOM⁽⁴²⁾ en appareillant le golfe de Gascogne, zone stratégiquement importante pour la marine nationale. Le matériel utilisé comprenait 6 émetteurs-récepteurs de tomographie acoustique, de type ERATO⁽⁴³⁾.

Principales caractéristiques acoustiques des ERATO

Émission :	fréquence : 400 Hz	bande passante : 100 Hz à 3 dB
	puissance : 180 dB/mPa	durée : quelques minutes toutes les 2 heures environ sur des périodes allant du mois à l'année.



Mouillage d'un ERATO à partir du BO *D'Entrecasteaux* pendant la campagne GASTOM 90.

(40) DRET : Direction des Recherches, Études et Techniques d'armement.

(41) UBO : Université de Bretagne Occidentale.

(42) Voir § 7.7 pour les objectifs de cette campagne.

(43) ERATO : Emitter Receiver of Acoustic Tomography Oceanic.

Par la suite, un développement exploratoire a été lancé en 1995 pour mettre au point une instrumentation utilisable pour étudier le concept d'une évaluation rapide et opérationnelle de l'environnement océano-acoustique, basée sur la tomographie acoustique [Stephan et Evennou, 1995].

D'autres études d'acoustique sous-marine, portant par exemple sur les phénomènes de propagation et de réverbération des ondes sonores dans ou sur les premières couches sédimentaires et menées pour optimiser la mise en œuvre des sonars actifs, nécessitent le développement de nouveaux capteurs pour mesurer in situ les paramètres pertinents. Des campagnes comme EVA⁴⁴ ou INTIMATE⁴⁵ devraient permettre de dégager les axes de recherche correspondant à ces nouveaux matériels. L'étude sédimentologique, à l'aide du sondeur latéral ou du sondeur de sédiments⁴⁶, et la bathymétrie surfacique⁴⁷ des fonds sont des préliminaires à ces nouveaux développements.

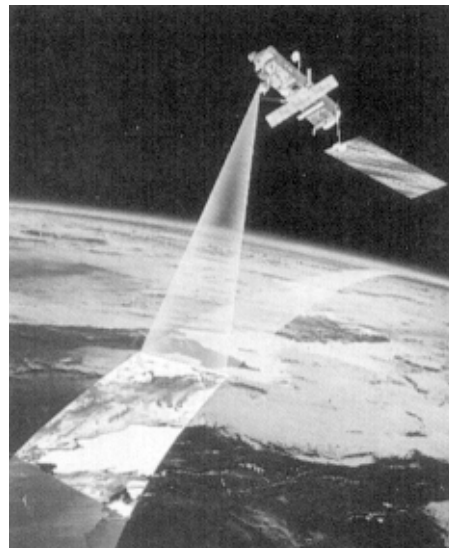
3.5.3 Techniques d'observation depuis l'espace

Décrire, comprendre et prévoir l'état et la variabilité de l'océan dans son ensemble est une tâche très difficile, du fait de son étendue, des échelles tant spatiales que temporelles⁴⁸ des phénomènes à observer et de la précision avec laquelle les signatures des processus océaniques doivent être mesurées et décrites⁴⁹.

La surveillance des océans a ainsi débuté avec les satellites expérimentaux Seasat et Nimbus-7 (EU) qui ont permis de valider dès 1978 les techniques employées aujourd'hui. Grâce aux progrès accomplis depuis, les missions actuelles : Topex-Poséidon, ERS-1, ERS-2, ADEOS (et celles à venir avec Jason, GFO, ENVISAT⁵⁰) fournissent de nombreuses données quantitatives :

. **la température de surface.** L'imagerie infrarouge thermique a en effet été la première technique spatiale opérationnelle d'observation de la surface des océans.

A défaut de pouvoir disposer d'un réseau d'observation in situ suffisamment dense, homogène et durable, il a fallu envisager d'autres moyens, complémentaires à ceux utilisés jusqu'à maintenant, dont les satellites d'observation de la Terre [Thonet et Duporte, 1995].



Vue d'artiste du futur satellite ENVISAT.

Les radiomètres imageurs multispectraux dont disposent les satellites TIROS-N de la NOAA⁵¹, permettent, après traitement des données, d'estimer la température de la surface de la mer à mieux que le 1/2 degré, pour une cellule d'environ 50 km de diamètre. Météo-France dispose, à Lannion, d'un centre de réception des données des satellites de la NOAA, et ainsi chaque jour, une carte de la température de surface sur le proche Atlantique et la Méditerranée est disponible⁵² ;

(44) Voir § 7.6 pour les objectifs de cette campagne.

(45) Voir § 7.6 pour les objectifs de cette campagne.

(46) Voir § 3.5

(47) Voir § 3.2.

(48) Un meddy peut avoir un diamètre de quelques dizaines à une centaine de kilomètres.

Les ondes internes, la houle, la marée ont une échelle temporelle de quelques minutes à la journée ; les tourbillons, les grands courants en ont une de quelques mois à plusieurs années

(49) Le centimètre par seconde pour les courants, le 1/10^e ou le 1/100^e de degré pour la température de l'eau.

(50) Ce sont des satellites d'observation de la Terre :

- *Topex-Poséidon*, (*Topex* : Topography Experiment) réalisé par le CNES et la NASA et lancé en 1992, emporte deux altimètres radars, trois systèmes d'orbitographie (dont DORIS) et un radiomètre. Il permet, entre autres, de mesurer le niveau moyen de la mer avec une précision de l'ordre de 4 mm, et fournit tous les 10 jours quelque 500 000 mesures prises entre les latitudes 66°N et 66°S. Il permet en outre du fait de son orbite (1 336 km) de "voir" la variation des grands courants comme les boucles à l'échelle des saisons ou des années (cf. le phénomène El Niño).

- Son successeur, *Jason*, devrait être lancé en 1999. Il possédera un altimètre radar plus performant (Poséidon-2). Les systèmes DORIS et GPS seront utilisés pour calculer son orbite avec une précision de l'ordre de 2 à 3 cm. Il embarquera un radiomètre micro-onde.

- *ERS-1* et *ERS-2* (Earth Remote Sensing Satellite), de l'agence spatiale européenne, lancés respectivement en 1991 et 1995, sont dotés d'un altimètre radar et d'un radar à synthèse d'ouverture très performant (image de 100 km de côté, avec une résolution de 12 m). Leur orbite leur permet de "voir" les structures à méso-échelle en évolution rapide (quelques mois).

- *GFO* (Geosat Follow On), satellite américain dédié à l'océanographie et lancé en 1997. Ses caractéristiques sont sensiblement les mêmes que celles de Geosat, autre satellite américain lancé pour le compte de la marine des Etats-Unis et qui a fonctionné de 1984 à 1989.

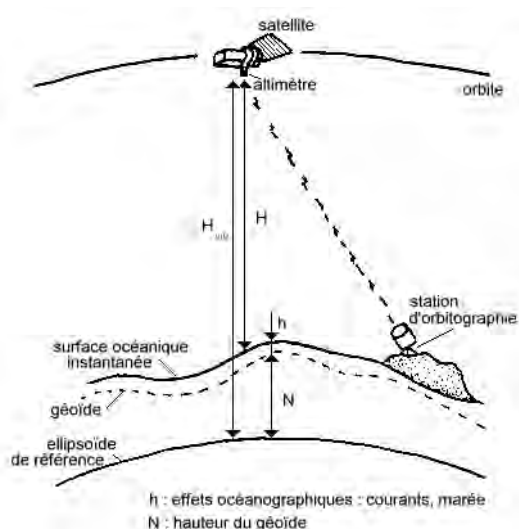
- *ENVISAT*, projet développé par l'agence spatiale européenne, satellite plate-forme d'étude de l'environnement terrestre, devrait être opérationnel mi-1999 et remplacer ERS-2.

(51) NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration des Etats-Unis.

(52) La CELENV exploite ces cartes analysées avec des profils bathythermiques et élabore un profil bathycélométrique par zone de lutte anti-sous-marine. C'est actuellement le seul exemple de contribution de l'observation spatiale à un service opérationnel en océanographie au profit de la marine nationale.

. **la couleur de l'eau.** Déjà mesuré par NIMBUS (prototype des satellites défilants NOAA) entre 1978 et 1986, ce paramètre est à nouveau acquis par différents satellites : Seastar, ADEOS⁵³, et bientôt ADEOS-2, ainsi que Jason. Les mesures s'effectuent au moyen de spectro-radiomètres à grands champs de vue, imageurs dans le visible. La couleur de l'eau est directement liée à sa teneur en chlorophylle, et la répartition de celle-ci à la surface de l'océan est corrélée avec les structures thermiques. La teneur en chlorophylle est déduite du rapport de deux mesures de réflectance, l'une dans le bleu, l'autre dans le vert. L'étude de sa variabilité menée en parallèle avec l'étude des températures de surface devrait donner des résultats intéressants ;

. **l'altimétrie radar.** C'est la seule technique spatiale expérimentée à ce jour, capable de rendre compte de manière globale et systématique des courants océaniques. Son étude a débuté en 1973 avec Skylab, puis avec GEOS-3 en 1975 et Seasat en 1978. Elle a ensuite pris un nouvel élan avec le programme Topex-Poséidon qui a permis d'atteindre et même de dépasser les objectifs fixés initialement. L'altimètre embarqué mesure avec précision (quelques centimètres) la distance entre le satellite et la surface de la mer. Pour arriver à ce résultat, il faut évidemment tenir compte des effets des différentes sources de perturbations : électrons dans l'ionosphère, pression et vapeur d'eau dans l'atmosphère, vagues. Par ailleurs, les systèmes d'orbitographie sont capables de déterminer la position du satellite à mieux que 5 cm près et le niveau de la mer est alors déterminé par combinaison de ces deux informations. Ainsi, la topographie dynamique de la surface océanique déduite des observations altimétriques permet de cartographier les courants géostrophiques de surface et de suivre l'évolution des structures à méso-échelle.



Altimétrie satellitaire : altitudes mesurées.

En fait, l'exploitation de ces techniques spatiales ne se substitue pas au recueil des données à la mer, mais le complète ou permet de l'orienter. Ainsi, en associant données satellitaires et mesures in situ, par l'intermédiaire d'un modèle numérique d'océan, il est possible de prévoir l'évolution de certains processus océaniques⁵⁴ et de guider les bâtiments océanographiques, lors des campagnes de mesures, vers les zones où se produisent les phénomènes qu'il est intéressant de scruter plus en détail. Le recueil de données à la mer n'a pas perdu de son importance. Au contraire, en fournissant les données de base aux modèles numériques et les compléments indispensables à la télédétection, il demeure une composante incontournable de l'hydrographie et de l'océanographie.

4. LES BÂTIMENTS HYDRO-OCÉANOGRAPHIQUES (BHO)

Les bâtiments tiennent évidemment une place essentielle dans les missions hydro-océanographiques. Il convient cependant de remarquer que la plupart de ceux utilisés avant la dernière guerre mondiale ont été des bâtiments de récupération, souvent déjà vétustes lors de leur armement à l'hydrographie, généralement trop petits et donc inconfortables, bien que destinés à tenir de longues semaines à la mer et souvent dans des conditions assez dures. De cette époque, seul l'*Amiral Mouchez* [Anonyme, 1939] a été conçu pour être un bâtiment hydrographe. C'était un bateau marin, doté d'une vitesse honnête et présentant toutes les qualités requises : habitabilité, confort, place pour les vedettes, commodité de manœuvre.



L'Amiral Mouchez.

Après la seconde guerre mondiale, la flottille hydrographique était pratiquement réduite à néant et l'*Amiral Mouchez* était le seul bâtiment à être encore en état de rendre de bons services. D'anciens ravitailleurs, des navires de pêche ou de commerce furent refondus pour reconstituer cette flottille et il fallut attendre les années 1962 et 1963 pour voir entrer au service deux bâtiments construits spécialement pour l'hydrographie : l'*Astrolabe* et la *Boussole* [Chartier, 1970]. Longs de 42 mètres et déplaçant 440 tonnes, ils étaient conçus pour être des bâtiments annexes (appelés maintenant bâtiments hydrographiques de deuxième classe, BH2), mais étaient capables de travailler de façon autonome à proximité de leur base.

(53) Satellite japonais lancé en 1996

(54) Une application de ce concept d'océanographie opérationnelle est en cours de développement au profit de la marine nationale, il s'agit du système opérationnel d'analyse et de prévision océanique (SOAP).

4.1 La flotte hydro-océanographique actuelle

Le recueil de données à la mer s'effectue essentiellement à partir de navires hydro-océanographiques et couvre des domaines aussi variés que les mesures bathymétriques, géophysiques (magnétisme et gravimétrie), géologiques (connaissance de la nature des fonds), la mesure des courants, des paramètres physiques et chimiques de l'eau de mer et plus généralement, la connaissance de l'environnement météorologique et océanographique.

La flotte mise en oeuvre par le SHOM est composée actuellement de 6 bâtiments qui se classent en deux catégories :

. un bâtiment hydrographique de première classe, le BH1 *L'Espérance* et un bâtiment océanographique, le BO *D'Entrecasteaux*, destinés plus particulièrement aux opérations hauturières. Seul, le BH1 est équipé d'un sondeur multifaisceaux pour grands fonds (depuis 1993). C'est un ancien chalutier de haute mer qui a été refondu en 1969. Contrairement au BO, il ne dispose ni des équipements nécessaires pour effectuer des campagnes océanographiques majeures, ni de la capacité d'effectuer des campagnes hydrographiques lointaines sans soutien logistique. Le BO *D'Entrecasteaux* est un bâtiment de 2450 tonnes, construit spécialement pour l'hydrographie et l'océanographie et entré au service en 1971. Capable d'une vitesse de 15 nœuds, il est très bien équipé puisqu'il dispose de vedettes, d'un hélicoptère, de tous les appareils et aires de travail nécessaires aux campagnes océanographiques et peut tenir des stations de longue durée [Comolet-Tirman, 1976] ;



Le BO *D'Entrecasteaux* pendant l'exercice *Rapid Response 97*.



Le BH1 *L'Espérance*.

. quatre BH2, conçus pour l'hydrographie et mis en service entre 1988 et 1991 [Chimot, 1989]. Longs de 59 mètres, déplaçant 980 tonnes et capables d'une vitesse continue de 15 nœuds, ils sont destinés aux levés sur le plateau continental ainsi qu'en domaine côtier, mais doivent opérer à proximité d'une base. Les deux bâtiments

basés outre-mer, les BH2 *Laplace* et *Arago*, disposent de vedettes et d'équipements hydrographiques, qui leur permettent d'être bien adaptés aux besoins locaux, privilégiant les travaux dans les zones littorales. Les deux BH2 basés en métropole, les BH2 *Borda* et *Lapérouse*, sont dotés d'équipements hydrographiques plus sophistiqués qui sont essentiels pour l'hydrographie générale et l'hydrographie militaire. Le premier est en particulier équipé d'un sondeur multifaisceaux pour petits fonds (sondage en continu, jour et nuit) et dispose de vedettes. Le second est équipé d'un sonar et peut réaliser des campagnes océanographiques plus complexes que le précédent grâce à sa capacité à tenir des stations au point fixe. Tous deux peuvent procéder au recueil de données sédimentologiques.



Le BH2 *Lapérouse*.



Vedette hydrographique de 9 m en sondage.

Le service emploie en outre d'autres bâtiments de la marine nationale (bâtiments de soutien de haute mer, bâtiments de soutien de région, patrouilleurs, etc.) pour réaliser les campagnes d'hydro-océanographie militaire ou des travaux ponctuels d'hydrographie générale.

Le SHOM participe par ailleurs à des programmes ou des campagnes réalisés avec les moyens navals dont disposent d'autres organismes (IFREMER, TAAF, IFRTF ; programmes ZoNéCo et ZEPOLYF, etc.), afin d'avoir accès aux données ainsi recueillies.

Le BO *D'Entrecasteaux* et le BH1 *L'Espérance* doivent par ailleurs être remplacés, au début des années 2000, par de nouveaux navires en cours d'étude. La présentation des différents axes de réflexion explorés pour leur construction et des premières spécifications établies sont l'occasion d'apporter ici un éclairage sur les spécificités que l'on peut attendre d'un bâtiment hydro-océanographique moderne à l'aube du 21^e siècle.

4.2 Vers des navires polyvalents et évolutifs

L'expérience réussie du *D'Entrecasteaux*, bâtiment multi-missions et conçu dès l'origine pour des travaux hydrographiques et océanographiques, capable aussi bien de mener des travaux côtiers (mise en œuvre de 3 vedettes hydrographiques, de véhicules, d'un hélicoptère) que des travaux hauturiers (bathymétrie, carottage, dragage et mouillages océanographiques par grands fonds) a encouragé le SHOM à poursuivre dans cette voie pour la conception de ses nouveaux navires.



Nouvelle génération de vedette hydrographique (VH 90) destinée à équiper les BHO.

Néanmoins, pour répondre le plus efficacement possible au besoin, compte tenu de l'évolution constante des équipements, des zones d'intérêt et des missions du service, les futurs BHO doivent dépasser la simple extrapolation du *D'Entrecasteaux* en alliant les 3 qualités essentielles suivantes : polyvalence, modularité et évolutivité.

. **Polyvalence**, car il paraît en effet inimaginable de disposer d'une flotte où chaque navire serait dédié à une activité particulière. Outre le fait que le coût serait notablement plus élevé et la gestion des moyens plus difficile, ce schéma ne correspondrait pas à une vision moderne du recueil des données axé sur la connaissance globale de l'environnement. Cette dernière passe par la mise en œuvre de systèmes multifonctions, plus productifs, fournissant des données complémentaires en une seule opération (hydrologie et météorologie pour l'étude du couplage océan-atmosphère, bathymétrie surfacique et champs géophysiques pour la cartographie, vérités-mer en océanographie pour alimenter les modèles de prévision, etc.) ;

. **Modularité**, car après un découpage fonctionnel poussé, il est plus intéressant, du point de vue des coûts et de l'efficacité, de concevoir et de réaliser le bâtiment comme un assemblage de blocs fonctionnels, que d'intégrer un à un une longue liste d'équipements. Dans la même optique, les possibilités de satisfaire les besoins par l'emploi de systèmes mobiles ou semi-fixes doivent être systématiquement examinées (conteneurs-laboratoires, appareils palettisés, bossoirs démontables, etc.). Cette approche limite les études d'interface, facilite la reconfiguration du bâtiment et préfigure l'évolutivité générale ;

. **Évolutivité**, car le bâtiment devra inéluctablement s'adapter au cours de sa vie à de nouvelles missions, de nouvelles méthodes de mesure ou de recherche utilisant des équipements qui n'existent pas encore sur le marché. On a pu le constater récemment dans le cadre des travaux d'hydro-océanographie militaire : le regain d'intérêt pour les opérations littorales (guerre des mines, opérations amphibies, lutte anti sous-marine) et pour le concept d'évaluation rapide de l'environnement (REA) a relégué au second plan les campagnes en haute mer qui avaient prévalu pendant la guerre froide et a nécessité dans le cas des bâtiments hydrographiques américains, les T-AGS 60, une adaptation profonde (ajout d'une capacité d'emport de vedettes).

Pour ce qui concerne l'évolution des moyens, le champ est vaste et des évolutions majeures sont attendues dans les domaines suivants : capteurs aéroportés, nouveaux moyens de traitement, engins lourds, véhicules sous-marins autonomes, nouveaux capteurs acoustiques de coque, etc. La prise de marges importantes à la construction, sur le coefficient de remplissage des locaux (de l'ordre de 15%), sur le poids du bâtiment, sur l'installation propulsive et sur les marges de stabilité, la préférence donnée à de grandes surfaces aménageables dans les locaux scientifiques plutôt qu'à de petits locaux dédiés, la mise en place de planchers techniques offrant la possibilité de passer rapidement des câbles volants, l'installation de puits permettant les essais et la mise en œuvre de capteurs acoustiques de coque sans passer au bassin, sont autant de mesures concourant à l'évolutivité du bâtiment.

4.3 Vers la maîtrise des coûts de construction et de possession

Les BHO futurs n'échappent évidemment pas à la politique générale de réduction des coûts des programmes d'armement, qui doit se traduire, dès la conception du bâtiment, par :

. l'application d'une politique de soutien logistique intégré et du concept de modularité ;

. le choix d'une automatisation poussée afin de réduire l'effectif de l'équipage nécessaire à la conduite de la plate-forme (de l'ordre de 15 à 20 personnes pour un bâtiment de 3000 t) ;

. la construction selon des normes civiles et la recherche systématique d'équipements « standardisés ».

Le concepteur doit avoir aussi pour souci la valorisation des séjours à la mer pendant lesquels le recueil des données doit pouvoir s'effectuer dans une **approche quasi industrielle**. Les performances suivantes en découlent :

. une vitesse de transit suffisamment élevée, de l'ordre de 15 noeuds ;

. une vitesse de travail, compatible avec le bon fonctionnement de l'ensemble des équipements acoustiques, de l'ordre 12 noeuds ;

. une vitesse quelconque, entre 0 et 12 noeuds, sans limitation de durée ;

. une grande autonomie, environ 60 jours ;

. une bonne tenue à la mer, essentielle pour le bon fonctionnement des capteurs et la qualité des données, associée à une ergonomie soignée et à des niveaux de

bruit faibles dans les locaux (par exemple, un niveau inférieur à 57 dBA dans les locaux scientifiques à usage de bureau), car c'est un élément déterminant pour l'efficacité du travail des personnels embarqués ;

- . une grande disponibilité des fonctions, supérieure à 80% par mer 5 à 6.

4.4 Vers des plates-formes stables, spacieuses et silencieuses

Outre les caractéristiques générales décrites précédemment, un BHO doit posséder des caractéristiques intrinsèques marquées dans les six domaines suivants :

- . **Capacités nautiques** : un BHO doit avoir de bonnes qualités nautiques et une excellente tenue à la mer en vue d'offrir des conditions optimales de mise en œuvre des équipements scientifiques et de traitement des informations. Outre l'exigence générale de stabilité liée à la mise en œuvre de charges lourdes (carottier, mouillages océanographiques, vedettes, par exemple), les éléments suivants sont dimensionnants pour la conception de la plate-forme et du pilote automatique :

- . performances exigées en tenue de profil : ± 5 m par mer 4, ± 20 m par mer 6 ;

- . performances en tenue de cap : l'objectif est de limiter les variations de cap à 5° jusqu'à mer 5 afin d'assurer une meilleure insonification du fond avec les sondeurs multifaisceaux, surtout par grands fonds ;

- . limitation des accélérations horizontales et verticales pour les mesures gravimétriques : il est alors souhaitable que le pilote automatique dispose d'un mode de fonctionnement donnant la priorité à la limitation des mouvements générant des accélérations horizontales sur le respect du suivi de profil ;

- . tenue de station en opération de carottage ou d'hydrologie, afin d'éviter, le contact du câble avec la coque ou ses appendices, et le "remorquage" de l'équipement immergé lorsque la dérive du bâtiment n'est pas maîtrisée.

Les exigences qui en découlent entrent néanmoins souvent en contradiction avec les spécificités liées aux opérations par petits fonds, car dans ce cas, on recherche plutôt un faible rayon de giration, une distance d'arrêt suffisamment courte et un tirant d'eau peu élevé.

- . **Propulsion** : Outre la satisfaction des contraintes de bruit, de capacités nautiques et de manoeuvrabilité évoquées précédemment, le système propulsif est particulier dans le sens où il doit permettre au bâtiment de maintenir une vitesse quelconque, entre 0 et 12 noeuds, sans limitation de durée. Cette contrainte associée à la tenue de station prolongée (48 h, par exemple) est sans doute la plus forte, elle est déterminante pour le choix de la propulsion.

Les exigences d'autonomie ne sont pas sans conséquence sur les capacités de stockage des carburants (gasoil pour la propulsion principale, essence pour la drome, TR5 pour l'hélicoptère), sur les capacités de production et de stockage de l'eau douce, et enfin, sur les capacités de traitement et de stockage des déchets. Tous ces éléments doivent être largement dimensionnés.

- . **Acoustique** : les équipements acoustiques mis en œuvre à bord d'un BHO sont nombreux. L'équipement

de base du bâtiment comporte un ou plusieurs sondeurs multifaisceaux, sondeurs verticaux, sondeurs latéraux, sondeurs de sédiments à faisceau large et à faisceau étroit, courantomètres Doppler, un système de caractérisation automatique des fonds (par analyse du double écho, par exemple), une base courte et ultra-courte. Afin d'obtenir de bonnes performances, le concepteur du bâtiment doit prendre en compte les trois contraintes suivantes :

- . obtenir un niveau de bruit ambiant au niveau des équipements hydroacoustiques le plus faible possible ;

- . conserver les transducteurs libres de bulles dans les conditions normales d'emploi ;

- . empêcher les perturbations mutuelles des capteurs en fonctionnement simultané.

Les études doivent donc porter sur la réduction systématique des bruits rayonnés par la coque et les organes de propulsion, sur la forme de la coque et l'implantation des capteurs pour obtenir les meilleures conditions d'écoulement, enfin sur la disposition relative des équipements et leur éventuelle synchronisation.

- . **Appareils et aires de travail** : le choix des appareils et l'aménagement des aires de travail dépend essentiellement des caractéristiques des équipements mis à l'eau, remorqués, ou récupérés. Afin d'illustrer la complexité du problème, une liste non exhaustive de ces équipements peut être donnée : carottier de 3 tonnes, drague à roche, poisson ondulant type Sea Soar, sismique légère, vedettes hydrographiques, drome légère (zodiacs et corallines), sondeur latéral remorqué, magnétomètre, module de géotechnique, bouées et lignes de mouillages océanographiques, bathysondes CTD, LAD, etc. La capacité de manipuler des conteneurs et de débarquer ou embarquer des véhicules doit également être prise en compte. En effet, la possibilité de déployer de petites équipes disposant d'un véhicule tout terrain avec une embarcation légère sur remorque permet d'augmenter considérablement le champ d'action du bâtiment pour les travaux d'hydrographie côtière.

Pour répondre à ces besoins, la configuration de base des appareils peut être envisagée de la manière suivante :

- . un portique arrière pour le dragage, le remorquage d'engins et les opérations sur les bouées et les mouillages ;

- . un portique latéral pour le carottage, situé si possible dans la zone milieu du navire pour limiter l'effet des mouvements de plate-forme ;



Manipulation d'un carottier sur le BO D'Entrecasteaux.

- . un cabestan ou guindeau pour les opérations sur les mouillages ;
- . un ensemble de treuils lourds pour le dragage et le carottage ;
- . un treuil à grand diamètre pour le câble caréné du poisson ondulant d'hydrologie ;
- . deux treuils légers pour le magnétomètre et pour le sondeur latéral ;
- . un ensemble de treuils pour les opérations d'hydrologie associés à un targon ou un portique, situé dans la zone milieu du navire pour limiter l'effet des mouvements de plate-forme ;
- . des grues pour desservir les portiques, manipuler la drome légère, les véhicules, les matériels et éventuellement des conteneurs ou des vedettes hydrographiques ;
- . des bossoirs de préférence pour la mise à l'eau et la récupération des vedettes hydrographiques.

L'aménagement général des extérieurs doit être étudié pour permettre autant que possible une vue panoramique depuis la passerelle sur l'ensemble des aires de travail extérieures, complétée au besoin par un système de vidéo-surveillance pour les zones masquées.

Une disposition fonctionnelle des aires de travail consiste à les répartir sur deux secteurs : une plage arrière, lieu privilégié pour la mise en œuvre des engins remorqués, la mise à l'eau et la récupération des mouillages océanographiques et des bouées, et une aire latérale dédiée essentiellement aux opérations de carottage et d'hydrologie.

Ces aires sont conçues pour recevoir des appareils amovibles et des conteneurs, et offrir une grande latitude quant aux dispositions possibles de ces matériels. La mise en place rapide des matériels est facilitée par un jeu de fontaines prédisposées ou d'un système équivalent, ainsi que de points d'alimentation en énergie et en fluides.

Enfin, la hauteur du bordé doit être faible pour faciliter les opérations de débarquement de personnel et de matériel ainsi que la mise à l'eau et la récupération d'équipements en général.

A travers ces considérations, et compte tenu, d'une part, du nombre important des appareils et des fonctions qu'ils remplissent, d'autre part, des surfaces importantes nécessaires, on imagine aisément que l'aménagement des aires de travail représente une phase complexe dans la conception d'un BHO. Dans ce cadre, le maquettage paraît indispensable.

. **Locaux spécifiques** : la conduite des activités hydro-océanographiques nécessite des locaux spécifiques. A première vue, on peut distinguer les locaux suivants :

- . un laboratoire d'hydrologie sec et un laboratoire humide ;
- . un laboratoire d'analyse ;
- . des chambres froides pour le stockage des échantillons ;
- . un PC scientifique, centre nerveux du bâtiment, situé à proximité de la passerelle et centralisant l'acquisition des données en temps réel ;
- . un local de traitement et une salle de dessin pour le traitement des données en temps différé ;
- . une salle de réunion ;

- . des locaux adaptés à la maintenance : laboratoire d'électronique et atelier mécanique ;
- . un local plongeurs ;
- . des cales et magasins.

Chaque local a ses contraintes propres et des contraintes de proximité avec les autres locaux qu'il serait trop long de détailler. Néanmoins, quelques idées directrices peuvent être citées. Les laboratoires, salles de traitement et le PC scientifique doivent permettre une grande flexibilité dans la disposition des matériels, des plans de travail et l'organisation des activités. Ils sont donc largement dimensionnés, sont séparés en zones fonctionnelles par des cloisons mobiles plutôt que des cloisons fixes et disposent de nombreux points de fixation (jeu de fontaines au sol par exemple).

Ces mêmes locaux doivent être faciles à nettoyer, disposer de planchers techniques ou de nombreux passages de câbles, être climatisés et offrir un environnement de travail agréable et peu bruyant. Les matériels utilisés doivent pouvoir être alimentés par un courant électrique « propre » (courant stabilisé en tension et en fréquence, faible taux d'harmoniques) et secouru en cas de panne du générateur principal.

Enfin, un circuit d'eau de mer, le plus neutre possible, doit être distribué sur l'ensemble des laboratoires.

. **Informatique et communications** : compte tenu du nombre croissant de données à acquérir et à traiter, de la variété des capteurs et de la nécessité d'échanger rapidement à l'intérieur du navire des données synthétiques pour aider à la conduite des opérations (vidéo, attitude du navire, paramètres météo, profondeur, etc.), il est désormais impensable d'imaginer un BHO sans réseaux informatiques. Pour les besoins des fonctions scientifiques, on peut en distinguer trois :

. **Le réseau multiservice** supporte les applications suivantes : acquisition des données brutes datées ; exploitation des données en temps différé ; diffusion des informations et vidéo-surveillance des opérations ; communication avec le réseau informatique de centres à terre ; supervision de l'ensemble des réseaux informatiques. Y seront connectés les systèmes d'acquisition et de traitement de données, de bureautique, les réseaux spécifiques dédiés aux sondeurs multifaisceaux et aux capteurs océanographiques, etc. ;

. **Le réseau transmission** série est utilisé pour les liaisons de données de type série entre une centrale d'acquisition et des capteurs potentiels. C'est un réseau point à point ;

. **Le réseau gestion des temps et des fréquences** permet de distribuer l'heure issue d'un système de mesure unique (base de temps, récepteur GPS, etc.) aux différents appareils nécessitant une synchronisation de leurs horloges internes.

Pour faciliter les échanges d'informations et de données entre le BHO et la terre, le réseau informatique d'exploitation des données en temps différé doit appartenir au domaine Internet, que le bâtiment soit en mer ou à quai. Actuellement, la seule possibilité technique à la mer est une connexion, via une station INMARSAT B, sous forme de vacations pour des raisons de coût de connexion. Toutefois, la dérégulation des télécommuni-

cations devrait conduire à une baisse sensible des tarifs et il n'est pas exclu que la liaison devienne rapidement permanente. Dans cette hypothèse, la totalité des services réseaux pourrait être envisagée avec la possibilité de transmettre de gros volumes de données susceptibles d'être traités à terre.

Cette nouvelle possibilité sera sans doute à la base d'une réévaluation complète des méthodes de travail et des qualifications des personnels embarqués. On pourrait en effet imaginer des équipes embarquées spécialisées uniquement dans l'acquisition des données et le bon fonctionnement des capteurs, les traitements et la conduite des campagnes étant effectués à terre...

5. MODE D'ACTION DES MISSIONS HYDRO-OcéANOGRAPHIQUES

Le mode d'action des missions hydro-océanographiques n'a pas toujours été immuable et on peut distinguer sur la période considérée deux modes en apparence bien différents.

Jusqu'à la seconde guerre mondiale, l'activité sur les côtes de France était organisée suivant un rythme saisonnier : travaux à la mer ou sur le terrain durant la belle saison et rédaction au service central hydrographique l'hiver. Cette alternance tenait compte d'une part, des conditions météorologiques qui rendent le travail particulièrement difficile, voire parfois impossible pendant l'hiver sur la façade ouest de la métropole et d'autre part, des périodes nécessaires à l'entretien et à la remise en état des bâtiments affectés aux missions.

Après la seconde guerre mondiale⁵⁵, les missions restèrent armées en permanence, changeant au besoin de théâtre d'opérations pendant la mauvaise saison (pour réaliser des campagnes outre-mer, par exemple) ou rédigeant dans des locaux mis à leur disposition dans leur port-base. Cependant, le rythme annuel d'activité des missions métropolitaines fut établi de manière à préserver des périodes de pleine activité centrées sur la belle saison et à organiser les périodes d'entretien en hiver. Un peu plus tard, l'évolution des habitudes sociales conduisit à instaurer une période de permissions pour les équipages durant l'été et à étaler la période d'activité.

S'il n'est pas sûr que le rendement des missions ait été amélioré par ce changement de fonctionnement, il est cependant certain que des missions permanentes, bien insérées dans les régions maritimes, sont plus efficaces pour appréhender le besoin hydrographique général et aider les utilisateurs à exprimer leurs besoins particuliers, trouver les concours nécessaires pour réaliser certains des travaux demandés ou obtenir une intervention rapide des services de soutien de la région.

Néanmoins, la capacité du service à intervenir en des territoires éloignés avec un soutien généralement

limité doit être préservée et c'est pourquoi, les missions métropolitaines sont chargées actuellement d'organiser chaque année au moins une mission de circonstance (dans les terres australes et antarctiques françaises ou en océan Indien, par exemple).

6. STRATÉGIE DES LEVÉS HYDROGRAPHIQUES

La stratégie des levés hydrographiques est fortement liée aux capacités des moyens techniques ou technologiques disponibles pour recueillir les mesures ; aussi une bonne part de l'activité des ingénieurs du service s'est-elle naturellement orientée sur la mise au point de la doctrine d'emploi des équipements ou des sources d'informations utilisés et d'une méthodologie rigoureuse et cohérente du recueil et du traitement des mesures. L'exposé qui suit fait le point sur l'état actuel de ce sujet, qui représente en fait l'aboutissement des réflexions menées par des générations d'hydrographes.

6.1 Le levé classique au sondeur acoustique vertical

L'échelle d'un levé régulier classique, au sondeur acoustique vertical, est représentative de la densité des informations recueillies. A un levé au 1 : 30 000 correspond une collection de profils espacés de 300 mètres, entre lesquels subsistent des zones inexplorées dont l'importance diminue lorsque la profondeur moyenne augmente. Ces levés sont généralement complétés par la cotation des sommets des relèvements de fond naturels, ainsi que des dangers artificiels détectés⁵⁶ sur les profils réguliers. Basés sur une technique de sondage par échantillonnage, ils permettent de garantir la détection des hauts-fonds ayant une extension horizontale supérieure à l'intervalle entre deux profils, mais peuvent avoir laissé échapper un relèvement de fond suffisamment abrupt ou une épave. L'intervalle entre deux profils voisins est donc ajusté en fonction du risque qui peut être accepté compte tenu des caractéristiques géomorphologiques de la région et des possibilités d'existence d'épaves. En fait, dans la pratique, les levés au voisinage de la côte ont en général été effectués à l'échelle 1 : 10 000, tandis que les levés au large sur le plateau continental l'ont été à l'échelle 1 : 50 000. Ces levés comprennent de plus l'étude des courants et de la marée.

Les normes hydrographiques en vigueur jusqu'en 1997 ont été conçues pour ces sondages classiques⁵⁷. Elles imposent, pour chaque sonde, une précision de localisation en relation avec l'échelle du levé⁵⁸ et une précision sur sa valeur (toutes erreurs confondues) meilleure que 1 % de la profondeur pour les fonds supérieurs à 30 mètres et que 30 centimètres pour les fonds inférieurs. Des profils traversiers (environ 10 % du nombre de profils réguliers) sont en outre exécutés pour

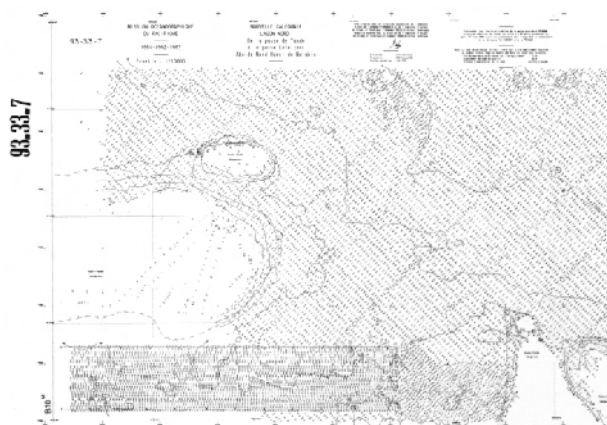
(55) En fait, une fois les dragages de mines terminés.

(56) Les relèvements de fond naturels détectés sur les profils réguliers qu'il convient généralement de coter avec précision sont ceux qui sont susceptibles de dépasser le fond environnant d'au moins 0,5 mètre et d'au moins 5% de la profondeur moyenne.

(57) Une révision de ces normes pour les étendre aux levés surfaciques a été achevée en 1998 sous l'égide de l'organisation hydrographique internationale.

(58) Pour une échelle 1 : 10 000, la précision requise de la localisation est meilleure que 5 mètres.

contrôler la justesse des différentes opérations réalisées (localisation, réduction de marée et de vitesse de propagation du son, etc.) et pour évaluer a posteriori la précision du sondage aux points de croisement des deux réseaux de profils.



Minute de bathymétrie d'un levé classique au sondeur vertical.

De tels levés permettent de recueillir la connaissance de base nécessaire :

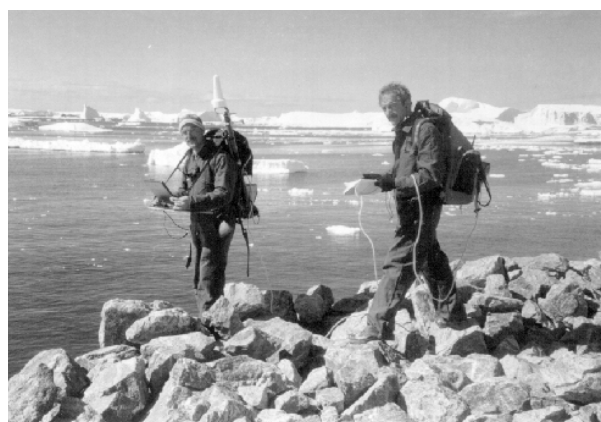
- . au tracé des voies recommandées potentielles, dans les zones de profondeur inférieure à 50 mètres. Il faudra ensuite naturellement compléter le levé afin de détecter tous les dangers ;
- . à la navigation de surface dans les zones de profondeur supérieure à 50 mètres. La possibilité de l'existence de relèvements de fond non détectés est donc admise au-delà de cette profondeur ;
- . à la détermination des travaux particuliers à mener pour répondre aux autres besoins, dont quelques exemples ont été présentés au début de cet article.

6.2 Le levé de reconnaissance et le levé photogrammétrique

Il se peut toutefois que les normes précédentes ne soient pas totalement respectées ; il s'agit alors de levés de reconnaissance et les zones correspondantes sont normalement qualifiées d'incomplètement hydrographiées. Dans cette catégorie de levés, ceux relatifs aux très petits fonds tiennent une place tout à fait particulière. En effet, la proximité d'activités humaines très diverses, le développement de la plaisance, ainsi que la préparation d'opérations amphibies ou navales par petits fonds sont à l'origine de nombreux besoins. Cependant, les risques de la navigation en eaux peu profondes et à proximité d'une côte introduisent des limitations pour l'exécution des levés. En outre, la détection systématique des relèvements de fond significatifs impose un resserrement des profils réguliers incompatible avec le temps que l'on peut raisonnablement consacrer à de tels travaux.

Aussi le service s'est-il tourné vers les levés photogrammétriques qui permettent d'accéder à des informations précises et denses. Comme pour l'établissement des cartes terrestres, ceux-ci sont bien adaptés à la description de la topographie de la frange côtière : laisses de basse mer et de pleine mer, estran, amers,

infrastructures portuaires, etc. L'exploitation des photographies aériennes fournit en outre dans le domaine maritime, et jusqu'à une quinzaine de mètres de profondeur dans les eaux claires, un moyen commode de détecter des indices de relèvements de fond et de préciser les zones qui sont susceptibles d'offrir un passage ou qu'il est inutile de lever compte tenu de la faiblesse ou de l'encombrement des fonds. Elle permet en outre de mesurer les profondeurs, mais sans atteindre la précision des sondages acoustiques classiques en raison des difficultés spécifiques au milieu marin (réfraction des rayons lumineux au passage de l'interface air-mer, manque de points de calage des couples stéréoscopiques, niveau de référence variable, etc.) [Even, 1997]. L'exécution d'un levé photogrammétrique en préalable au levé hydrographique côtier permet d'alléger de manière considérable les travaux des missions, en les orientant directement sur les zones intéressantes.



Travaux de topographie par « trajectographie GPS », effectués en complément d'une restitution photogrammétrique.

6.3 Le levé exhaustif ou surfacique

Dans les zones fréquentées où le risque que représentent les épaves ou les hauts-fonds abrupts inconnus n'est pas négligeable, les levés doivent en outre comprendre la recherche systématique de ces dangers. Cette opération est maintenant considérée comme indispensable dans les zones à risque dont la profondeur est inférieure à 50 mètres (mer du Nord ou Manche, par exemple). Elle est réalisée au sondeur latéral, au sondeur multifaisceaux et au magnétomètre.

Dans les secteurs qui ont été contrôlés complètement avec ces équipements, l'hydrographie est dite totale et peut être considérée comme satisfaisant aux règles de l'état de l'art actuel, les plus strictes en matière de levés hydrographiques. Cependant, dans les voies recommandées et les chenaux d'accès aux ports, il est maintenant d'usage de compléter ces contrôles par un examen au sonar du BH2 *Lapérouse*, car cet équipement permet de déterminer la nature des relèvements de fond détectés, de délimiter avec précision l'extension géographique des zones perturbées ou des épaves qui peuvent se présenter en plusieurs morceaux, et d'améliorer encore la sûreté de détection des dangers.

Les levés exhaustifs, avec insonification totale du fond, requièrent toutefois du temps et ne peuvent pas être réalisés instantanément afin de remplacer les levés

plus anciens sur l'ensemble du plateau continental. Ils ont surtout concerné, pour le moment, les zones critiques du point de vue de la navigation. Toutefois, la connaissance recueillie est amplement suffisante pour répondre au plus large éventail de besoins généraux évoqués précédemment. L'exécution de levés surfaciques avec des sondeurs multifaisceaux devrait donc se généraliser dans un proche avenir et il est d'ailleurs clairement envisagé d'équiper bientôt tous les bâtiments hydrographiques métropolitains.

Dans le domaine militaire, la stratégie des levés à appliquer pour satisfaire les besoins liés à la sécurité de la navigation sous-marine ou des engins remorqués doit permettre dans les profondeurs océaniques, la détection systématique et la cotation des hauts-fonds culminant à une profondeur inférieure à l'immersion maximale souhaitée. Outre la garantie d'une détection systématique des épaves susceptibles de constituer une gêne, cette stratégie doit permettre, sur le plateau continental, la connaissance de la topographie sous-marine, selon des normes obtenues par simple translation verticale de celles adoptées pour les levés d'hydrographie générale. Ces levés peuvent être conduits avec des équipements variés, cependant les levés surfaciques réalisés avec un sondeur multifaisceaux sont actuellement les mieux adaptés et on envisage ainsi de lancer dès le début du prochain millénaire le levé surfacique et sédimentologique⁵⁹ du plateau continental métropolitain.

6.4 Le levé de l'indispensable

Compte tenu de l'ampleur de la tâche et des moyens limités qui lui sont consacrés, on est souvent amené à appliquer le concept d'hydrographie indispensable, qui combine levé de reconnaissance avec, là où c'est possible, exploitation de levés photogrammétriques ou de l'imagerie satellitale, puis levé par sondage régulier avec contrôle au sondeur latéral de secteurs très limités.

Cette stratégie est généralement appliquée dans les départements et quelques territoires d'outre-mer, mais avec parfois des dosages différents. Ce concept, poussé à l'extrême, est ainsi mis en œuvre dans les atolls ouverts de l'océan Pacifique, pour lesquels les travaux in situ sont limités au recueil de données de spatiopréparation qui sont nécessaires à l'exploitation des images satellitales⁶⁰, et à des levés ponctuels avec insonification totale au sondeur latéral des passes, des points de mouillage ou de débarquement, ainsi que de leurs voies d'accès. La sécurité de la navigation dans un lagon corallien ne peut en effet être assurée que grâce à la définition de voies recommandées, car en dehors de celles-ci des pinacles de corail peuvent avoir échappé aux levés classiques récents, menés pourtant suivant les règles de l'art.

Cette façon de faire permet de gagner un temps appréciable, mais présente évidemment le risque d'obliger un retour ultérieur (généralement coûteux) pour compléter les travaux dans une zone non sondée dont

la connaissance est devenue nécessaire. Lorsque l'on définit les travaux à réaliser, il faut donc trouver un juste milieu entre le souci, souvent privilégié, du court terme et une hydrographie complète dont la justification économique risque de ne jamais apparaître.

6.5 Le levé d'opportunité

L'infrastructure mise en place sur la côte ouest de la métropole en émetteurs de référence pour le GPS différentiel et en marégraphes côtiers numériques pour l'observation de la marée, outre les gains de temps qu'elle procure dans la phase de préparation des levés, permet d'effectuer des relevés suffisamment précis pour être fusionnés au fur et à mesure des transits des bâtiments. De même, la possibilité d'exploiter à plusieurs milliers de kilomètres des côtes, les récepteurs de localisation GPS grâce aux corrections différentielles retransmises par satellites donne l'occasion de faire progresser le recueil de données à l'occasion des campagnes océaniques. Les bâtiments hydrographiques métropolitains prennent ainsi souvent le profil dès le départ de Brest, pour ne le quitter qu'à l'arrivée dans la zone du levé.

Sont ainsi concernés les levés bathymétriques surfaciques et sédimentologiques au profit de la guerre des mines, des levés hydrographiques de reconnaissance dans les zones « incomplètement hydrographiées » sur le plateau continental métropolitain et les levés surfaciques de la zone économique exclusive et des zones d'intérêt de la défense en Atlantique. Le potentiel qui est ainsi valorisé représente plus de 10 % du potentiel annuel de chaque bâtiment métropolitain.

Par ailleurs, les levés d'hydrographie générale sont le plus souvent mis à profit pour recueillir des données dans les domaines de la sédimentologie, de la géologie, de la connaissance des champs géophysiques, des marées et des courants pour compléter en tant que de besoin les données existantes. Ceci est rendu possible grâce au développement, sur chaque bâtiment hydrographique, d'une chaîne de mesures complète de manière à valoriser et optimiser les séjours à la mer.

6.6 Caractérisation hydrographique des zones levées

Il paraît utile de récapituler les principes qui permettent de caractériser, du point de vue hydrographique, les zones ainsi levées, et qui amènent à distinguer six types de zones :

- les **zones non hydrographiées** : ces zones peuvent correspondre aux domaines couvrants et découvrants, et à leurs abords immédiats, aux relèvements de fonds qui affleurent, etc.. Seules, quelques sondes ponctuelles sont portées à titre indicatif sur les minutes de bathymétrie ;

- certaines zones peuvent n'avoir fait l'objet que d'un levé photogrammétrique ou de reconnaissance, car il a été jugé que la navigation ne peut y être assurée, soit

(59) Les sondeurs multifaisceaux offrent en effet une imagerie acoustique du fond permettant d'en déterminer la nature superficielle.

(60) Le recours à l'imagerie spatiale permet en effet d'accéder à des informations intéressantes à exploiter sur les cartes. Le SHOM a investi depuis un peu plus d'une dizaine d'années dans le traitement cartographique des scènes SPOT (topographie du littoral, modélisation de la bathymétrie, recherche de hauts-fonds...) et a développé des méthodes originales et performantes. L'exploitation de ces images nécessite la détermination de points de calage en position, correspondant à des pixels bien identifiables, et de la bathymétrie de certaines zones homogènes en profondeur et en nature de fond qui permettront de caler la modélisation bathymétrique.

du fait de faibles profondeurs, soit du fait d'une forte rugosité du fond qui entraînerait une durée excessive du levé. Ces zones peuvent être qualifiées de **zones parsemées de hauts-fonds dangereux**, lorsqu'elles ne sont pas navigables sauf à des embarcations, ou de **zones incomplètement hydrographiées**, lorsqu'un levé plus complet est susceptible de permettre une navigation ;

. certaines zones peuvent avoir fait l'objet d'un levé régulier de base, au 1 : 10 000 par exemple, mais n'ont pas été totalement insonifiées. Des recherches ponctuelles ont pu être faites (relèvements de fonds détectés lors du levé régulier, obstructions détectées par télé-détection, sondes anciennes, sondes signalées par les pratiques, etc.). Ces zones peuvent alors être qualifiées de **zones raisonnablement (convenablement) hydrographiées**, si le directeur technique estime que le levé régulier au sondeur vertical qui a été réalisé, complété des recherches effectuées, est suffisant pour assurer une navigation dans des conditions convenables de sécurité, compte tenu de la profondeur moyenne, de la rugosité du fond et de la densité des obstructions (le tirant d'eau maximal des bâtiments pouvant naviguer en sécurité peut éventuellement alors être précisé), ou de **zones incomplètement hydrographiées**, dans le cas contraire (un levé plus complet, avec insonification totale du fond, est alors susceptible de permettre une navigation) ;

. **les zones complètement hydrographiées, avec seuil de navigation** : ce sont des zones où une exploration complète a été effectuée (au sondeur latéral, par exemple) et où toutes les recherches nécessaires à la navigation des navires, dont le tirant d'eau n'excède pas un certain seuil, ont été faites. Ces zones correspondent aux voies recommandées avec seuil de navigation ;

. **les zones complètement hydrographiées** : ces zones ont fait l'objet d'une exploration complète et toutes les recherches ont été faites. Ces zones correspondent aux voies recommandées.

7. LES CAMPAGNES OCÉANOGRAPHIQUES

Pour satisfaire les besoins en hydro-océanographie militaire, il a fallu que le service explore des axes de recherche très variés : étude d'océanographie régionale, compréhension des processus océaniques, modélisation et assimilation de données, étude de l'impact de l'environnement marin sur les opérations navales, et notamment sur la propagation des ondes acoustiques, expérimentation de techniques d'observation ou de technologies nouvelles, etc., le trait commun à toutes ces activités étant de nécessiter des campagnes océanographiques à la mer pour recueillir les données de base.

Ainsi, depuis 1960, avec par exemple l'affectation du dragueur océanique *Origny* à des mesures systématiques du champ bathythermique profond en Méditerranée⁶¹ et la création du bureau d'études océanographiques à Toulon, le service consacre une part de plus en plus importante de son activité aux études et campagnes océanographiques. On peut en outre souli-

gner que ces dernières ont été très tôt conduites en coopération aussi bien dans un cadre national, militaire ou civil⁶², que dans un cadre OTAN (campagnes MILOC, MEDOC, MEDOR, GRECE, HYDRATLANTE, Rough Start, JONSDAP pour ne citer que les principales d'entre celles réalisées jusqu'au milieu des années 1970 environ [voir en particulier : Ribet, 1972 ; Vicariot, 1979].

Plus récemment (dans les vingt dernières années pour simplifier), toujours orientée pour satisfaire les besoins des forces navales (grands fonds en Méditerranée occidentale, puis en Atlantique nord-est ; depuis peu, petits fonds de la façade Atlantique ; golfes Persique et d'Oman), l'approche devint plus ciblée, en même temps que les navires et leurs équipements se perfectionnaient et que la connaissance s'améliorait. Ainsi se succédèrent des campagnes océanographiques majeures

. s'intéressant de façon de plus en plus détaillée à certains aspects de la circulation à moyenne échelle et aux phénomènes océaniques ayant un impact important sur les opérations navales ;

. consacrées au recueil des données nécessaires à la mise au point ou à la validation des modèles d'analyse et de prévision océanique correspondants ;

. destinées à montrer ou à évaluer l'influence de l'environnement sur la propagation acoustique sous-marine, et plus généralement sur les opérations navales ;

. orientées vers l'expérimentation de techniques d'observation ou de technologies nouvelles.

Chacune de ces campagnes peut ainsi être rattachée à une thématique particulière, liée à l'étude de tel phénomène océanographique, à l'évaluation de l'impact de l'environnement ou aux essais de telle technologie nouvelle, même si les campagnes à la mer sont systématiquement conduites, pour des raisons de productivité, de manière à permettre l'observation des aspects concomitants de la circulation océanique et l'évaluation de nouveaux équipements. Il a donc paru intéressant de présenter rapidement les campagnes récentes sous cet aspect, en faisant ressortir la logique de leur enchaînement. On pourra en outre se reporter en annexe pour le descriptif complet de ces campagnes, et des coopérations auxquelles elles ont donné lieu, car très peu en fait ont été décrites dans les annales hydrographiques

Il semble enfin utile de souligner la montée en puissance de cette activité puisque l'on est passé d'une campagne océanographique majeure tous les trois ou quatre ans environ à la fin des années 1970, à plusieurs campagnes par an actuellement, ces dernières étant d'ailleurs généralement pluriannuelles.

7.1. La thermocline et les ondes internes

La campagne **Thermocline 77** s'est déroulée, comme son nom l'indique, en 1977 au large de Brest, sur la plaine abyssale. L'idée était de se placer assez loin du talus continental, afin d'être en principe en dehors des ondes internes, de sorte que l'évolution de la thermocline ne résulte que de l'influence des seules

(61) A l'époque, la Méditerranée était la zone prioritaire pour les opérations navales.

(62) En collaboration avec le GERDSM (Groupe d'Etude et de Recherche en Détection Sous-Marine) ou le CNEXO (Centre National pour l'Exploitation des Océans), par exemple.

conditions atmosphériques. Les résultats obtenus ont montré, en dépit des précautions prises, la présence de telles ondes, mais ont cependant permis d'affiner les premiers modèles d'évolution de la thermocline saisonnière.

Les modélisations ainsi réalisées et l'arrivée des premières images satellitales infrarouge ont fait alors pressentir que le talus continental pouvait être une zone de génération des ondes internes ou être une sorte de point d'accumulation pour des ondes générées par le passage des dépressions au large.

La vérification de ces hypothèses ne pouvait être faite qu'au moyen d'une nouvelle campagne d'observations à la mer et ce fut l'objectif principal d'**ENVAT 81**⁶³. Cette campagne fut construite de manière à investiguer une radiale perpendiculaire au talus continental, à la hauteur du haut-fond de La Chapelle, et les résultats obtenus furent utilisés dans des modèles, essentiellement développés par l'UBO, qui permirent d'identifier le phénomène de marée interne au voisinage du talus continental.

On s'intéressa alors aux conditions de génération de ce phénomène et de sa propagation au-dessus du plateau, depuis la plaine abyssale, et le long du talus, au voisinage du haut-fond de La Chapelle. Les objectifs principaux de la campagne **ONDINE 85**⁶⁴ devaient ainsi permettre d'une part, de vérifier les hypothèses des modèles développés à partir des expériences précédentes et fournir d'autre part, un ensemble de données destiné à la construction de modèles non plus seulement bi-dimensionnels (axe horizontal et axe vertical limité à deux ou trois couches), mais tri-dimensionnels (deux axes horizontaux et axe vertical multicouche). L'exploitation des données recueillies, menée conjointement par l'UBO et le SHOM, aboutit donc en particulier à la mise au point d'un modèle de propagation de la marée interne pour l'ensemble du golfe de Gascogne.

Cette campagne permit également de modéliser et d'expliquer le refroidissement de la couche supérieure de l'océan située au-dessus de la thermocline saisonnière (dite couche de mélange) et le réchauffement de la couche située en dessous, tant pour ce qui est de la génération de ces couches que de leur évolution. Les observations recueillies ont en effet montré le bien fondé de la théorie en fournissant des enregistrements de température de l'océan pratiquement en accord avec les résultats de la modélisation. Les observations chimiques et biologiques ont également confirmé le phénomène et a posteriori, ces éléments permirent occasionnellement d'expliquer l'intérêt du secteur du haut-fond de La Chapelle pour la pêche : les mélanges induits par la marée interne, en ramenant des sels nutritifs au voisinage de la surface et en redistribuant partiellement les températures sur la verticale, créent des conditions d'environnement quasi idéales pour le développement des chaînes alimentaires.

Les différentes phases de la campagne **MINT 94**⁶⁵ avaient pour objectifs principaux, l'étude de l'évolution et

de la propagation de la marée interne, à partir d'observations de longue durée, au voisinage du haut-fond de La Chapelle et du cap Finisterre. La phase relative à cette dernière région avait un caractère exploratoire très marqué, puisqu'elle était la première opération de ce type entreprise par le service dans ce secteur, connu par ailleurs pour ses phénomènes d'upwelling. La campagne a permis de montrer que la marée interne était générée sur le talus continental aussi bien au voisinage du haut-fond de La Chapelle que du cap Finisterre et que l'upwelling remontant à proximité de ce dernier pouvait être une conséquence directe de la marée interne engendrée à son voisinage.

Dans le prolongement des études précédentes, les campagnes **PRECOCE**⁶⁶, qui sont encore en cours de réalisation (1997 et 1998), sont destinées à la validation du système de prévision du comportement des couches superficielles le long des côtes du bord est de l'Atlantique nord, qui est étudié dans le cadre d'un développement exploratoire baptisé « MINT ». Ce dernier a pour objectif d'évaluer la faisabilité d'un système de prévision du comportement de la thermocline saisonnière et de la couche de mélange océanique, pour améliorer la connaissance des conditions de propagation acoustique dans les couches de surface. Les différentes phases de la campagne **PRECOCE 97** sont destinées à recueillir des observations océanographiques à l'ouvert du golfe de Gascogne, couplées à des observations météorologiques synoptiques, afin d'initialiser les modèles d'évolution de la thermocline saisonnière, dont les résultats seront confrontés aux observations recueillies lors de la campagne **PRECOCE/INTIMATE**⁶⁷ prévue en 1998.

7.2 La modélisation du milieu océanique et l'observation par altimétrie satellitale

La campagne **ATHENA 88**⁶⁸ se démarque des précédentes par le fait que l'on abandonne le talus continental pour s'intéresser à l'évolution de l'océan au-dessus de la plaine abyssale, aussi loin que possible de l'influence des frontières physiques. De plus, les modèles utilisés, dérivés de modèles américains, exploitent les résultats de l'altimétrie satellitale pour tenter de décrire la circulation océanique.

Les observations à la mer avaient donc un double objectif : d'une part, fournir un ensemble de données permettant de vérifier, voire de calibrer, les observations altimétriques effectuées par satellite (GEOS-3, Seasat), et d'autre part, de caler les résultats des modèles hydrodynamiques en leur fournissant une situation initiale, puis de vérifier leur aptitude à simuler l'évolution du milieu dans le temps et l'espace, en n'utilisant en entrée que les seules données de l'altimétrie satellitale. Il faut souligner qu'en outre, afin d'orienter au mieux les opérations à la mer, les systèmes de traitement des données d'hydrologie avaient été adaptés afin de transférer les mesures aux stations de travail embarquées et que les logiciels implantés sur ces dernières pouvaient ainsi

(63) ENVAT : ENVironnement ATLantique. Cette campagne est décrite dans les annales hydrographiques [Guyon, 1985 ; Boulard, 1991].

(64) ONDINE : ONDes InternEs.

(65) MINT : Marée INTerne.

(66) PRECOCE : PREvision des Couches superficielles de l'Océan le long des Côtes Européennes.

(67) INTIMATE : voir le § 7.7 pour les objectifs de ces campagnes.

(68) ATHENA : Aquisition des données de Topographie de surface et d'Hydrologie dans l'Atlantique nord-est.

fournir divers tracés, dont l'interprétation permettait, en retour, l'adaptation du schéma de mesure à la réalité terrain.

Les résultats de cette campagne ont été exploités par le BRESM⁶⁹, pour élaborer un nouveau modèle quasi-géostrophique d'océan qui sera utilisé ultérieurement dans la maquette d'un système de prévision océanique, développée dans le cadre d'un développement exploratoire baptisé « SOAP-93 ».

Suite logique de la campagne ATHENA 88 et des développements effectués à partir des données collectées, les campagnes **SEMAPHORE**⁷⁰ (1993, 1994 et 1995) avaient pour objectif principal, l'évaluation des prévisions de SOAP-93 d'un point de vue dynamique et acoustique. Les résultats obtenus montrèrent l'intérêt ainsi que la faisabilité d'un tel système et le développement du système opérationnel d'analyse et de prévision océanique (SOAP) fut décidé en 1997.

7.3 La veine d'eau méditerranéenne et les meddies

Les campagnes **SEMANE 95 et 97**⁷¹ avaient pour objectif principal d'étudier l'extension de la veine d'eau méditerranéenne en Atlantique nord, ainsi que la génération et la propagation des phénomènes à méso-échelle qui sont associés au bord est des océans, c'est-à-dire les tourbillons d'eau méditerranéenne, appelés meddies [Pichev, 1995].

Ces campagnes font suite aux campagnes d'opportunité Radiales et HYDROMETHANE⁷² effectuées en 1993 et au début de 1994, au large de la péninsule ibérique, pour explorer la zone d'extension des eaux méditerranéennes. Elles ont fait progresser la zone d'étude du cap Saint-Vincent jusqu'à la hauteur de Lisbonne, puis de Porto. SEMANE 97 fut ainsi en particulier consacrée à l'étude d'un meddy, heureusement marqué en surface par plusieurs bouées SURDRIF, mouillées à l'occasion des campagnes ARCANE⁷³. Le dépouillement de ces campagnes se poursuit actuellement.

7.4 La circulation méso-échelle en Atlantique nord-est

L'action de recherche pluriannuelle **ARCANE** (Action de Recherche sur la Circulation en Atlantique Nord Est) est menée en collaboration avec le CNRS, l'IFREMER et l'UBO.

Elle a pour objectif principal, l'étude

- . de la circulation océanique en bordure est de l'Atlantique nord ;
- . des relations entre cette circulation et celle des eaux sur les plateaux continentaux ;
- . de la génération de swoddies (tourbillons de bord de plateau continental [Pichev, 1995]) à l'ouest de la péninsule ibérique et dans le golfe de Gascogne ;

. de l'influence des meddies, et plus généralement de l'eau méditerranéenne, sur les échanges (quantité de mouvement, de masse, de chaleur, de sel) entre la plaine abyssale, le talus continental et le plateau continental.

Les campagnes se rattachant à cette action de recherche sont actuellement en cours, depuis 1996, et doivent se poursuivre jusqu'en 2000.

7.5 La modélisation en hydrodynamique côtière

Les efforts du service ont essentiellement porté, jusqu'à un passé récent dans ce domaine, sur la modélisation régionale des courants de marée, par petits bassins de navigation (baie de Seine ou côte sud de la Bretagne, par exemple).

La réponse au besoin opérationnel de connaissance de l'environnement marin par petits fonds passe, entre autres développements et dans un premier temps, par la modélisation hydrodynamique côtière d'une région particulière, puis son extension ou son application aux autres zones d'intérêt de la marine. Le choix s'est porté sur la modélisation du plateau continental armoricain, car l'IFREMER avait développé des modèles de ce type pour le golfe de Gascogne. La modélisation de la variabilité des fronts thermiques et halins dans la région choisie demande cependant à être calibrée et validée par des mesures in situ et les campagnes **MODYCOT**⁷⁴ (1997 et 1998) constituent l'apport du service dans cette coopération. Elles portent essentiellement sur des observations de longue durée de courantométrie et des mesures d'hydrologie.

7.6 La propagation acoustique sous-marine

Effectuées en collaboration et au profit du service technique des constructions navales (laboratoire d'acoustique du Brusc), **TBF 82**, **PROPA 86** et **Proud Runner 88** étaient des campagnes destinées à l'étude de la propagation acoustique par grands fonds en très basses fréquences. La participation du SHOM s'est souvent limitée à la fourniture de temps bateau et des données d'environnement météo-océanographique. **Proud Runner 88** a cependant marqué un tournant dans la conception de ces campagnes d'océanographie acoustique puisque, avec l'amélioration des techniques de mesures acoustiques sous bouées, de télétransmission vers un bâtiment ou un centre à terre, et de mise en œuvre d'hydrophones depuis un bâtiment en dérive contrôlée, la capacité « mouillage par grands fonds »⁷⁵ du BO *D'Entrecasteaux* ne sera plus utilisée et le débarquement du matériel correspondant décidé.

La campagne **INTIMATE 96**⁷⁶ est la première campagne d'océanographie acoustique entreprise par le SHOM. Elle visait à étudier les conditions de propaga-

(69) BRESM : Bureau de Recherches et d'Etudes Shom/Météo, situé à Toulouse.

(70) SEMAPHORE : Structure des Echanges Mer-Atmosphère, Propriétés des Hétérogénéités Océaniques : Recherche Expérimentale.

(71) SEMANE : Suivi des Eaux Méditerranéennes en Atlantique Nord-Est.

(72) RADIALES : campagnes d'opportunité au cours desquelles des radiales XBT étaient effectuées ;

HYDROMETHANE : campagne d'opportunité HYDROlogie de l'eau Méditerranéenne (TH) en Atlantique Nord-Est.

(73) voir le § 7.4 pour les objectifs de cette campagne.

(74) MODYCOT : MOdélisation DYnamique CÔtière.

(75) Le BO *D'Entrecasteaux*, dès sa conception, avait cette capacité. Sa mise en œuvre a été décrite pour la première fois dans les annales hydrographiques [Schumpf, 1978].

(76) INTIMATE : INternal Tides Investigation by Means of Acoustic Tomography Experiment.



Le BO D'Entrecasteaux mouillé par grands fonds.

tion acoustique⁷⁷ pour mieux cerner les potentialités de la tomographie acoustique par petits fonds. Elle s'est déroulée sur le plateau continental au large de Lisbonne, en étroite collaboration avec l'Institut Hydrographique du Portugal. Les premiers résultats font apparaître une bonne adéquation entre les modélisations et les mesures acoustiques, ainsi qu'une forte corrélation entre les variabilités hydrologique et acoustique. Tout laisse penser que les méthodes de la tomographie acoustique, appliquées jusqu'à présent exclusivement aux grands fonds, ont aussi un intérêt pour l'étude des petits fonds.

Dans le prolongement de cette campagne, le développement exploratoire « tomographie acoustique océanique » (TAO), qui vise à mettre au point une instrumentation, prévoit la réalisation de campagnes d'essais et d'évaluation des équipements développés. Les premiers essais instrumentaux auront lieu pendant INTIMATE 98 et la première expérimentation importante sera faite en liaison avec la campagne PRECOCE 98.

Menées en collaboration et au profit du GESMA⁷⁸, les campagnes **EVA 96 et 97**⁷⁹ visaient à réaliser une première série d'expérimentations sur la propagation acoustique par petits fonds et à mesurer l'impact acoustique des bancs de poissons. Elles furent organisées dans une zone baptisée **ZOE**⁸⁰, qui avait déjà fait l'objet de campagnes de mesures bathymétriques et hydrologiques en préalable à des essais de sonar. La participation du SHOM s'est limitée pour ces campagnes EVA à la fourniture de temps bateau et des données d'environnement météo-océanographique.

7.7 Les expérimentations technologiques

La campagne **COURIR 84**⁸¹ fut organisée pour évaluer les capacités d'un profileur à effet Doppler auto-

me, ancré sur le fond, développé par Thomson Sintra sous l'impulsion de l'IFREMER.

Les résultats furent très décevants en ce qui concerne le profileur, qui s'est révélé inexploitable, mais passionnants en ce qui concerne aussi bien les mesures courantométriques que les mesures hydrologiques : l'onde de marée interne, qui avait été mal décrite durant l'expérience ENVAT 81⁸², du fait d'un échantillonnage non optimal des mesures (périodicité trop grande), fut cette fois remarquablement observée. Ainsi, l'oscillation des isothermes au niveau de la thermocline saisonnière montre une excursion verticale de 80 m, aller et retour, en 1 h 30 min environ, confirmée par les observations des courantomètres qui ont décelé un cisaillement de l'ordre de 1 m/s entre deux appareils situés de part et d'autre de cette frontière.

La campagne **GASTOM 90**⁸³ était destinée à montrer la faisabilité de l'étude descriptive de l'hydrodynamique d'une large zone océanique, à l'aide d'une technologie de mesure nouvelle, développée aux Etats-Unis, la tomographie acoustique océanique. Cette campagne, réalisée par le SHOM avec le concours de l'IFREMER, visait à mettre en oeuvre un réseau d'ERATO dans le golfe de Gascogne, afin de décrire l'hydrodynamique du secteur en général et, en particulier, des trois masses d'eau principales en présence : l'eau centrale nord Atlantique, l'eau méditerranéenne et l'eau profonde.



Le pont milieu du BO D'Entrecasteaux pendant les opérations de mise à l'eau des ERATO lors de la campagne GASTOM 90.

Malgré les efforts déployés lors de l'exploitation de ces données, les résultats de l'inversion des mesures n'ont pas été à la hauteur des espérances engendrées par l'expérience réalisée un peu plus d'un an auparavant par les Américains, avec une participation du SHOM et de l'IFREMER, au large de la Nouvelle-Angleterre (campagne EXTASE).

(77) Voir aussi § 7.7 pour la campagne GASTOM.

(78) GESMA : Groupe d'Etude Sous-Marine de l'Atlantique.

(79) EVA : Evaluation de la Variabilité Acoustique.

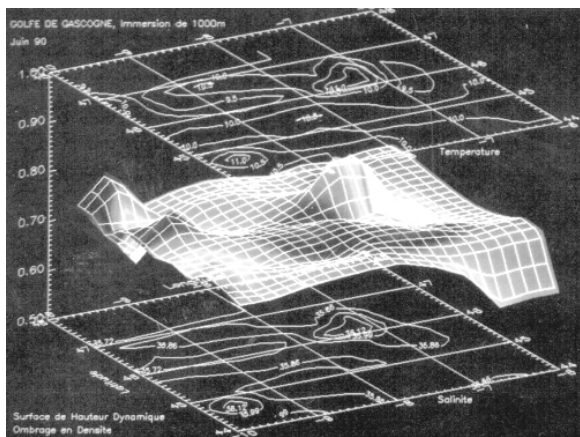
(80) ZOE : Zone d'Observations et d'Essais, située sur le plateau continental français, à l'ouest du plateau de Rochebonne.

(81) COURIR : COURants en IRoisse.

(82) Voir § le 7.1 pour les objectifs de cette campagne.

(83) GASTOM : TOMographie acoustique dans le golfe de GAScogne.

Quoi qu'il en soit, cette première expérience de tomographie acoustique a permis aux équipes françaises d'une part, de dominer cette technologie de mesure nouvelle et d'autre part, de montrer son intérêt pour l'étude des phénomènes océaniques, même faiblement signés comme le sont la plupart de ceux se produisant dans le golfe de Gascogne (à l'exception des phénomènes de bordure de plateau continental). En particulier, cette expérience a permis au SHOM, en coopération avec l'IFREMER, de définir les caractéristiques d'un nouvel ERATO, mieux adapté aux conditions hydrologiques des bords est des bassins océaniques.



Représentation en « 4 dimensions » des paramètres hydrologiques au cours de la campagne GASTOM 90.

La campagne **INTERAFOS 95**⁸⁴ fut décidée rapidement, suite aux dysfonctionnements des flotteurs type RAFOS utilisés lors de la campagne SEMAPHORE.

En effet, lors de cette expérience, les flotteurs RAFOS, fournis par Bathy Systems (Etats-Unis) via Orca Instrumentation en France, ont présenté un taux d'échecs important et surtout inexplicable. Sur 36 flotteurs, mis en œuvre il est vrai aux limites de leurs capa-

cités (profondeur de consigne 2 000 m pour une profondeur théorique d'implosion de 2 500 m, durée de mission fixée à 18 mois, pour une durée de vie théorique de 12 mois en principe), un seul a fourni toutes les données relatives à sa mission, quelques-uns ont effectué des transmissions, erratiques et inexploitable, via ARGOS, mais le plus grand nombre n'a jamais envoyé quoi que ce soit.

Ceci met en évidence le point faible de ce type de matériel : en cas d'absence de transmission par Argos, nul ne peut savoir ce qu'il est advenu du flotteur. Pour tenter de faire un choix aussi judicieux et argumenté que possible, une expérience nommée INTERAFOS fut donc organisée à l'ouest de la péninsule ibérique (afin de préparer ARCANE). 24 flotteurs type RAFOS, fournis par quatre industriels ou importateurs, et 5 sources acoustiques ont été mis en œuvre.

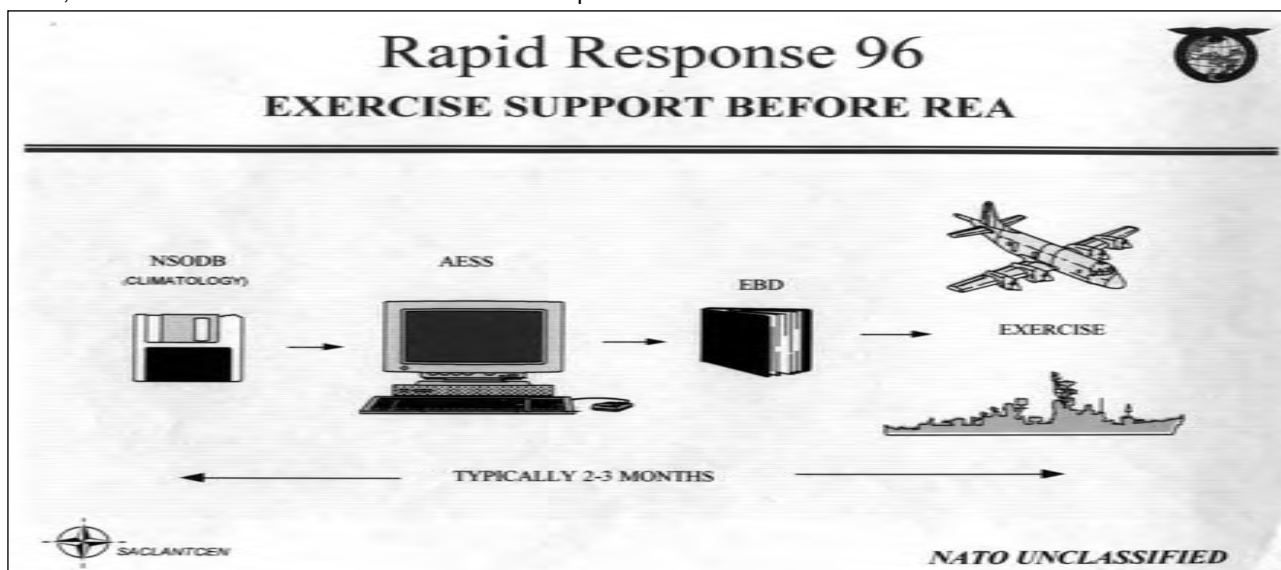
8. LES CAMPAGNES D'ÉVALUATION RAPIDE DE L'ENVIRONNEMENT

Le contexte opérationnel dans lequel se déroulent les campagnes de REA ⁸⁵ leur confère des caractéristiques originales :

- . recueil de données sans grand préavis, dans un intervalle de temps limité et faisant donc largement appel à la télédétection,

- . résultats à mettre à la disposition des utilisateurs sous une forme assimilable quelques jours seulement après les travaux à la mer.

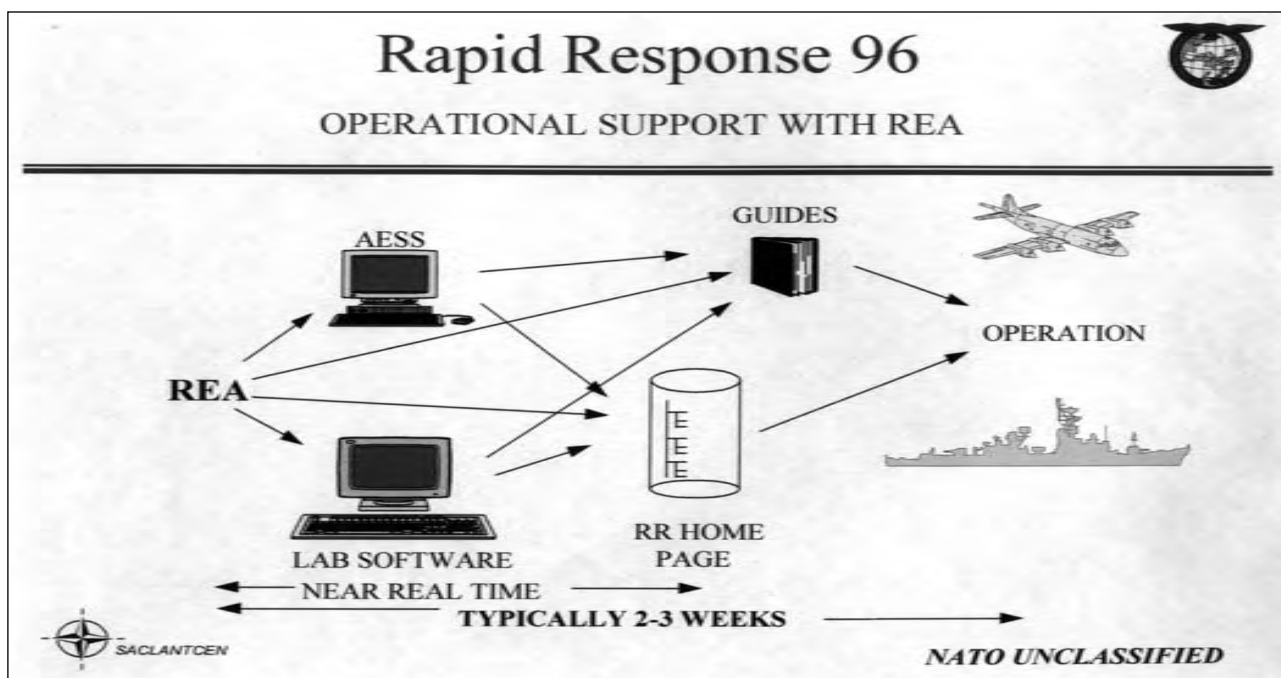
Les études relatives à ce concept débutent à peine puisqu'elles ont pour cadre un programme d'études amont lancé en 1997 et s'appuient sur une série encore en cours de campagnes d'expérimentation. L'exposé suivant sera donc essentiellement limité à la présentation de ces campagnes et des axes de recherche qui seront étudiés.



Avant le REA

(84) INTERAFOS : INTERcomparaison RAFOS

(85) REA : Rapid Environmental Assessment.



Les objectifs du REA

8.1 Un exemple : les campagnes *Rapid Response*

Les campagnes hydro-océanographiques baptisées *Rapid Response* et conduites sous l'égide de l'OTAN sont plus exactement des exercices militaires destinés :

- . à démontrer l'intérêt du concept de REA ;
- . à tester de nouvelles techniques de levés rapides ;
- . à définir les procédures et les méthodologies, applicables à ce concept au sein des différentes composantes METOC⁸⁶ disponibles dans les pays de l'OTAN ;
- . à élaborer les produits (documents ou cartes sur support papier ou sous forme numérique) adaptés aux besoins des forces dans les différents domaines de lutte.

Le premier de ces exercices a eu lieu en 1996, aux abords de la Sicile et de la Sardaigne, le second s'est déroulé en 1997, principalement en mer Ionienne, et le troisième et dernier de ce cycle de campagnes s'est déroulé au début de l'année 1998, aux abords de la péninsule ibérique. Ces « exercices hydro-océanographiques » précèdent systématiquement un véritable exercice militaire organisé par l'OTAN⁸⁷, afin d'offrir la possibilité aux opérationnels d'évaluer concrètement les apports d'une opération de type REA.

8.2 Les participants

La plupart des nations, membres du groupe d'océanographie militaire de l'OTAN (groupe MILOC) participent activement aux campagnes *Rapid Response* en déployant simultanément :

- . des navires hydro-océanographiques (*Roebuck* pour le Royaume-Uni, *Pathfinder* pour les Etats-Unis, *Tydemann* pour les Pays-Bas, *Planet* pour l'Allemagne, *Pytheas* pour la Grèce, *Ammiraglio Magnaghi* pour l'Italie, *D'Entrecasteaux* pour la France, pour ne citer que les principaux acteurs) ;

- . des moyens aériens et leurs systèmes de mesures ;
- . des officiers des armes, des ingénieurs et des techniciens au centre de fusion des données.

Les bâtiments et les aéronefs sont déployés de manière coordonnée sous la double autorité d'un directeur scientifique et d'un coordonnateur militaire. En fonction de leurs capacités, les moyens sont répartis pour recueillir les données nécessaires à l'établissement des dossiers d'environnement pour chacun des domaines de lutte. Ainsi en 1997, le *D'Entrecasteaux*, associé au *Roebuck*, a notamment effectué l'hydrographie côtière des sites de plageage prévus pour des opérations amphibies en Grèce : les vedettes et l'hélicoptère ont réalisé le levé bathymétrique, sédimentologique et photogrammétrique d'une plage en quelques jours ; les données ont ensuite été traitées en partie à bord, en partie à l'établissement principal du SHOM à Brest, puis retransmises via Internet au SACLANTCEN en Italie, puisque cet organisme de l'OTAN jouait le rôle de centre de fusion des données.

8.3 La modélisation océanographique

La connaissance des paramètres océanographiques sur un théâtre d'opérations procure un avantage certain pour la mise en œuvre des systèmes acoustiques de détection. Le recueil des données pendant les opérations, comme l'acquisition du profil vertical de température ou de célérité, représente ainsi une tâche essentielle, nécessaire encore aujourd'hui à la conduite des opérations de lutte sous la mer. Mais ce qui est plus important encore, c'est de connaître l'évolution des structures (fronts, tourbillons par exemple) et des masses d'eau caractéristiques, suffisamment longtemps à l'avance,

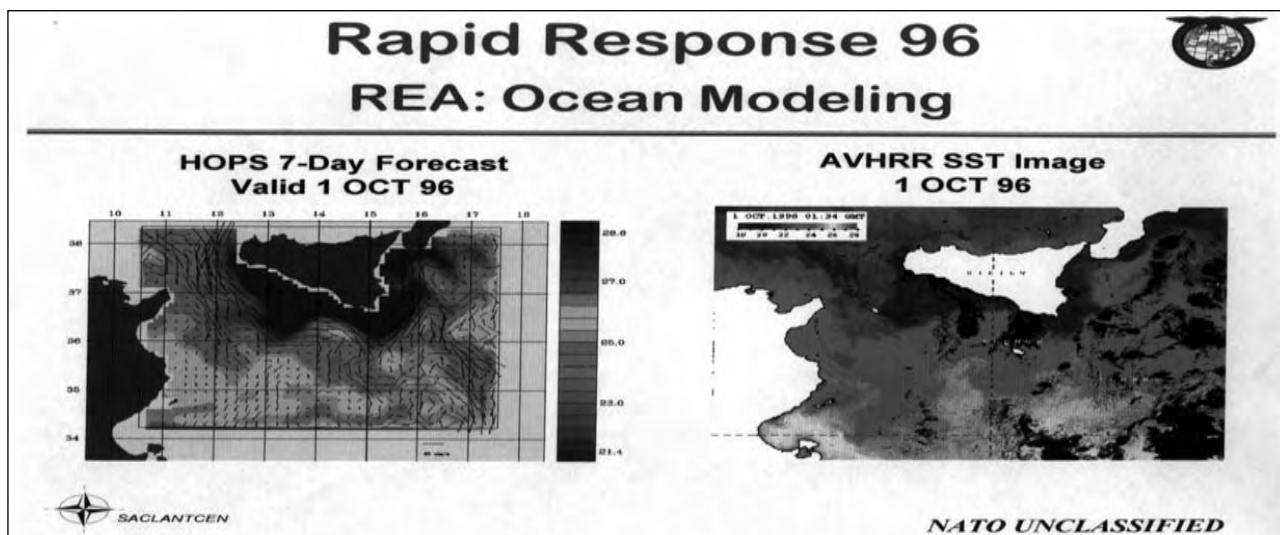
(86) METOC : METeorology OCeanography.

(87) Dynamic Mix en 1996 et 1997, Strong Resolve en 1998.

pour qu'un navire ou un sous-marin puisse en retirer un avantage tactique.

Les modèles océanographiques permettent pratiquement aujourd'hui d'atteindre cet objectif. Les travaux océanographiques exécutés pendant les campagnes *Rapid Response* (bathysondes, sondes perdables, mesures acoustiques, etc.) ont donc en partie consisté à

recueillir les données nécessaires à l'initialisation de ces modèles. Les données in situ ont été transmises en temps réel vers les centres de calcul. La confrontation des résultats de modèles, aux observations satellitales d'une part, aux portées acoustiques observées pendant les opérations navales d'autre part, ont démontré l'efficacité et la bonne qualité des prévisions.



Comparaison entre une prévision (modèle HOPS) et les observations satellitales de la température de surface.

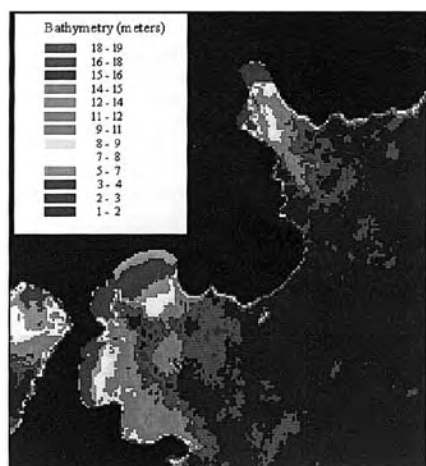
8.4 L'apport de la télédétection

La télédétection est un outil privilégié pour les opérations de type REA. Discrètement, elle permet d'orienter plus efficacement les moyens à la mer vers des structures océanographiques particulières, vers les sites de plageage les plus appropriés, mais aussi d'obtenir certaines informations directement exploitables. Lors des campagnes Rapid Response 1996 et 1997, le SHOM a par exemple analysé une image SPOT et fourni une estimation de la bathymétrie au voisinage d'un site de plageage ; des images SAR⁸⁸ et infrarouge ont aussi

été utilisées, respectivement pour la détection de fronts et la mesure de la température de la surface de la mer.

8.5 Les produits météo-océanographiques

Pendant les campagnes, trois guides d'environnement adaptés aux différents domaines de lutte ont été produits par le centre de fusion de données et distribués dans les délais aux commandants de forces. Les spécifications du contenu de ces guides ont été chaque fois réajustées lors des réunions de préparation, et en fonction du retour d'expérience après les exercices navals. Le Naval Oceanographic Office a également établi des cartes de synthèse tactique⁸⁹ sur lesquelles sont rassemblées toutes les informations pertinentes pour une application donnée (pour les opérations amphibies par exemple : minute de bathymétrie, gradients de plage, natures de fond, topographie sommaire, marée et courants, etc.). Outre ces documents, le SACLANTCEN a innové en mettant en service un site Internet, d'accès réservé, sur lequel étaient disponibles en temps quasi réel toutes les données recueillies par les différents capteurs et plates-formes. Cette technique offre la possibilité aux centres de traitement de se procurer les données qui leur sont utiles (données de calibration, par exemple) et permet aux différents participants connectés (coordonneurs, navires, centres à terre) de suivre la progression de l'ensemble des opérations.

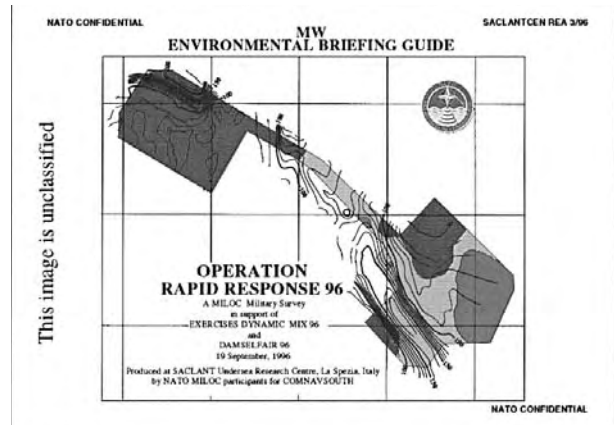
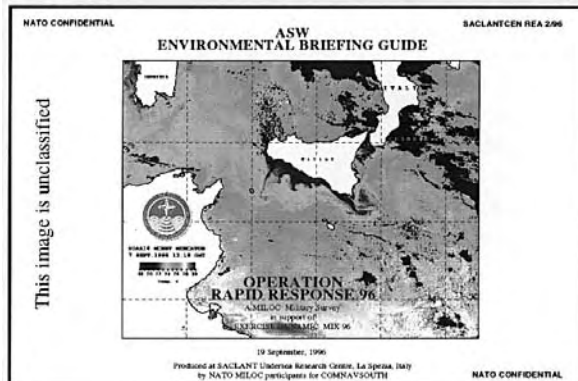


Bathymétrie estimée à partir d'une image SPOT.

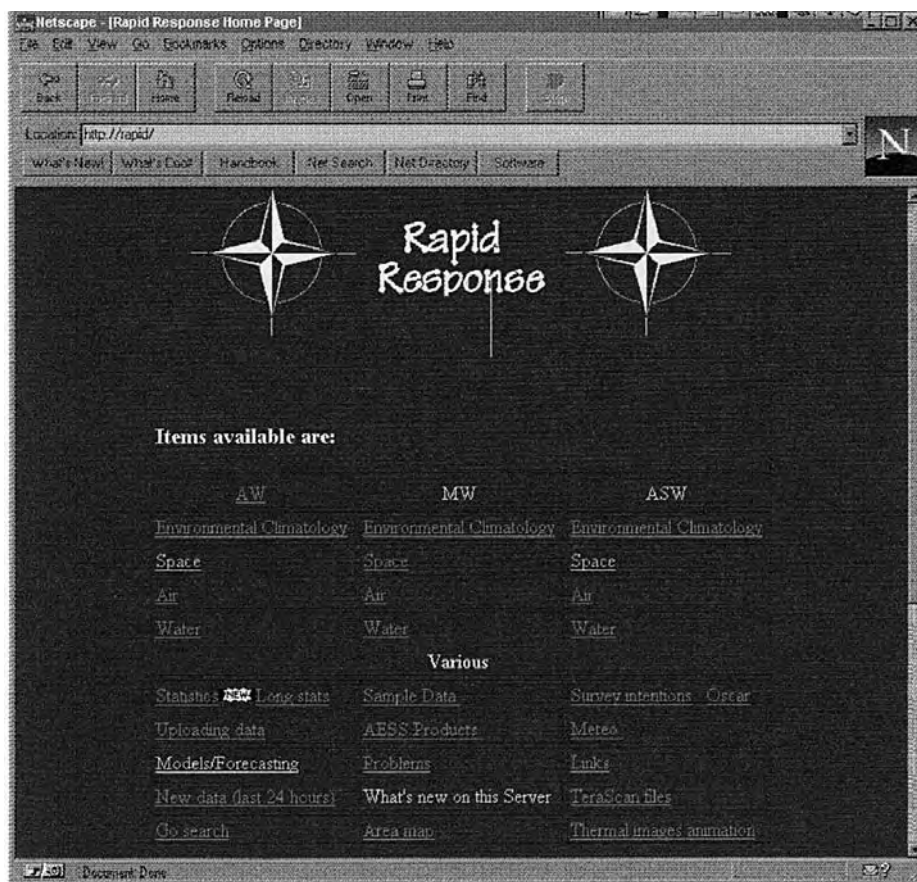
(88) SAR : Synthetic Aperture Radar.

(89) STOIC : Special Tactical Oceanographic Information Chart.

Rapid Response 96 Products



Les trois guides d'environnement établis pendant *Rapid Response 96*.



Le site Internet utilisé pendant *Rapid Response 96*.

8.6 Perspectives

Parallèlement aux actions menées au sein de l'OTAN, qui nécessitent un engagement de moyens conséquents, le SHOM a débuté en 1997 un programme d'études amont sur le thème REA. Les principaux axes visés sont les suivants :

- . étude de l'accès à des données d'un type nouveau, déterminantes en matière d'opérations côtières (bathymétrie laser ou imagerie spatiale à haute résolution, par exemple) ;
- . mise au point de modèles particularisés susceptibles de faciliter les interventions côtières, et définition des stratégies de recueil d'informations pour leur initialisation et leur calibration ;
- . élaboration de produits expérimentaux destinés à chaque domaine de lutte ;
- . maquettage d'un système embarquable sur des bâtiments en opérations, assurant les fonctions de

fusion de données, synthèse et élaboration de produits opérationnels d'environnement ;

- . élaboration d'une première ébauche de doctrine d'emploi de ce système.

Etant donné les perspectives prometteuses du concept de REA et l'engouement qu'il suscite, il est certain qu'autour de ce thème se développeront à terme de nouvelles techniques de levé, de traitement, d'exploitation et de production de données. Cependant, l'objectif essentiel reste la mise à disposition de produits adaptés aux besoins militaires. Ceux-ci, dépendant fortement des scénarios d'intervention d'une force de projection, sont forcément variables et l'émergence de besoins nouveaux (en lutte au-dessus de la surface, par exemple) devrait contribuer à élargir ou à réorienter les compétences du service et des missions hydro-océanographiques.

Annexe

Description des campagnes océanographiques réalisées par le SHOM durant les vingt dernières années⁹⁰

1. LA THERMOCLINE ET LES ONDES INTERNES

1.1 La campagne Thermocline 77

Cette campagne s'est déroulée en 1977 au large de Brest, sur la plaine abyssale, en deux périodes de 15 jours environ, entre la mi-septembre et la fin octobre. L'objectif principal était de réaliser des observations à la mer pendant la période de dissipation automnale de la thermocline saisonnière.

Les observations effectuées consistaient en des mesures :

- . hydrologiques par bathysonde Guildline et par sondes XBT type T7 (0 à 850 m) ;
- . de rayonnement solaire visible et infrarouge incident ;
- . du bilan radiatif (incident, réfléchi et rayonné) ;
- . du profil vertical de courant entre 0 et 200 m environ, au moyen d'un profileur original développé par l'UBO⁹¹ ;
- . du profil vertical de température par deux bouées dérivantes type L55⁹² de l'IFREMER, entre la surface et 200 m environ ;
- . du profil vertical du courant entre la surface et 100 m environ par le TSM 5700, profileur à effet Doppler, développé par Thomson Sintra.

Seul le BO *D'Entrecasteaux* était engagé dans cette campagne. Les mesures du bâtiment étaient effectuées au voisinage d'une bouée dérivante (freinée par un câble de 2 000 m de long, lesté) de façon à effectuer un point fixe. Cette bouée (n'effectuant pas de mesures par ailleurs) était mouillée au début de chacune des périodes de mesure, approximativement au centre du tourbillon décrit par les deux L55.

On rappelle que l'idée était de se placer assez loin du talus continental afin d'être en dehors en principe des ondes internes, de sorte que l'évolution de la thermocline éventuellement observée ne résulte que de l'influence des seules conditions atmosphériques. Les résultats obtenus ont montré la présence d'ondes internes, en dépit des précautions prises, mais ont permis d'affiner les premiers modèles d'évolution de la thermocline saisonnière, conduisant l'EPHOM à développer un modèle nommé PTH200, opérationnel dans le golfe de Gascogne, sauf au voisinage du talus continental.

1.2 La campagne ENVAT 81

Les modélisations entreprises avec l'ensemble des données collectées pendant Thermocline 77 et l'arrivée des premières images satellitales infrarouge ont fait pressentir que le talus continental pouvait être une zone de génération des ondes internes ou être une sorte de point d'accumulation pour les ondes internes générées par le passage des dépressions au large.

La vérification de ces hypothèses fut l'objectif principal d'ENVAT 81. Cette campagne fut construite de manière à investiguer une radiale perpendiculaire au talus continental, à la hauteur du haut-fond de La Chapelle.

Deux types de mouillages de surface ont été mis en œuvre :

- . l'un au-dessus du plateau continental, pour effectuer des mesures océanographiques (courant, de part et d'autre de la thermocline, et température par chaînes de thermistances de la surface à 150 m de profondeur environ) ;
- . l'autre au-dessus de la plaine abyssale, pour effectuer des observations météorologiques (sous bouée principale XM25⁹³ : vent vectoriel en vitesse et direction, mesure du rayonnement solaire incident en infrarouge, mesure de la température de l'air, de la pression atmosphérique et de l'hygrométrie) et océanographiques (sous bouée satellite : courant, de part et d'autre de la thermocline, et température par chaînes de thermistances de la surface à 150 m de profondeur environ).

Les mouillages ont été effectués au moyen d'une gabare de haute mer, accompagnée par le BH1 *L'Espérance*, chargé des sondages bathymétriques pour le choix des points de mouillage, et du positionnement de la gabare en opération, particulièrement au moment du largage du lest.

Les opérations de mesures océanographiques à la mer ont été réalisées par le BO *D'Entrecasteaux* et le BH1 *L'Espérance*. Il s'agissait essentiellement d'observations hydrologiques par bathysonde et sondes perdables, complétées, à bord du BO *D'Entrecasteaux*, par des observations de rayonnement solaire incident, des observations météorologiques synoptiques de type SHIP⁹⁴ ainsi que des radiosondages PTU⁹⁵ illimités et, à bord du BH1 *L'Espérance*, par des prélèvements destinés aux analyses de chimie et de biologie (stations d'hydrologie discrète avec prélèvements d'échantillons

(90) Le classement des campagnes correspond aux principaux thèmes d'études présentés au paragraphe 7.

(91) Il s'agissait d'un courantomètre, placé dans un tube plastique de 40 cm de diamètre environ, de 2 m de long, et équilibré de sorte à descendre le long d'un câble d'hydrologie lesté, en restant horizontal.

(92) Cette bouée développée par l'IFREMER, fusiforme, mesure la température de l'air, la pression atmosphérique et supporte une chaîne de thermistances immergées. Elle est en outre positionnée et suivie grâce au système ARGOS. C'est en fait l'« ancêtre » de la MARISONDE GT.

(93) XM25 : bouée fabriquée par la société française Néréides. C'est une bouée disque de 2,5 m de diamètre, de 1 m de haut et de 2,5 m³, capable d'effectuer des mesures type METOC.

(94) SHIP : type de relevé météorologique.

(95) PTU : pression, température, humidité.

d'eau de mer pour dosage des sels nutritifs et de la chlorophylle, traits verticaux de filets à plancton entre 200 m et la surface).

Les résultats obtenus ont été utilisés dans des modèles, essentiellement développés par l'UBO, qui ont permis de mettre en évidence le phénomène de marée interne au voisinage du talus continental.

1.3 La campagne ONDINE 85

Les objectifs principaux de cette campagne étaient de rechercher les conditions de génération de la marée interne sur le talus continental et de sa propagation ou déformation au-dessus du plateau et de la plaine abyssale, ainsi que le long du talus, de part et d'autre du haut-fond de La Chapelle.

Ces objectifs devaient d'une part, permettre de vérifier les hypothèses des modèles développés à partir des expériences précédentes et d'autre part, fournir un ensemble de données destiné à la construction de modèles non plus seulement bi-dimensionnels (axe horizontal et axe vertical limité à deux ou trois couches), mais tri-dimensionnels (deux axes horizontaux et axe vertical multicouche).

La campagne a été organisée en plusieurs phases, du début du mois de septembre à la fin du mois de novembre 1985 à partir du BO *D'Entrecasteaux*, du BH1 *L'Espérance* et d'une gabare de haute mer. Le schéma de base était constitué de trois radiales approximativement perpendiculaires au talus continental (la radiale centrale passant pas le haut-fond de La Chapelle) et délimitées par des mouillages de surface (mouillages météo-océanographiques) et de subsurface (mouillages océanographiques de mesure de courant et de température par chaînes de thermistances).

Les observations effectuées par les bâtiments étaient les suivantes :

- . observations hydrologiques par bathysonde et sondes perdables type XBT T7 ;
- . radiosondages PTUV⁹⁶ basse couche (limités à 3 000 m) ;
- . observations du rayonnement solaire incident, visible et infrarouge ;
- . observations météorologiques type SHIP, toutes les 6 h.

L'originalité des observations hydrologiques tenait à la réalisation de points fixes de 25 h au moins (une période de marée diurne), au voisinage de chacun des mouillages. Les observations collectées à la mer ont été exploitées conjointement par l'UBO et le SHOM et ont donné lieu à des modélisations, avec en particulier, la mise au point d'un modèle de propagation de la marée interne dans l'ensemble du golfe de Gascogne.

1.4 La campagne MINT 94

Une campagne préparatoire avait été réalisée dans le courant de l'été 1993, qui comportait la mise en œuvre d'un mouillage courantométrique (17 appareils

sur la même ligne) sur la plaine abyssale, au sud-ouest du haut-fond de La Chapelle, pour une durée d'environ un mois.

Les deux premières phases (MINT 94-1 et 94-2) se sont déroulées à la limite du plateau continental, au voisinage du haut-fond de La Chapelle, à partir d'un bâtiment de soutien de haute mer (BSHM), et ont duré une semaine en avril et une semaine en mai. L'objectif principal était de mettre en œuvre un profileur de courant Doppler autonome RDI, en vue d'observer pendant un mois, au nord de ce haut-fond, les courants associés à la marée interne. Lors de la seconde sortie, trois bouées dérivantes de type SURDRIF, munies d'ancres flottantes respectivement à -500 m, -1 000 m et -1 300 m furent mises à l'eau sur la plaine abyssale à l'ouest de la zone et à l'issue des opérations, le profileur fut remis en place un peu au sud du haut-fond de La Chapelle, par fonds de 300 m.

Les deux phases suivantes (MINT 94-3 et 94-4) avaient pour objectifs principaux l'étude de l'évolution et de la propagation de la marée interne, la première toujours au voisinage du haut-fond de La Chapelle, côté plaine abyssale, et la seconde au voisinage du cap Finisterre. Cette dernière phase avait un caractère exploratoire très marqué, puisqu'elle était la première opération de ce type entreprise par le service dans ce secteur.

Les données de quatre mouillages de chaînes de thermistances, entre 800 et 1 600 m, recueillies entre août et octobre sur la plaine abyssale, au large du haut-fond de La Chapelle, vinrent compléter les observations d'hydrologie effectuées en radiale ou au point fixe.

Ces campagnes ont permis de montrer que la marée interne était générée sur le talus continental aussi bien au voisinage du haut-fond de la Chapelle, que du cap Finisterre.

1.5 Les campagnes PRECOCE

Les campagnes PRECOCE (1997 à 1998) sont destinées à la validation du système de prévision des couches superficielles le long des côtes du bord est de l'Atlantique, qui fait l'objet d'un développement exploratoire baptisé « MINT ». Ce dernier doit permettre d'évaluer la faisabilité de la mise en œuvre d'un système de prévision du comportement de la thermocline saisonnière et de la couche de mélange océanique, pour améliorer la connaissance des conditions de propagation acoustique dans les couches de surface. Les observations seront en principe recueillies sur le plateau continental, le talus et la plaine abyssale au large des côtes métropolitaines.

Les différentes phases de la campagne PRECOCE 97, préparatoires à une campagne PRECOCE/INTIMATE prévue en 1998, sont destinées à recueillir des observations de température dans les 150 à 300 premiers mètres de l'océan, à l'ouvert du golfe de Gascogne, couplées à des observations météorologiques, si possible synoptiques (vent en vitesse et direction, pression atmosphérique et température de l'air),

(96) PTUV : pression, température, humidité et vent, en vitesse et direction.

afin d'initialiser les modèles d'évolution de la thermocline saisonnière.

Douze MARISONDE GT⁹⁷, munies d'une chaîne de thermistances de 150, 200 ou même 300 m, ont ainsi été mises en place par deux fois, une première série en septembre avec relevage en décembre 1997, puis une seconde en décembre, avec relevage envisagé en mars-avril 1998.

2. LA MODÉLISATION DU MILIEU OCÉANIQUE ET L'OBSERVATION PAR ALTIMÉTRIE SATELLITALE

2.1 La campagne ATHENA 88

On rappelle que cette campagne se démarque des précédentes par le fait que l'on abandonne le talus continental pour s'intéresser à l'évolution de l'océan au-dessus de la plaine abyssale, aussi loin que possible de l'influence des frontières physiques. De plus, les modèles utilisés, dérivés de modèles américains, exploitent les résultats de l'altimétrie satellitale pour tenter de décrire la circulation océanique.

Les observations à la mer avaient donc un double objectif : d'une part, fournir un ensemble de données permettant de vérifier, voire de calibrer, les observations altimétriques effectuées par satellite (GEOS-3, Seasat), et d'autre part, de caler les résultats des modèles hydrodynamiques en leur fournissant une situation initiale, puis de vérifier leur aptitude à simuler l'évolution du milieu dans le temps et l'espace, en n'utilisant en entrée que les seules données de l'altimétrie satellitale.

La campagne s'est déroulée, pour sa partie intensive, en juillet-août 1988, dans un secteur de 50 milles de rayon, centré approximativement à l'intersection du parallèle de Galway et du méridien de Reykjavik, par fonds plats de 4 000 m environ. Les opérations à la mer ont été effectuées par le BO *D'Entrecasteaux*, en deux sorties de 18 jours environ.

Lors de la première phase, les opérations suivantes ont été effectuées :

- . quatre mouillages courantométriques, trois aux sommets d'un triangle de 70 milles de côté environ, le quatrième étant placé au centre, chacun d'eux supportant de 4 à 5 courantomètres, répartis entre 200 m et 3 000 m sous la surface océanique ;
- . mouillage de deux MARISONDE GT, fournies par le CMM⁹⁸ ;
- . réseau de 50 stations d'hydrologie par bathysonde et XBT T5.

Ces observations étaient destinées à établir la situation initiale pour le calage des modèles. Afin d'orienter au mieux les opérations à la mer, les systèmes de traitement des données d'hydrologie avaient été adaptés afin de transférer les mesures des systèmes d'acquisition



Une MARISONDE GT en fin de relevage sur le BO *D'Entrecasteaux*.

(sur calculateur Hewlett Packard HP 9816) aux stations de travail embarquées. Les logiciels implantés sur ces dernières ont fourni divers tracés, dont l'interprétation devait permettre, en retour, l'adaptation du schéma de mesure à la réalité terrain.

Lors de la seconde phase, les opérations suivantes ont été effectuées :

- . relevage des quatre mouillages courantométriques ;
- . mouillage d'une ligne courantométrique, de composition semblable aux quatre précédentes, pour une durée de 8 à 10 mois ;
- . relevage des deux MARISONDE GT ;
- . réseau de 50 stations d'hydrologie par bathysonde et XBT T5, réparties principalement à la frontière du domaine d'étude, afin de contraindre les modèles dans les meilleures conditions et de vérifier leurs résultats par analyse et interpolation objectives des mesures.

La campagne s'est achevée en avril 1989, par le relevage du dernier mouillage, après une tentative infructueuse, au moyen d'un BSHM (remplaçant les gabares de haute mer qui avaient été désarmées).

2.2 Les campagnes SEMAPHORE

Suite logique de la campagne ATHENA 88 et des développements effectués à partir des données collectées, les campagnes SEMAPHORE (1993, 1994 et 1995) avaient été précédées par une première expérience dans le courant de l'été 1992, qui constituait la participation du SHOM à la campagne SOFIA/ASTEX de l'INSU/CRPE⁹⁹.

(97) MARISONDE GT : SONDE MARine ; G : Géostrophique : mesure du vent ; T : mesure de la Température. Ces bouées sont appareillées en mouillage de type METOC.

(98) CMM : Centre de Météorologie Marine.

(99) Campagne SOFIA/ASTEX de l'INSU/CRPE :

SOFIA : Surface de l'Océan, Flux et Interactions avec l'Atmosphère ;

ASTEX : Atlantic STRatocomulus EXperiment ;

INSU : Institut National des Sciences de l'Univers ;

CRPE : Centre de Recherche de la Physique de l'Exosphère.

Cette participation, qui eut lieu en juin et juillet 1992, comprenait deux phases : la première destinée à mouiller 5 MARISONDE GT du CMM, selon une radiale nord/sud de part et d'autre du front des Açores, et à effectuer des sondages XBT T5 ; la seconde destinée à relever ces bouées en effectuant une seconde radiale XBT T5, parallèle à la première. Les résultats de cette campagne ont facilité la préparation des campagnes SEMAPHORE en fournissant des indications sur la structure du front des Açores.

Les principaux organismes ayant participé à SEMAPHORE sont les suivants : l'INSU/CRPE, le CMM et Météo-France. La WHOI¹⁰⁰ y a également participé en plaçant des flotteurs type RAFOS dans des tourbillons d'eau méditerranéenne repérés lors des mesures hydrologiques.

La zone d'étude intensive était un rectangle de 250 milles de côté environ, situé au sud-est des Açores, dans le bassin des Canaries. L'objectif principal de la campagne était l'évaluation des prévisions de SOAP-93 d'un point de vue dynamique et acoustique.

Les mesures réalisées ont été les suivantes :

- . réseau d'hydrologie de 80 stations, alternativement par bathysonde et par XBT T5, aux noeuds d'un maillage régulier recouvrant la zone d'étude ;
- . mouillage de 3 sources acoustiques, type SOFAR, immergées à 1 500 m, placées à l'extérieur de la zone de travail, aux sommets d'un triangle équilatéral de 300 milles de côté approximativement ;
- . 4 mouillages courantométriques comportant des appareils répartis entre 200 m et 3 000 m sous la surface ;
- . un mouillage type METOC¹⁰¹ au centre de la zone de travail ;
- . mise en œuvre de 29 MARIDONDES GT, 52 flotteurs type RAFOS (dont 6 de la WHOI) et 4 flotteurs VCM¹⁰².



Une MARISONDE en cours de mise à l'eau sur le pont milieu du BO *D'Entrecasteaux*.

La campagne de 1993 a comporté trois phases principales réparties entre mi-juin et novembre, qui ont vu l'intervention des bâtiments suivants : BSHM *Alcyon* et

Ailette, BH2 *Lapérouse* et BO *D'Entrecasteaux* du SHOM, NO *Le Suroît* de l'IFREMER, ainsi que NO *l'Alliance* du SACLANTCEN¹⁰³.

En juin et juillet 1994, une sortie avec un BSHM permit de relever les mouillages courantométriques, puis en août et septembre de la même année, une intervention du BO *D'Entrecasteaux* fut organisée afin d'effectuer une dernière reconnaissance hydrologique de la zone de mesures intensives de SEMAPHORE et de procéder aux premiers essais à la mer du SEA SOAR. En février et mars 1995, une dernière phase permit à un BSHM de relever les mouillages des trois sources acoustiques.

3. LA VEINE D'EAU MÉDITERRANÉENNE ET LES MEDDIES

Les campagnes **SEMANE** ont permis de commencer l'étude de l'extension de la veine d'eau méditerranéenne en Atlantique nord et des phénomènes à méso-échelle associés au bord est des océans (meddies).

Ces campagnes font suite aux campagnes d'opportunité Radiales et HYDROMETHANE effectuées en 1993 et au début de 1994, au large de la péninsule ibérique, pour explorer la zone d'extension de l'eau méditerranéenne.

La campagne SEMANE 95 a eu lieu du golfe de Cadix jusqu'à la hauteur de Lisbonne, le long du talus continental de la péninsule ibérique. Elle a été réalisée par le BO *D'Entrecasteaux* de la fin septembre au début du mois de novembre 1995. Les observations étaient essentiellement effectuées lors de stations d'hydrologie par bathysonde, XBT T5, XCTD et LAD (environ 170 au total). De plus des bouées dérivantes type SURDRIF ont été mises en œuvre pour mesurer les courants en complément des observations LAD. Ces bouées avaient des ancres à des immersions variant entre 500 m (ouvert du détroit de Gibraltar) et 1 300 m (golfe de Cadix). Les objectifs étaient également le suivi des eaux méditerranéennes le long du talus continental ibérique et l'étude de leur instabilité sur des canyons sous-marins, conduisant à la formation de filaments et tourbillons.

La campagne SEMANE 97 a été réalisée à bord du BH2 *Lapérouse* à l'ouest du Portugal, entre le plateau du Tage et le canyon de Portimao. Les objectifs de cette campagne étaient similaires à ceux de SEMANE 95 avec un accent plus marqué sur l'étude des précurseurs de la formation des meddies (méandres sur les veines d'eau méditerranéenne) tout au long du talus et plus particulièrement au voisinage des canyons. De plus un meddy, précédemment marqué en surface par plusieurs bouées SURDRIF mouillées à l'occasion des campagnes ARCANÉ, a pu être étudié en détail. Les moyens mis en œuvre étaient les équipements LAD, bathysonde, XBT T5, XCTD, bouées SURDRIF droguées à des immersions variant, selon les flotteurs, entre 900 m et 1 300 m, flotteurs type RAFOS immergés dans le meddy, afin d'en suivre l'évolution spatio-temporelle.

(100) WHOI : Woods Hole Oceanographic Institution.

(101) Mouillage type METOC : mouillage type X25 avec en remorque une bouée supportant une ligne de thermistances et de courantomètres à rotor.

(102) VCM : Vertical Current Meter.

(103) SACLANTCEN : Supreme Allied Commander atLANTic under sea research CENTER.

4. LA CIRCULATION MÉSO-ÉCHELLE EN ATLANTIQUE NORD-EST

Les campagnes correspondant à l'action de recherche **ARCANE** ont débuté en 1996 et doivent se poursuivre jusqu'en 2000.

On rappelle que cette action de recherche plurianuelle a pour objectif l'étude :

- . de la circulation océanique en bordure est de l'Atlantique nord ;
- . des relations entre cette circulation et celle des eaux sur les plateaux continentaux dans cette zone ;
- . de la génération de sweddies, à l'ouest de la péninsule ibérique et dans le golfe de Gascogne ;
- . de l'influence des meddies, et plus généralement de l'eau méditerranéenne, sur les échanges (quantité de mouvement, de masse, de chaleur, de sel) entre la plaine abyssale, le talus continental et le plateau continental.

Le BO *D'Entrecasteaux*, le BH2 *Lapérouse* et le BSHM *Alcyon* ont participé à la campagne de fin août à début octobre 1996. En novembre, le NO *Thalassa* de l'IFREMER a poursuivi les opérations avec le BSHM *Ailette* et le BH2 *Lapérouse*. Les opérations réalisées méritent d'être détaillées pour montrer l'ampleur du matériel déployé :

- . avec le BO *D'Entrecasteaux* :
 - . mouillage de 41 Marvor de l'IFREMER ;
 - . réseau de stations d'hydrologie par bathysonde Sea-Bird SBE911+ et tirs XBT/XCTD ;
 - . radiales ADCP de coque ;
 - . mouillage de 6 bouées MARISONDE et SVP¹⁰⁴ du CMM ;
- . avec le BH2 *Lapérouse* :
 - . radiales bathythermiques à l'aide de sondes perdables XBT/XCTD ;
 - . mouillage de 16 flotteurs de type RAFOS ;
 - . mouillage de 8 bouées de type SURDRIF ;
 - . radiales bathythermiques à l'aide de sondes perdables XBT/XCTD ;
 - . mouillage d'un flotteur SVP expérimental à l'ouvert du golfe de Gascogne ;
 - . stations LAD en radiales et sur les points de mouillages des flotteurs lagrangiens ;
- . avec le BSHM *Alcyon* :
 - . mouillage de 6 sources acoustiques ;
 - . relevage de 2 bouées MARISONDES du CMM ;
- . avec le NO *Thalassa* :
 - . mouillage de 6 lignes courantométriques ;
 - . mouillage de 3 flotteurs RAFOS, 5 flotteurs SURDRIF et 12 flotteurs Marvor ;
 - . stations d'hydrologie LAD¹⁰⁵ et bathysonde.
 - . sondages XBT/XCTD ;
- . avec le BSHM *Ailette* :
 - . mouillage d'une source acoustique ;
 - . relevage d'une bouée MARISONDE GT ;
 - . mouillage d'un ADCP à l'ouest Portugal à la hauteur de VIGO ;
 - . relevage de 6 sources acoustiques 780 Hz ;

. radiales SEA SOAR dans le bassin est de la mer d'Alboran (30 heures).

En 1997, les interventions réalisées portent sur :

. le renouvellement des flotteurs de type RAFOS monocycle et des flotteurs SURDRIF, selon le rythme prévu ;

. les observations d'hydrologie (bathysonde, LAD, XBT et XCTD) lors des diverses sorties, en fonction des opportunités de phénomènes mis en évidence par les flotteurs lagrangiens (principalement les flotteurs SURDRIF).

Globalement, cette campagne a demandé en 1996 un potentiel de 75 jours de BSHM, de 60 jours du BO *D'Entrecasteaux*, 24 jours du BH2 *Lapérouse* et 24 jours du NO *Thalassa*.

5. LA MODÉLISATION EN HYDRODYNAMIQUE CÔTIÈRE

On rappelle que les modèles d'hydrodynamique côtière, développés par l'IFREMER pour le golfe de Gascogne, demandent à être calibrés et validés par des mesures in situ. Les campagnes MODYCOT (1997 et 1998) constituent l'apport du service dans cette coopération. Elles doivent comporter des observations de longue durée par profileur de courant, des lâchers de flotteurs de surface, des mesures hydrologiques et chimiques.

Initialement prévues exclusivement avec le support des bâtiments de l'École Navale, les campagnes MODYCOT 97 furent en fait effectuées par le BO *D'Entrecasteaux* et le BH2 *Lapérouse* à l'occasion de deux sorties au cours desquelles diverses opérations avaient été regroupées : l'une en juin, l'autre en décembre 1997. Il s'agissait, à titre exploratoire, d'effectuer un réseau d'hydrologie par bathysonde au sud de la Bretagne et de maintenir à la mer un réseau de 3 bouées dérivantes type SURDRIF pendant une partie de l'année.

6. LA PROPAGATION ACOUSTIQUE SOUS-MARINE

Les campagnes TBF 82, PROPA 86 et Proud Runner 88 ont porté sur la propagation acoustique sous-marine par grands fonds, tandis que INTIMATE 96, EVA 96 et 97 ont été consacrées à la propagation par petits fonds.

6.1. Les campagnes TBF 82, PROPA 86 et Proud Runner 88

Effectuée au profit du service technique des constructions navales, la première de ces campagnes était destinée à l'étude de la propagation acoustique pour les très basses fréquences (TBF) et a été conduite

(104) SVP : Surface Velocity Pressure.

(105) LAD : Lowered Acoustic Doppler.

en 1982 sur le BO *D'Entrecasteaux* par le laboratoire d'acoustique du Brusc.

Faisant suite à la précédente, PROPA 86 a permis au même laboratoire, qui l'a conduite et effectuée à son profit sur le BO *D'Entrecasteaux*, de poursuivre l'étude de la propagation acoustique pour les très basses fréquences, à l'est et au nord de Madère. Un navire néerlandais, le *Tydeman* et un navire britannique, le *Saint Margaret* participaient à cette campagne dans le cadre d'une coopération tripartite.

Dans le prolongement des deux premières, Proud Runner 88 a marqué un tournant dans la conception des campagnes d'océanographie acoustique puisque, avec l'amélioration des techniques :

- . de mesures acoustiques sous bouées ;
- . de télétransmission vers un bâtiment ou un centre à terre via ARGOS ;
- . de mise en œuvre d'hydrophones depuis un bâtiment en dérive contrôlée ;

la capacité « mouillage par grands fonds » du BO *D'Entrecasteaux* ne sera plus utilisée et le débarquement du matériel correspondant décidé. Cette campagne a en outre permis au GERDSM, de poursuivre l'étude de la propagation acoustique pour les très basses fréquences et au cours de la campagne, dix bâtiments furent déployés entre la Norvège et le Groenland.

6.2 Les campagnes INTIMATE

La campagne réalisée en juin 1996, la première du genre entreprise par le SHOM, visait à étudier les conditions de propagation acoustique par petits fonds. Elle s'est déroulée sur le plateau continental au large de Lisbonne, pendant 3 semaines, à partir du BO *D'Entrecasteaux* et en étroite collaboration avec l'institut hydrographique du Portugal qui mit en œuvre le bâtiment portugais *Andromeda*.

Les opérations menées à bord ont été les suivantes :

- . mouillage d'un ADCP autonome, fonctionnant à 150 kHz ;
- . mouillage de 2 chaînes de thermistances ;
- . réseau de stations bathysondes Sea-Bird SBE 911+ et tirs XBT/XCTD ;
- . radiales ADCP de coque ;
- . réseau de radiales et points fixes à l'aide d'une source acoustique remorquée et d'une antenne verticale de réception, mouillée par le bâtiment portugais *Andromeda* ;
- . levés bathymétriques et mesures géophysiques ;
- . carottages.

Certaines données ont été traitées (données hydrologiques, mesures des chaînes de thermistances, données acoustiques correspondant à la source acoustique remorquée), celles de l'ADCP autonome mouillé et de l'ADCP de coque sont encore en cours de traitement. Ces mesures sont en cours d'exploitation au SHOM, à l'université d'Algarve et au New Jersey Institute of Technology et tous les résultats de la campagne ne sont pas encore disponibles.

On rappelle que la campagne INTIMATE 96 devrait être suivie des campagnes INTIMATE 98 et PRECOCE 98.

6.3 Les campagnes EVA 96 et 97

La première phase de ces campagnes qui visaient à mesurer l'impact acoustique des bancs de poissons a été menée en collaboration avec le GESMA à bord du BSHM *Alcyon* et avec la participation du *Gwen Drez* (IFREMER) et du *Langevin*, en août 96, sur la zone ZOE. Elle faisait suite aux campagnes de mesures bathymétriques et hydrologiques réalisées par le SHOM sur cette zone. Elle a mobilisé les divers bâtiments pour une période de 3 semaines environ et la participation du SHOM s'est limitée à la fourniture de temps bateau et des données d'environnement météo-océanographique.

La seconde phase s'est déroulée dans les mêmes conditions au profit du GESMA avec le BO *D'Entrecasteaux*, pendant 10 jours en octobre 1997. Les données sont encore en cours de dépouillement.

7 LES EXPÉRIMENTATIONS TECHNOLOGIQUES

7.1 La campagne COURIR 84

On rappelle que cette campagne fut organisée pour évaluer les capacités d'un profileur à effet Doppler autonome, ancré sur le fond, développé par Thomson Sintra sous l'impulsion de l'IFREMER. Cette campagne eut lieu au début de l'été 1984, sur le plateau continental, par fonds moyens de 150 m environ.

Le schéma de mesures était le suivant :

- . un carré de 800 m de côté, défini par quatre mouillages courantométriques de subsurface, comportant chacun quatre appareils répartis entre 30 m sous la surface et 30 m du fond ;
- . un mouillage Doppler au centre du carré, les faces parlantes de l'appareil regardant vers la surface et se trouvant à 15 m du fond environ.

Les bâtiments concernés étaient le *Thalia* et le *Cryos*, de l'IFREMER, et un remorqueur de haute mer (RHM). Ces trois bâtiments se sont relayés sur zone pendant trois semaines environ, afin d'assurer d'une part, la maintenance du profileur Doppler (autonomie de quelques jours seulement) et d'autre part, la surveillance des mouillages (risques de chalutage). Pendant leur présence sur zone, les bâtiments effectuaient, en plus des interventions sur le profileur, des sondages XBT T7 ou des stations d'hydrologie, avec une périodicité de 30 minutes.

Les résultats furent très décevants en ce qui concerne le profileur, qui s'est révélé inexploitable, mais passionnants en ce qui concerne aussi bien les mesures courantométriques que les mesures hydrologiques : l'onde de marée interne, qui avait été mal décrite durant l'expérience ENVAT 81, du fait d'un échantillonnage non optimal des mesures (périodicité trop grande), fut cette fois remarquablement observée.

7.2. La campagne GASTOM 90

On rappelle que la campagne GASTOM 90 était destinée à montrer la faisabilité de l'étude descriptive de

l'hydrodynamique d'une large zone océanique, à l'aide d'une technologie de mesure nouvelle, développée aux États-Unis, la tomographie acoustique océanique.

La campagne, réalisée par le SHOM avec le concours de l'IFREMER, visait à mettre en oeuvre un réseau d'ERATO dans le golfe de Gascogne, afin de décrire l'hydrodynamique du secteur en général et, en particulier, des trois masses d'eau principales en présence : l'eau centrale nord-Atlantique, l'eau méditerranéenne et l'eau profonde.

La réseau comprenait 6 ERATO, dont 5 disposés aux sommets d'un pentagone régulier de 70 milles de côté environ, le dernier étant mouillé au centre. Les mouillages étaient des mouillages de subsurface, les appareils étant à une immersion moyenne de 400 m. Autour de chacun de ces mouillages, un réseau de 3 balises acoustiques de télémétrie perdables était disposé sur le fond selon un triangle de 1 à 2 milles de côté, afin de connaître a posteriori les déplacements des ERATO situés pratiquement en tête de ligne (par fond moyen de 4 500 m, chaque ERATO se trouvait à environ 4 100 m du fond, avec un rayon d'évitement de l'ordre de 800 m). La disposition du pentagone de mesure était telle qu'une de ses diagonales était grossièrement perpendiculaire au talus continental. Cette diagonale était complétée par un mouillage METOC au nord-est et par un mouillage courantométrique de subsurface à son sud-ouest. De plus, les 3 mouillages ERATO de cette diagonale étaient complétés par une chaîne de thermistances de 400 m de long (11 capteurs de température) entre 800 m et 1 200 m, ainsi que par des courantomètres à 1 500 m, 2 000 m et 3 000 m.

Les différentes phases de cette campagne ont été les suivantes :

- . une première phase consacrée à l'hydrologie, effectuée par l'IOS¹⁰⁶ de Wormley à bord du *Discovery* en mars-avril 1990 ;

- . une seconde phase de mise en place des mouillages effectuée par le BO *D'Entrecasteaux* en mai-juin 1990, complétée par un réseau de sondages XBT (espacement spatial de l'ordre de 20 milles) effectués le long des côtés et des diagonales du pentagone par un BSHM ;

- . une troisième phase de mesures hydrologiques intensives, effectuée par le BH1 *L'Espérance* en juillet 1990 (stations d'hydrologie par bathysonde et par sondes XBT T5 alternées) aux noeuds d'un maillage rectangulaire de 20 à 30 milles de côté couvrant l'ensemble du golfe de Gascogne et comportant des observations au point fixe (durée soit 15 h, soit 25 h) au voisinage des mouillages ERATO de la diagonale principale du pentagone ;

- . une quatrième phase de mesures hydrologiques intensives effectuée par le BO *D'Entrecasteaux* en septembre et octobre de la même année, selon une stratégie de mesure semblable à celle mise en oeuvre par le BH1 *L'Espérance*, et s'achevant par le relevage de l'ensemble des mouillages.

Malgré les efforts déployés lors de l'exploitation de ces données, les résultats de l'inversion des mesures

n'ont pas été à la hauteur des espérances. Quoi qu'il en soit, cette première expérience de tomographie acoustique a permis aux équipes françaises d'une part, de dominer cette technologie de mesure nouvelle et d'autre part, de montrer son intérêt pour l'étude des phénomènes océaniques.



Le pont milieu du BO *D'Entrecasteaux* pendant les opérations de mise à l'eau des ERATO lors de la campagne GASTOM 90.

7.3 La campagne INTERAFOS 95

On rappelle que cette campagne fut décidée rapidement, suite aux dysfonctionnements des flotteurs type RAFOS utilisés lors de la campagne SEMAPHORE. Elle fut organisée à l'ouest de la péninsule ibérique pour étayer le choix des équipements à utiliser lors des campagnes ARCANÉ. Vingt-quatre flotteurs type RAFOS, fournis par quatre industriels ou importateurs, et cinq sources acoustiques devaient être mis en oeuvre.

La campagne fut réalisée en trois phases, avec le concours des BSHM pour les mouillages et relevages divers, ainsi que quelques sondages XBT T5 ou XCTD et par le BH2 *Lapérouse* pour des observations hydrologiques (stations bathysonde, XBT T5, XCTD et stations LAD) et par le BO *D'Entrecasteaux* pour le relevage des sources acoustiques :

- . une première phase eut lieu en juillet 1995, pour une reconnaissance hydrologique et la mise en place des sources acoustiques et le mouillage des flotteurs RAFOS (durée de missions de l'ordre de six mois pour une moitié des flotteurs et trois mois pour l'autre ; trois immersions de consigne 500 m, 1 000 m et 1 500 m) ;

- . une seconde phase eut lieu en octobre pour un complément d'hydrologie et le relevage des flotteurs ayant une durée de mission de trois mois ;

- . la troisième phase eut lieu en février 1996, pour le relevage des derniers flotteurs RAFOS et des sources acoustiques.

(106) IOS : Institut of Oceanographic Sciences (Royaume-Uni).

RÉFÉRENCES

- COVILLAULT P. - Histoire du service hydrographique de la marine et des ingénieurs hydrographes (de 1914 à 1970). Publication interne SHOM, 1979.
- ORTAIS J. - Mission hydrographique de dragage des côtes de France et d'Afrique du nord (décembre 1958 - juin 1960). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 12, 1963-64, p. 105 à 154.
- DEMERLIAC A. - Mission hydrographique de dragage (mars 1965 - septembre 1966). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 14, 1967-68, p. 265 à 294.
- BONNOT J.-F. - Mission hydrographique de dragage (février 1972 - août 1972) et Mission océanographique de Méditerranée (août 1972 - novembre 1975). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 6, fasc. 3, 1978, n° 750, p. 79 à 183.
- BOULARD M. - Mission océanographique de l'Atlantique (13 décembre 1980 - 13 juin 1982). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 17, 1991, n°764, p. 57 à 114.
- DEMERLIAC A. - Rapport sur les travaux géodésiques effectués par le service hydrographique et océanographique de la marine de 1920 à 1984. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 16, 1989, n° 763, p. 55 à 122.
- CHIMOT J.-M. et DUPUY P.-Y. - Évaluation du sondeur latéral numérique Edgerton 260. Rapport d'étude n° 7/90 SHOM, 1990.
- COMOLET-TIRMAN A. - Mission océanographique de l'Atlantique (avril 1971 - octobre 1972). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 4, fasc. 1, 1976, n° 743, p. 85 à 180.
- SCHRUMPF B. - Recherche des épaves au magnétomètre, Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 8, fasc. 2, 1980, n°755, p. 5 à 11.
- BOURGOIN J. (en collaboration) - Rapport du groupe de travail 415 : détection des anomalies de profondeur. Présenté au 16^e congrès de la fédération internationale des géomètres, Montreux - Suisse, août 1981, p. 143 à 163.
- CHIMOT J.-M. - Etude de la doctrine d'emploi du sonar d'exploration hydrographique marine (SEHM). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 18, 1992, n° 765 p. 33 à 64.
- KERLEGUER L. - Evaluation et procédures d'exploitation du sondeur multifaisceaux Lennermor. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 19, 1993, n° 766, p. 37 à 49.
- TONCHIA H. , BISQUAY H. et MOUSCARDÈS P. - Contrôle et évaluation de la qualité des levés multifaisceaux et exploitation cartographique au SHOM. Proceedings of Canadian Hydrographic Conference, juin 1996, Multibeam Survey Systems, p. 16 à 24.
- TONCHIA H. - Evaluation d'un sondeur multifaisceaux grands fonds pour les levés hydrographiques. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 20, 1996, n° 767, p. 45 à 57.
- SIMON B. - Rapport d'étude n°9/86 « les marégraphes ». Publication interne SHOM, 1986.
- EYRIÈS M. - Mission hydrographique de dragage (novembre 1961 - mars 1963). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 14, 1967-68, p. 49 à 80.
- PIERETTI L. - Mission hydrographique de dragage (septembre 1969 - février 1972). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 5, fasc. 2, 1977, n° 747, p. 65 à 107.
- LE QUENTREC-LALANCETTE M.-F. - Environnement géophysique marin : implications opérationnelles. Revue scientifique et technique de la défense, n° 28, 1995, p. 155 à 160.
- ANTHOINE R. - Détermination de l'intensité de la pesanteur en mer. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 19, 1947, p. 189 à 209.
- COMOLET-TIRMAN A. - Rapport sur l'étude du gravimètre marin Askania GSS 2, n° 15 (mai 1965). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 14, 1967-68, p. 297 à 388.

SCHRUMPF B. - Mission océanographique de l'Atlantique (octobre 1972 - octobre 1974). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 6, fasc. 2, 1978, n° 749, p. 29 à 86.

GARLAN T. - Caractérisation des fonds et des sédiments sous-jacents du plateau continental au domaine océanique. Revue scientifique et technique de la défense, n° 28, 1995, p. 169 à 172.

RIBET M. - Bureau d'études océanographiques (juillet 1966 - juillet 1969). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 18, 1972, p. 1 à 40.

STEPHAN Y. et EVENNOU F. - Exploitation des données de tomographie acoustique des océans. Revue scientifique et technique de la défense, n° 28, 1995, p. 119 à 127.

THONET H. et DUORTE E. - Traitements d'images satellitaires pour l'océanographie militaire. Revue scientifique et technique de la défense, n° 28, 1995, p. 129 à 142.

ANONYME - Le navire hydrographe français « *Amiral Mouchez* ». Revue hydrographique internationale, vol. XVI, n° 2, 1939, p. 15 et 16.

CHARTIER B. - Mission hydrographique de Polynésie française (mai 1968 - janvier 1969). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 16, 1970, p. 173 à 231.

CHIMOT J.-M. - Les bâtiments hydrographiques de 2^e classe (BH2) type « *Lapérouse* ». Revue hydrographique internationale, Vol. LXVI, n° 1, 1989, p. 27 à 44.

EVEN M. - Bilan de l'évaluation des possibilités de la photobathymétrie. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 21, 1997, n° 768, p. 107 à 112.

VICARIOT J. - Bureau d'études océanographiques (1^{er} août 1969 - 15 décembre 1971). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 7, fasc. 2, 1979, n° 752, p. 49 à 92.

GUYON J.-C. - Mission hydrographique de l'Atlantique (29 février 1980 - 30 avril 1983). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 13, 1985, n° 760, p. 41 à 238.

PICHEVIN T. - Les veines d'eau méditerranéenne dans l'Atlantique et la formation des meddies. Revue scientifique et technique de la défense, n° 28, 1995, p. 91 à 97.

ÉVOLUTIONS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES DU SERVICE HYDROGRAPHIQUE

Michel LE GOUIC

Ingénieur en chef de l'armement

Établissement principal du service hydrographique et océanographique de la marine

PRÉAMBULE

L'hydrographie n'est pas une science, mais c'est un domaine technique qui fait appel à bon nombre de disciplines scientifiques. Pour la mener à bien, il est essentiel de garantir à ses bénéficiaires une qualité de connaissance supérieure à celle que ces bénéficiaires peuvent eux-mêmes atteindre avec les moyens dont ils disposent. De ce fait l'hydrographe a toujours été amené à considérer une amélioration continue de ses méthodes et de ses moyens afin de conserver la maîtrise de la satisfaction des besoins des usagers de la mer et si

possible d'anticiper ces besoins. Pour ce faire il a largement contribué aux développements scientifiques liés à la connaissance de l'océan que ce soit en matière d'instrumentation, de compréhension ou de modélisation. Le présent article essaie de retracer à travers les publications des ingénieurs du service hydrographique, en particulier dans les annales hydrographiques, 150 années d'évolutions et parfois de révolution.

INTRODUCTION

A chaque époque, quelle que soit sa taille ou son appellation, le service hydrographique a toujours apporté sa contribution à l'étude et à la solution des problèmes que soulevait l'application des progrès scientifiques et techniques au perfectionnement des méthodes et des outils nécessaires à l'exécution de ses missions. La formation scientifique de haut niveau de ses ingénieurs explique en partie cette propension à conduire ce qu'on appelle désormais la R&D. Une autre explication a été avancée par Rollet de L'Isle¹, dans son étude historique des ingénieurs hydrographes [1950], et qui reste pertinente aujourd'hui :

« Une observation générale doit être faite tout d'abord. L'historique des missions [des ingénieurs hydrographes] a montré que, dans la majorité des cas, [...] les moyens mis à la disposition des ingénieurs ont été ceux qu'il était strictement nécessaire de leur donner, et qu'ils ne leur ont été donnés que pendant un temps également très strictement mesuré.

Il en résulte que ces ingénieurs ont dû suppléer d'abord par une grande activité, ensuite par des procédés d'une utilisation rapide et simple aux facilités qu'ils n'avaient pas. »

Cette activité scientifique s'est appliquée dans les travaux de collecte et de gestion des données hydrographiques et océanographiques, dans l'apprentissage de l'expertise nécessaire pour transformer ces données en produits adaptés aux besoins multiples des « clients » du service, dans la définition et la réalisation de ces produits. Comme nous le verrons le sens de l'innovation et l'ingéniosité l'ont disputé à l'analyse abstraite des problèmes, et bien que plusieurs ingénieurs hydrographes aient conduit des recherches remarquées par l'Académie des sciences², ce sont les considérations pratiques qui ont guidé la réflexion scientifique.

(1) Le nom des personnes citées est souligné lorsqu'il s'agit d'« ingénieurs hydrographes », c'est-à-dire d'ingénieurs hydrographes de la marine puis d'ingénieurs de l'armement ou des études et techniques d'armement exerçant désormais les mêmes responsabilités que les premiers au sein du service hydrographique.

(2) Ingénieurs hydrographes membres de l'Académie des sciences : Buache (1785), Beautemps-Beaupré (1810), Daussy (1855), Dortet de Tissan (1861), Bouquet de la Grye (1884), Hatt (1897), Favé (1918), Cot (1946), Gougenheim (1962) et Lacombe (1975).

La détermination des profondeurs est l'opération fondamentale en hydrographie. Elle consiste à effectuer une mesure de la hauteur d'eau en un point de coordonnées déterminées, à corriger cette hauteur des déformations instrumentales ou opératoires, à rapporter l'information obtenue à une altitude conventionnelle pour tenir compte des variations périodiques de hauteur de la surface de la mer, enfin à interpréter cette mesure en termes morphologiques afin d'orienter la stratégie de mesure lors du levé hydrographique (recherche de roche). La détermination des hauteurs d'eau qui permettront ultérieurement de définir les conditions d'une navigation sûre, conduit à la mise en oeuvre de diverses techniques ou sciences telles que la géodésie terrestre, le positionnement en mer, l'étude des marées, l'hydrologie ou les techniques de sondage. Dans chacun de ces domaines, comme dans les domaines connexes nécessaires à la sécurité de navigation (sédimentologie, magnétisme) ou à la satisfaction des besoins militaires (gravimétrie, océanographie physique), l'implication

scientifique des hydrographes fut toujours importante, aussi bien pour apporter des solutions novatrices, que pour profiter très rapidement des progrès technologiques acquis par ailleurs.

Les progrès scientifiques et technologiques ont conduit à accélérer certaines opérations, à apporter plus de précision et surtout plus de sûreté dans la détection des structures sous-marines, mais au prix d'un recueil de données de plus en plus important et d'une sophistication parfois difficile à maîtriser.

Le présent article n'a pas pour ambition d'être une monographie sur les activités d'études menées au service hydrographique depuis 150 ans. Il propose un voyage au travers des disciplines que les ingénieurs hydrographes ont à considérer en s'appuyant chaque fois que possible sur les comptes rendus de ces ingénieurs publiés dans les annales hydrographiques.

LA GÉODÉSIE TERRESTRE

Dans son rapport sur les travaux géodésiques effectués par le service hydrographique de la marine Fichot [1921] cernait parfaitement et de façon toujours actuelle, l'apport des ingénieurs hydrographes à la connaissance géodésique :

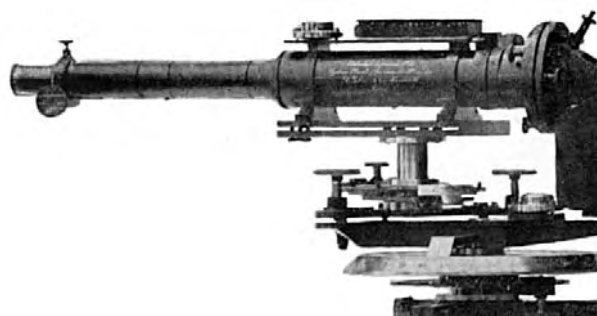
« Les opérations (géodésiques) ont été conçues et exécutées, non pas en vue d'un résultat intéressant directement la géodésie proprement dite, mais avant tout pour servir de base solide aux sondages qui constituent l'essentiel de toute mission hydrographique. Par suite il n'a pas été possible de leur consacrer un temps disproportionné au but principal à atteindre et leur exécution a nécessairement dépendu d'un compromis perpétuel entre le souci d'obtenir le maximum de précision possible et le temps restreint ainsi que les moyens limités dont disposaient les ingénieurs. »

Une opération indispensable dans l'établissement de tout réseau géodésique consiste à déterminer la position géographique de l'un des points de ce réseau.

Pour ce faire, les ingénieurs hydrographes se sont d'abord servis du théodolite et des chronomètres. Puis de 1850 à 1901, ils employèrent le cercle méridien portatif construit selon les indications du service hydrographique, avant que Claude et Driencourt fissent construire en 1901 le premier astrolabe à prisme. L'astrolabe à prisme qui permet de déterminer de façon commode simultanément la latitude et l'heure du lieu par la méthode des hauteurs égales dont le principe est dû à Gauss, restera en usage, avec divers perfectionnements, jusqu'en 1970, avant que les systèmes satellitaires Transit (1970) puis GPS (1985) et DORIS (1994) permettent la détermination précise des positions dans un système géodésique mondial.



« Cercle méridien portatif du service hydrographique »



« Astrolabe à prisme Claude - Driencourt »

En ce qui concerne les longitudes, les chronomètres furent longtemps seuls utilisés. Le problème principal de leur utilisation est d'en déterminer la marche : nombreux furent les ingénieurs hydrographes qui étudièrent cette importante question. Citons Lieussou [1853] qui dans un mémoire montra que la marche des chronomètres était une fonction bien définie du temps et de la température, Caspari auteur de nombreuses communications à l'Académie des sciences entre 1875 et 1913 relatives à la mécanique des chronomètres, ou Favé qui proposa à la conférence internationale de l'heure en 1912 une méthode originale et pratique d'emploi pour interpoler les dérives entre les époques de détermination de leurs états. Après la première guerre mondiale, l'astrolabe fut employé de façon combinée avec la réception des signaux horaires³.

Une fois le réseau calé, son orientation fut longtemps déterminée par une troisième mesure, une visée au théodolite sur les étoiles. Ce n'est qu'en 1951, qu'une détermination simultanée de la position, d'un azimut et du temps sidéral local fut établie par Gougenheim [1951], qui résolut par la méthode dite des droites d'azimut les équations de la trigonométrie sphérique.

L'échelle du réseau géodésique est enfin fixée par la mesure de la distance séparant deux points du réseau : la base. Cette mesure fut longtemps difficile en raison des moyens d'observation disponibles. En 1837 Chazallon publiait dans les annales maritimes et coloniales les différentes méthodes de mesure indirecte d'une base : homothétie par rapport à une longueur connue, utilisation de la vitesse du son dans l'air (méthode employée en particulier par Bouquet de la Grye [1859] pour déterminer la position du plateau de Rochebonne) ou parallaxe astronomique (méthode qui sera facilitée au 20^e siècle avec l'invention de l'astrolabe à prisme).

Les mesures directes furent longtemps très longues et difficiles. Elles consistaient à transporter de proche en proche un ruban étalonné. Hanusse (1883), Favé (1891) et Driencourt (1891) perfectionnèrent les dispositions et précautions opératoires, notamment en recourant à des bancs de charpente que l'on pouvait niveler et sur

(3) Dès 1885 de Sugny et Garnier [1886] avaient utilisé une liaison télégraphique pour déterminer la différence de longitude entre Dakar et la station de La Praya.

lesquels glissait le ruban d'acier, et en appliquant diverses corrections liées à la température. Au début du 20^e siècle, des dispositifs à fils invar soumis à une tension constante (procédé du géodésien suédois Jäderin) permirent d'améliorer considérablement la précision.

Mais les vrais progrès, à la fois en vitesse de réalisation et en exactitude, n'apparurent qu'après la deuxième guerre mondiale avec l'arrivée, en 1958, dans les missions hydrographiques, de distancemètres, géodimètre au Gabon [Bourgoin, 1959-60] et telluromètre à Madagascar [Roubertou, 1959-60].



« Telluromètre MRA2, Côte d'Ivoire 1964 »

Ces appareils permirent également de faciliter l'ensemble des opérations géodésiques. Jusqu'à leur apparition, on ne pouvait pratiquement mesurer que des angles soit par visée directe depuis un point de coordonnées connues, soit par visée indirecte sur des points de position connue, le théodolite étant stationné sur le point dont la position était à déterminer. La combinaison de visées simultanées sur un navire embossé fut utilisée par Eyriès [1954] lorsque la configuration de la côte ne permettait pas une triangulation classique ; cette méthode était, pour son principe, un timide prélude à l'utilisation des satellites. L'apport des ingénieurs hydrographes fut aussi de formaliser les procédures de calcul, avec par exemple la mise en équation, par George, de la méthode graphique dite « des pilotes » de construction de l'intersection de deux arcs capables.

Avec l'apparition des distancemètres, des opérations de cheminement puis de trilatération furent régulièrement mises en oeuvre. Les travaux des ingénieurs hydrographes ont alors consisté à établir des procédures calculatoires rigoureuses permettant de

réduire les observations des contraintes de l'environnement (température, pression, hygrométrie) et des facilités du calcul en projection : réductions à l'ellipsoïde, correction de projection.

Dans ce dernier domaine, l'esprit de géométrie des ingénieurs hydrographes avait été particulièrement fécond. Quelques travaux attirent l'attention, comme l'étude de Hatt [1886] sur la projection azimutale, celle de Courtier [1912] sur le choix d'un système de projection selon les objectifs poursuivis ou les études de Gougenheim sur une famille de planisphères conformes ne rejetant aucun point à l'infini [1950] et sur une projection en « balle de tennis » permettant de représenter sans trop de déformation l'ensemble du globe [1951].

Une véritable révolution apparut avec l'avènement des satellites et des ordinateurs à la fin des années 1960.

L'ordinateur permit d'enchaîner des séquences de



« L'IBM 360, second ordinateur du service hydrographique (années 1960) »

calculs complexes. Longtemps, jusqu'après la seconde guerre mondiale, les hydrographes ont utilisé un mode de représentation plane consistant à rabattre successivement tous les triangles sur le plan de l'un d'entre eux, après avoir corrigé les angles observés du tiers de l'excès sphérique défini par Hatt [1886, op. cit.]. Ce procédé offre l'avantage de la simplicité mais ne peut s'appliquer qu'à des bandes étroites de terrain, relativement rectilignes : ce qui explique son succès chez les hydrographes. Les différents systèmes géodésiques réalisés formaient des tronçons indépendants, présentant des hétérogénéités internes et des discontinuités à la jonction avec les autres systèmes voisins.

Pour mettre en oeuvre les chaînes de radiolocalisation à longue portée, il fut nécessaire de disposer de canevas géodésiques homogènes. L'ordinateur permit d'effectuer un traitement global des observations [Bessero, 1985] et de s'affranchir de la plupart des simplifications abusives liées au calcul en projection.

Le système de satellites Transit fut utilisé par le SHOM dès 1969 pour permettre le rattachement à un système géodésique mondial des réseaux locaux constitués au fil du temps par les ingénieurs hydrographes, ou utilisés sur les cartes marines. Les observations à réaliser étaient longues (3 jours de mesures) car les traitements, malgré quelques tentatives pour mettre au point un logiciel traitant globalement l'ensemble des mesures (Gaillard en 1972 pour les mesures dynamiques [Guével, 1997], ou Bessero en 1981 pour les observations géodésiques [Huguenot, 1983]), consistaient à effectuer une statistique des positions déterminées isolément. Plusieurs centaines de rattachements géodésiques ont néanmoins été réalisés à l'aide du système Transit.

Au milieu des années 1980, le système de positionnement GPS (Global Positioning System) fut déployé par les États-Unis d'Amérique. La constellation réduite des satellites durant la phase probatoire qui dura jusqu'en 1993, ne permettait d'effectuer des mesures que pendant quelques heures par jour. Cette phase fut mise à profit pour étudier et développer avec divers industriels dont la société SERCEL, les traitements qui permettraient ensuite une utilisation optimale. Dès 1989, le GPS fut utilisé systématiquement dans les travaux géodésiques de la mission océanographique du Pacifique pour positionner, orienter et mettre à l'échelle les systèmes géodésiques des archipels de Polynésie française [Le Gouic, 1993].



« Station géodésique utilisant le GPS en mode différentiel »

L'utilisation de GPS en géodésie est aujourd'hui systématique dans les missions du SHOM. Il se révèle particulièrement performant pour les mesures relatives (mode différentiel où les stations sont rattachées à quelques centimètres jusqu'à un éloignement de 100 à 200 km), puis en mode cinématique, qui permet dorénavant la même précision, la station rattachée étant mobile. Pour un positionnement absolu, nécessaire au rattachement de territoires très éloignés, la précision courante accessible avec le GPS n'est pas meilleure que celle permise par le système Transit : un cube de 10 m de côté. Cette précision reste aujourd'hui suffisante pour les besoins hydrographiques. Mais ces besoins sont en

rapide évolution et divers aspects de la géodésie dynamique sont désormais à considérer, en particulier pour ce qui concerne le géoïde. C'est pourquoi le SHOM a utilisé dès 1992 une génération complémentaire de satellites de positionnement absolu ultra-précis : le système DORIS. Les travaux menés en coopération avec le CNES et l'IGN ont permis de réaliser un réseau principal de 13 stations couvrant la Polynésie française avec une précision absolue de quelques centimètres.

De telles précisions permettent d'envisager un élargissement des applications de la géodésie avec l'étude géophysique du globe, notamment celle des marées océaniques et terrestres ou celle de la tectonique des plaques, avec l'étude des courants océaniques et de la climatologie, avec la navigation et le positionnement maritime, terrestre ou aérospatial.



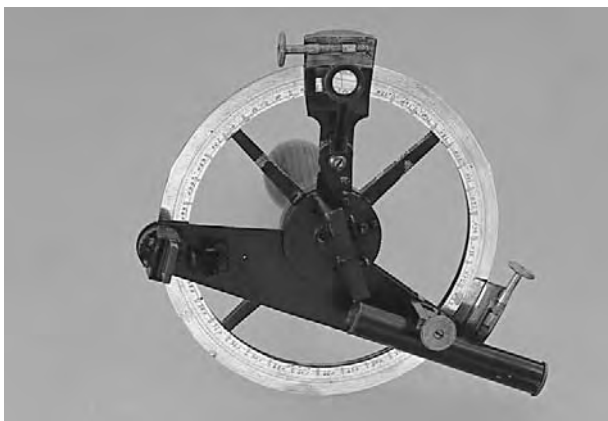
« Station VLBI installée à l'EPSHOM en août et septembre 1989 »

LA GÉODÉSIE MARINE

La localisation précise en mer

Dans la continuité des méthodes mises au point par Beautemps-Beaupré à l'aube du 19^e siècle et exposées en 1808 dans son « Appendice aux voyages du contre-amiral Bruny d'Entrecasteaux » puis en 1829 dans son « Exposé des travaux hydrographiques relatifs à la reconnaissance hydrographique des côtes occidentales de France », la détermination précise de la position en mer fut longtemps exclusivement faite par l'observation d'angles entre des signaux déjà placés.

Cette observation s'est d'abord faite à l'aide du cercle à réflexion de Borda et du sextant, avant que Delaroche-Poncié, en 1859, imagine et fasse construire un cercle à réflexion simplifié donnant la minute d'angle et qui fut désigné « cercle hydrographique ». En 1889 Rollet de L'Isle imagina un cercle à quatre miroirs permettant d'observer les angles jusqu'à 180°.



« Cercle hydrographique construit par Beautemps-Beaupré »



« Cercle à quatre miroirs de Rollet de L'Isle »

Après la seconde guerre mondiale, les progrès en matière de radiocommunication rendirent possible le radioguidage par visée précise au théodolite et à partir de 1955 le cercle ne fut plus utilisé.

Lorsque les travaux hydrographiques devaient s'étendre au large, hors de vue de côte, on était amené à mouiller des réseaux de balises dont les positions étaient déterminées de proche en proche. Parfois ces signaux sont flottants comme ceux ancrés par grappins et utilisés en 1884 pour lever les bancs de Kerkennah en Tunisie, en 1891 par Hanusse pour les sondes au large de Brest ou encore en 1950-55 au large de la côte du Sénégal et en baie de Mondah au Gabon.

Le procédé était extrêmement lourd, la tenue des balises incertaine et la précision des positions ainsi obtenues devenait vite médiocre.

Le problème du positionnement au delà de l'horizon optique avait de longue date préoccupé les ingénieurs hydrographes. La méthode de Bouquet de la Grye [1859, op. cit.] basée sur la propagation du son dans l'air et appuyée sur des mesures au théodolite était intéressante, mais peu souple et il était difficile d'établir la concordance temporelle des mesures. Cette

concordance, même pour la simple utilisation de théodolite visant un fanal en tête du mât du bâtiment sondeur, ne put être obtenue de façon satisfaisante qu'après la deuxième guerre mondiale avec l'emploi des radiocommunications : mais même avec cette souplesse nouvelle, la portée restait limitée à l'horizon optique.

Marti qui étudiait les possibilités des ondes sonores sous-marines pour la détermination des profondeurs (distances verticales), s'intéressa dans l'entre deux guerres à la propagation horizontale de ces ondes afin de déterminer des positions en mer à grande distance. La mesure pouvait être circulaire (temps de propagation d'une onde sonore produite par l'explosion d'une cartouche de mélinite, le repérage du temps initial se faisant par un signal de radio télégraphie) soit hyperbolique (différence de temps de parcours d'une onde reçue sur deux microphones). La portée sonore obtenue fut variable, dépendant plus de la stratification des couches d'eau de mer que de la quantité d'explosifs employés. Les études réalisées permirent d'étudier la vitesse du son dans l'eau de mer [Marti, 1919-20], et furent extrêmement utiles pour les mesures acoustiques des profondeurs. Même avec ses limitations, ce procédé fut assez largement employé et rendit de grands services à l'hydrographie.

Après la seconde guerre mondiale on eut recours à la propagation dans l'air des ondes radio-électriques. L'industrie, stimulée par les besoins des compagnies pétrolières, proposa rapidement une grande variété de systèmes, les uns fournissant directement des distances à un émetteur, les autres des différences de distances entre deux stations terrestres : ces derniers étant utilisés de façon passive n'étaient pas saturables (nombre illimité d'utilisateurs). Grosso modo plus les fréquences étaient basses plus la portée était grande et la précision faible.

Ces systèmes posaient de nombreux problèmes d'utilisation : conditions de propagation, réflexion, calibration, calcul du point, etc. Allard [1947] précisa par exemple un problème de géométrie nouveau relatif à la généralisation à l'ellipsoïde des ellipses et hyperboles « géodésiques » limitées jusqu'alors au plan.

Les premiers essais du système Decca furent effectués sous la direction de Chatel, par Allard et le professeur en chef d'hydrographie Hugon [Chatel, 1950] : la dispersion observée était de 200 m de jour et de 600 m de nuit, valeurs confirmées par Ortais [1963-64], alors que le constructeur avançait le chiffre de 15 m !

Dès lors les systèmes de radiolocalisation à base terrestre furent l'objet d'études régulières par les ingénieurs hydrographes, études destinées à préciser les conditions optimales d'utilisation et les limites objectives de leur précision. Citons, pour le Rana, Lacombe [1957] et Brie [1969], pour le Toran, Comolet-Tirman [1963-64], pour le Sylédis, Guyon [1984], ou, pour le Loran, Le Gouic et Le Visage [1991].



« Station Trident III »

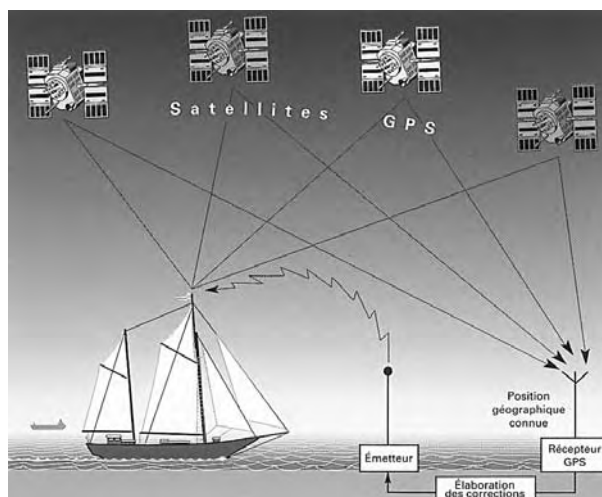
Le système circulaire Trident représente une exception : tous les autres systèmes ont été produits par l'industrie et l'apport des ingénieurs hydrographes fut d'en mesurer les conditions optimales d'emploi. Le Trident est né sous l'impulsion du service hydrographique qui avait fait construire par les laboratoires Derveaux un système de localisation à courte portée, essayé et utilisé dès 1959 par Ortais [1963-64, op. cit.]. La société COTELEC reprit le principe du Derveaux pour créer le Trident I, avant d'être absorbée par la société Thomson-CSF qui développa une série Trident dont la dernière version fut utilisée sur tous les navires et embarcations du SHOM jusqu'en 1995.

Ici, comme en géodésie, l'arrivée des systèmes satellitaires marqua un tournant, car cette fois les stations émettrices étant embarquées sur satellites sont aisément reçues en ondes courtes, assurant ainsi une bonne précision. Avec les satellites du système Transit, les positions sont obtenues en intégrant sur un arc d'orbite long les signaux émis. Le positionnement n'est pas continu, et comme le nombre de satellites est restreint, il faut coupler le système avec un autre moyen continu mais mal calibré (LORAN) ou non positionné (balises acoustiques [Schrumpf, 1978]). Dans ce dernier cas on construit un réseau géodésique local posé sur le fond, dont la position et l'orientation sont déduits d'observations simultanées avec des satellites Transit.



« Mise à l'eau du transducteur d'émission pour une localisation par balises acoustiques »

Le système GPS a révolutionné la problématique de la localisation au large. Désormais on dispose d'un système offrant continuellement une précision de positionnement très satisfaisante sans installation complexe et coûteuse. Dès la phase probatoire du système, le GPS a été utilisé de façon opérationnelle par le SHOM, tant pour calibrer les systèmes à base terrestre [Le Gouic et Le Visage, 1991, op. cit.] que pour réaliser des levés programmés en métropole [Bessero, 1996] dès 1987 et outre-mer à partir de 1989 [Le Gouic, 1993, op. cit.]. Puis avec les possibilités offertes par le mode différentiel (une station de référence à terre émet les écarts constatés localement entre les signaux reçus et attendus), le recours au système GPS est devenu quasi-systématique du fait de la précision disponible (de 5 à 10 mètres). Seuls les levés côtiers et portuaires sont localisés par un moyen complémentaire (généralement à l'aide du système Axyle mis au point par la société SERCEL, mais aussi, et de plus en plus fréquemment, à l'aide de GPS ... en mode cinématique).



« Principe du GPS différentiel »

La navigation

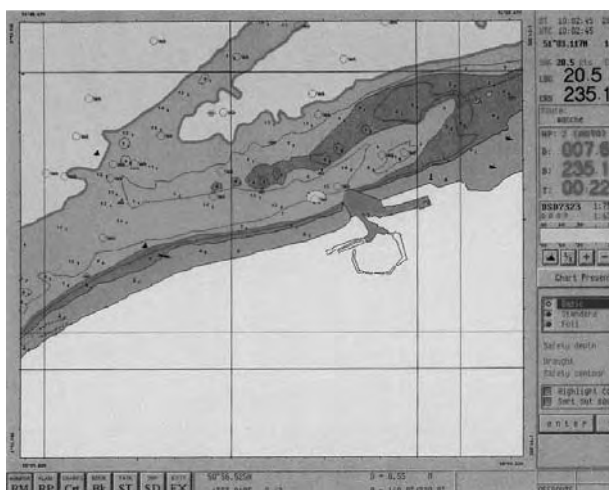
L'expertise développée par les ingénieurs hydrographes pour résoudre le problème de la localisation précise en mer a profité au développement des méthodes de navigation. Cette expertise fut longtemps perçue comme une nécessité parce que l'obtention d'une référence correcte était très difficile.

Les ingénieurs hydrographes ont alors étudié des solutions aux calculs complexes de la navigation par arc de grand cercle avec la mise au point du double planisphère par Keller (présenté en 1850 à l'Académie des sciences) ou les travaux de Driencourt [1934] sur la navigation par radiogoniométrie, des développements instrumentaux pour pouvoir utiliser le sextant sans horizon visible (sextant à niveau de Hatt en 1882, sextant à gyroscope de Favé [1904]) ou optimiser le calcul de l'estime (Delaroche-Poncié [1860] qui étudia l'évaluation des distances en mer ou Darondeau [1863] qui, après avoir étudié la régulation des compas sur les

bâtiments en fer, procéda à Brest puis à Toulon à l'installation de postes de régulation de compas par mires).

Après la seconde guerre mondiale, les hydrographes ont défriché le terrain de la radionavigation et ont préparé l'utilisation courante de systèmes comme l'Oméga, le Loran, le Sylédis ou les systèmes satellitaires. En fait l'évolution est devenue telle que les systèmes en développement se retrouvent rapidement en usage opérationnel : le SHOM a ainsi co-organisé trois colloques nationaux sur le positionnement en mer (1971, 1980 et 1987) dont les présentations novatrices étaient devenues dix ans après d'application ordinaire, quand elles n'étaient pas tout simplement dépassées par les nouvelles techniques.

L'avenir esquissé par une concertation internationale à laquelle les ingénieurs du SHOM ont apporté une contribution remarquable, est désormais à un système d'informations géographiques couplé aux capteurs de positionnement : la carte électronique de navigation. Il ne s'agit pas d'utiliser des données de référence géographique numériques pour établir par corrélation la position d'un mobile comme ce fut le cas lorsque le service développa au profit des sous-marins de la marine nationale des systèmes de recalage sur amers géophysiques (1984 : Bessero, Abgrall). Il s'agit d'une navigation intégrée dans laquelle une expertise nautique est apportée au navigateur en analysant automatiquement les risques de nature aussi bien géographique que réglementaire. Le domaine est vaste et novateur : de très nombreux ingénieurs hydrographes ont analysé la problématique et les solutions liées à cette carte électronique, depuis sa genèse théorique [Cailliau, 1986], jusqu'à son existence potentielle [Bessero et Hecht, 1996].



« Affichage d'une carte électronique »

LE SONDAGE BATHYMÉTRIQUE

Jusqu'à la première guerre mondiale, les hydrographes n'eurent qu'exceptionnellement à effectuer des sondages par grande profondeur, leur objectif consistant à étudier en détail et avec précision les parages voisins des côtes et la limite des profondeurs à investiguer étant donnée par celles dont la connaissance peut être utile à la seule navigation en surface de navires de tirant d'eau modeste.

Ils utilisaient des lignes de sonde et des plombs de sonde auxquels ils furent amenés à donner une forme spéciale pour augmenter la vitesse de plongée. Une ligne de chanvre de 18 mm de diamètre et un plomb de 5 à 6 kg sont en général utilisés pour les profondeurs inférieures à 20 m, une ligne de 22 mm et un plomb de 8 à 10 kg pour les profondeurs comprises entre 10 et 40 m. Cette différenciation des caractéristiques de l'instrument en fonction des portées recherchées reste valide de nos jours.

Le plomb porte dans sa partie inférieure une cavité garnie de suif qui rapporte un échantillon du fond après contact : l'intérêt est double puisqu'on a ainsi l'assurance que le plomb a touché le fond et que l'on recueille une information sur sa nature superficielle.

Les sondes par fonds inférieurs à 20 m étaient recueillies à bord de chaloupes pontées (le plomb est alors remonté à chaque coup de sonde à la force des bras de l'opérateur). Dans des embarcations de plus fort tonnage, des dispositifs mécaniques sont dérivés de celui mis au point par Favé en 1887 (combinaison d'un treuil de halage à vapeur ou électrique, d'un rail de transport entre l'arrière et l'avant du navire, et d'un déclencheur mécanique). Pour les très petits fonds on utilisait des perches de 3 à 5 mètres graduées en décimètres.

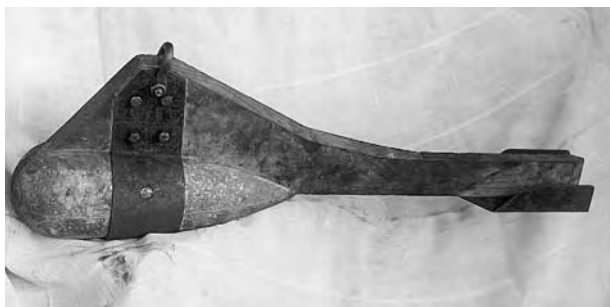
Le besoin de conserver une trace des mesures ponctuelles effectuées (enregistrement) afin d'éventuellement corriger une erreur d'observation⁴, conduisit Favé en 1895 à mettre au point un dispositif basé sur un récipient pneumatique remorqué traîné sur le fond, mais les essais ne conduisirent pas à un dispositif opérationnel et il fallut attendre plus de dix ans avant que Lesage [1913] étudie à nouveau la question.

Pour sonder des profondeurs supérieures à 30 ou 40 m, bâtiment en route à faible allure de deux à trois noeuds, l'utilisation de lignes en chanvre n'était pas possible. Cot étudia en 1914 pour les besoins d'un levé aux abords de Tourane effectué par la mission hydrographique d'Indochine un appareillage où le plomb de fonte pesait de 20 à 30 kg, la ligne graduée était d'acier zingué, les poulies en acier avec réa de bronze

(4) Le rôle du marin sondeur est multiple puisqu'il enduit et nettoie le plomb, se concentre sur son lancer dans la direction de la chaloupe, fatigue au hissage de la ligne, écoute le bruit du choc afin de déceler une éventuelle roche sous la vase, observe les indices de présence d'une roche aux alentours, interprète le prélèvement de sédiment,[Service hydrographique de la marine, 1937] : la lecture de la ligne filée lors du passage à la verticale de l'embarcation sur des étamines colorées, puis sa transmission orale au secrétaire et le report écrit de celle-ci par ce dernier sont autant de sources d'erreurs potentielles.

pour remplacer celles en bois qui ne résistaient pas au fil d'acier et la ligne manoeuvrée par un treuil [Cot et Cathenod, 1922]. Le dispositif fut peaufiné à l'issue de la guerre pour des levés en Manche et fut rapidement généralisé. Les avantages par rapport à la ligne de chanvre étaient nombreux, ne serait-ce qu'une réduction presque complète des problèmes liés à l'allongement des lignes.

Cathenod mit alors au point une méthode dont le principe était le suivant : « ... un plomb lourd et de formes appropriées est suspendu dans l'eau par une ligne de très faible diamètre, graduée, qui est enroulée sur un touret à l'arrière du bâtiment-sondeur en marche. En dérivant lentement le treuil, on amène le plomb à toucher le fond ; à cet instant, la ligne mollit et on lit la graduation située au ras de l'eau. En agissant sur la manivelle, on relève le plomb d'une faible quantité (0m.50 environ) ; puis on dérive de nouveau, etc. Connaissant les différences des longueurs de ligne filées et l'inclinaison de la partie supérieure du fil, il est facile de calculer les différences de profondeur successives. En particulier, les lectures donnent directement le fond si la ligne reste sensiblement verticale, condition réalisée grâce à l'emploi des plombs-poissons construits suivant les plans établis par M. l'ingénieur hydrographe Marti. » [Cot et Cathenod, 1922, op. cit.].

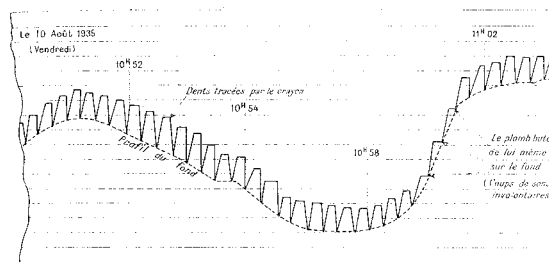


« Le plomb-poisson »

Après la première guerre mondiale, on apporta quelques sophistications aux dispositifs de sonde, en particulier pour les moyennes et grandes profondeurs. Jusqu'à 200 m on utilisa un dispositif permettant d'enregistrer la pression maximale observée à l'aide d'un tube permettant à l'eau de s'infiltrer par pression : avec le procédé Thomson une couche de chromate d'argent à l'intérieur du tube réagit à l'eau de mer et témoigne de l'intrusion maximale de celle-ci dans le tube ; avec le procédé Warluzel le tube est envahi par l'eau de mer en fonction de la pression, l'équilibrage à la dépression de la remontée se faisant par des valves.

Par grande profondeur (jusqu'à 8 000 m) le dispositif de treuil est plus conséquent. Le plomb est immergé, bâtiment stoppé, accroché à un fil d'acier non toronné de 1 mm de diamètre. Pour faciliter la remontée, le plomb est constitué de galettes enfilées sur une tige creuse. Lorsque le plomb touche le fond, un dispositif mécanique permet de larguer les galettes de plomb, et seul le tube qui emporte un échantillon du fond est remonté afin d'alléger les efforts lors de la remontée (poids et traînée).

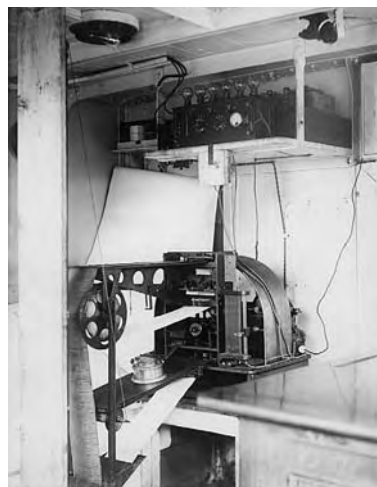
Les travaux des ingénieurs hydrographes furent d'améliorer les dispositifs mécaniques de mise en oeuvre afin de rendre plus efficace le sondage et de permettre une conservation analogique des mesures (enregistreur Marti où le câble passe sans glissement par une poulie qui entraîne une vis sans fin reliée à un porte crayon), et d'étudier les causes d'erreur de mesure dont les déformations et courbes subies par le câble porteur [Gougenheim, 1937].



« Enregistrement d'un profil de sonde au plomb par l'appareil de Marti »

La première guerre mondiale avait repris l'idée de Léonard de Vinci d'écouter le son émis par des bâtiments afin de les détecter. La paix revenue Marti eut l'idée de provoquer le bruit acoustique par explosion et de mesurer le temps de propagation de l'onde réfléchi par le fond. Les premiers essais, convaincants, eurent lieu en mai 1919 à bord d'un torpilleur dans la Manche. Marti [1923-24] décrit ainsi son dispositif :

« Le bâtiment provoque une détonation dans l'eau au moyen d'un fusil ou d'un petit canon. Un microphone, fixé au navire, permet d'entendre successivement le départ du coup, puis l'écho sur le fond : il actionne par l'intermédiaire d'un amplificateur à tubes à vide un oscillographe électromécanique dont la plume inscrit sur le papier enfumé d'un enregistreur deux crochets correspondants au départ du coup et à l'écho. L'enregistreur tourne à une vitesse constante et connue, de sorte que la mesure de l'écart des deux crochets tracés par l'oscillographe donne le temps qu'a mis le son à descendre au fond et à remonter à la surface ».



« Le premier appareil de sondage au son « Marti » à bord du « Gaston Rivier »

L'ensemble du processus ainsi décrit est celui mis en oeuvre depuis 70 ans par les sondeurs verticaux. Certes le moyen de provoquer l'émission sonore n'est plus « *le fusil de guerre tirant la cartouche ordinaire à balle* » par fonds de 200 à 1 000 m, ou le « *canon de 37 mm tirant la munition de salut, soit 60 g de poudre noire, sans obus* », et les dispositifs d'enregistrement analogique ont été perfectionnés. Mais le développement des sondeurs concrétise la prophétie de Marti, prévision pour une fois réaliste : « *on peut, sans être taxé d'optimisme, prédire que nous verrons un jour sur tous les navires des appareils indiquant constamment la profondeur de la mer* ».

Lors des croisières du *Pourquoi-Pas*, après A. Chatton en 1927, J.B. Charcot utilisa en 1929 le sondeur Marti jusqu'à une vitesse de 10 noeuds, avec une satisfaction complète [Charcot, 1930] : « [Le sondeur Marti] *transforme la navigation courante, permet des recherches orographiques exactes sans perdre de temps, [...]. Il nous a facilité les prises d'échantillons d'eau et nos dragages en nous indiquant d'avance les fonds sur lesquels nous devons travailler, sans nécessité de stopper pour un sondage préalable souvent difficile, méticuleux et long.* »

Ce progrès était considérable, mais Marti, grâce à l'utilisation des procédés Langevin-Florisson, réalisa également un sondeur cette fois ultra-sonique qui fut utilisé dans les missions hydrographiques à bord des bâtiments de bonne taille.

La construction industrielle prit alors le pas sur ce qui n'était encore que de l'artisanat (ou de la R&D). En France la société SCAM (société de condensation et d'application mécanique) développa un sondeur ultrasonique « Langevin-Florisson-Marti » à lecture optique que Marti utilisa lorsqu'il dirigea des missions hydrographiques sur les côtes d'Algérie et de Tunisie [1927-28] et d'Indochine [1930].

A partir de 1940, le service hydrographique utilisa des sondeurs Hughes MS 26 F et G, puis dans les années 1970 des sondeurs Atlas par petits fonds, Edo puis Raytheon par grands fonds.

Si ces sondeurs étaient produits par des industriels, le savoir-faire des ingénieurs hydrographes leur permettait de les utiliser dans les réelles limites de leurs performance et précision. Les précautions opératoires aussi bien dans leur mise en oeuvre que dans l'exploitation et l'archivage des données recueillies étaient complexes, comme en témoigne le peu de sondages de qualité effectués en dehors des services hydrographiques avec ces instruments.

C'est ainsi que le SHOM prit part à la mission Famous de 1973-74 [Schrumpf, 1978, op. cit.] afin de caractériser finement les fonds d'une partie de la ride médio-atlantique sur laquelle une plongée par soucoupe

devait être effectuée ultérieurement. Un sondeur Edo à faisceau étroit et base stabilisée fut alors employé afin de garantir des conditions sûres de navigation de cette soucoupe au plus près du fond.

En fait, le principe établi par Marti pour le sondage acoustique était conservé sous une forme simplement perfectionnée⁵. Une autre amélioration importante fut apportée à partir de 1980 avec la mise en service du compensateur de pilonnement Anschütz pour la correction des mouvements verticaux des bâtiments hydrographiques dus à la houle. L'évolution des performances des centrales d'attitude ne permettra de trouver une solution satisfaisante au problème plus difficile du pilonnement des vedettes hydrographiques qu'en 1996.

Il fallut attendre le milieu des années 1970 pour qu'un concept nouveau voie le jour : le sondeur multi-faisceaux. La technique mise au point par la société Seabeam consistait à générer transversalement à la route du navire sondeur des faisceaux acoustiques étroits dits croisés (entre l'émission et la réception) et stabilisés électroniquement. L'ouverture du faisceau à l'émission englobait le tangage, celle à la réception le roulis. Le SHOM étudia rapidement la possibilité d'équiper un de ses navires de ce nouveau type de sondeur, mais l'accent était à cette époque mis sur les petits fonds (augmentation extrêmement rapide des tirants d'eau des navires à partir de 1973) alors que le sondeur Seabeam était orienté vers les grandes profondeurs. Le premier sondeur de ce type installé en France fut en conséquence celui équipant le navire océanographique *Jean Charcot* du CNEXO.

Les performances et les conditions d'emploi de ce type de sondeur furent étudiées au SHOM par Gaillard et Le Gouic [1983] au début des années 1980 : dans ce domaine encore, il fut montré que la rigueur des ingénieurs hydrographes permettait d'améliorer considérablement la qualité des mesures. Le CNEXO ne s'y était pas trompé puisque c'est un ingénieur hydrographe qui mit au point les logiciels de traitement en temps différé qu'il utilisa pour exploiter les données du Seabeam [Desnoës, 1980].

Comme la priorité était alors aux voies de navigation rendues dangereuses du fait de l'augmentation des tirants d'eau, et devant l'absence de système industriel adéquat, il fut décidé de développer un sondeur de type multi-faisceaux destiné aux petits fonds. La société Thomson réalisa ainsi en 1987, sur spécifications du SHOM, un sondeur baptisé Lennermor, qui permettait, entre 20 et 300 m de profondeur, une fauchée de 90° par un ensemble de 20 sondeurs élémentaires éclairant latéralement la route du navire sondeur. Depuis Marti, c'était la première fois que l'offre des sociétés industrielles se révélait insuffisante, obligeant le service hydrographique à spécifier un développement particulier. Du fait de l'extrême rigueur imposée par les normes adoptées par l'organisation hydrographique

(5) On peut ici noter que la génération d'ondes acoustiques par explosifs est toujours utilisée pour les besoins de la sismique.

internationale, ce sondeur est resté longtemps le seul sondeur multifaisceaux petits fonds qualifié d'hydrographique [Kerléguer, 1993].

La priorité relative accordée aux petits fonds fut contrebalancée à la fin des années 1980 par un besoin accru de données précises par grands fonds et le SHOM acquit en 1993 un sondeur destiné à la description des grandes profondeurs développé par la société Simrad. Ce sondeur comprend 162 faisceaux et permet de balayer une largeur théorique de 150°. Il fut installé sur *L'Espérance* sous la direction de Tonchia [1996] qui en étudia de façon détaillée les performances, étonnantes bien qu'inférieures à celles données par la théorie. Un tel sondeur offre la possibilité d'accéder à une connaissance fine de la bathymétrie des grands fonds, mais la maîtrise de la qualité des mesures suppose une grande rigueur lors des levés (détermination des biais, contrôle de la centrale de verticale, mesures des profils de célérité, etc.) et de leur exploitation.



« Installation des transducteurs du sondeur multifaisceaux SIMRAD EM 12 DUAL sur la coque du BH1 *L'Espérance* »

LA DÉTECTION DES OBSTRUCTIONS

La finalité première de l'hydrographie est de garantir la sûreté des conditions de navigation. La technique du sondage bathymétrique ne consiste pas à recueillir une donnée de profondeur sur chaque parcelle de fond car la durée des travaux serait excessive, si tant est que de telles mesures soient simplement possibles⁶. On réalise généralement un échantillonnage du fond selon des profils de sondage régulièrement espacés, mais entre deux lignes de sondage il n'y a pas de mesure. Or, ce n'est pas la morphologie des fonds qui est essentielle, mais bien la détermination des points les plus hauts, qu'ils soient naturels (roche, aiguille de corail, ...) ou artificiels (obstructions, épaves, ...). Pour les premiers une connaissance des conditions de continuité géologique peut être utile pour prévoir certains relèvements, mais pour les seconds, leur nature

accidentelle ne permet en aucun cas de disposer d'indices de leur existence à travers le sondage (sauf coup au but chanceux).

Beautemps-Beaupré ayant à lever rapidement une très grande étendue de côtes a limité le nombre de lignes de sonde au strict nécessaire pour étudier les passes et les mouillages : il se contentait de mouiller des bateaux auxiliaires sur les dangers connus ou qui lui étaient signalés par des pêcheurs, et de sonder sur les directions qui les joignaient. Il sondait aussi les alentours des bancs mais n'en étudiait pas le détail et les entourait simplement sur ses cartes d'un trait que le navigateur ne pouvait franchir qu'à ses risques et périls. [Rollet de L'Isle, 1950, op. cit.]. Il s'agissait donc de déterminer avec précision ce qui était connu des pratiques, mais la notion de recherche de ce qui n'était pas encore connu, et donc présentait un potentiel de danger très grand, était différée. « Au fur et à mesure que les moyens de la navigation se développèrent, on s'aperçut que cette méthode avait laissé des lacunes dangereuses et qu'il fallait mettre en oeuvre des procédés nouveaux » [Rollet de L'Isle, 1950, op. cit.].

Pour ces recherches des obstructions, dites « recherches de roche », les ingénieurs ont longtemps fait usage de dragues flottantes dont le premier modèle fut construit par Renaud en 1884 et dont le type fut constamment perfectionné et simplifié [Renaud, 1902].

En complément pour obtenir une cotation précise de l'objet détecté par la drague, Fichot [1908-09-10] employa dès 1908 des scaphandriers pour la recherche des sommets des roches dans les passes de Cherbourg, mais ce procédé extrêmement exigeant en matériel et personnel ne resta que marginal jusqu'à l'avènement des scaphandres autonomes après la deuxième guerre mondiale.

Entre les deux guerres mondiales, beaucoup d'espoirs et beaucoup de moyens nautiques furent attachés à l'utilisation par des avisos de la marine de la drague « Ronarch », imaginée et réalisée pour détruire les mines à orins. Covillault [1979] la décrit ainsi : « Le câble de remorque partait de l'arrière du dragueur jusqu'à un panneau qui prenait une certaine immersion. De ce panneau partaient deux fils de drague qui divergeaient sous l'action, chacun, d'un divergent maintenu à une immersion donnée (?) par un pendeur venant d'un cochonnet. [... Les fils de drague] étaient en principe dans le plan horizontal mais, en fait, ils faisaient un peu ce qu'ils voulaient, surtout si leur longueur était grande. »

Pour l'usage premier de cette drague (couper les orins des mines), ces imprécisions n'étaient pas très graves. Mais pour une recherche de roche, a fortiori une cotation d'un plafond de dragage, elles conduisirent à

(6) Le sondeur multifaisceaux peut donner une telle illusion. Effectivement, chaque parcelle du fond a été éclairée, mais la résolution des sondeurs et l'exploitation numérique du signal qui conduit à privilégier le probable par rapport à l'accidentel, n'offrent pas la garantie de détecter les détails fins qui sont souvent les plus significatifs en hydrographie.

une totale incertitude sur les informations recueillies. Les résultats des dragages effectués furent, d'un point de vue hydrographique, nuls.

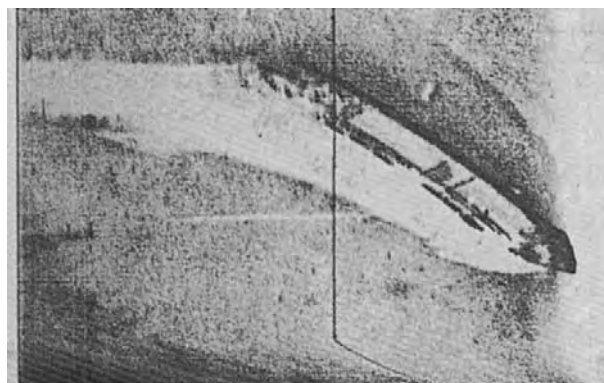
Différents types de dragues furent par contre mises en oeuvre avec succès par les missions hydrographiques jusqu'à la fin des années 1960. Plusieurs ingénieurs hydrographes dont Courtier, Brunel [1935-36] ou Villain [1931] adaptèrent ou imaginèrent des dispositifs dragués permettant de contrôler un plafond. L'emploi de la drague baptisée « américaine »⁷, dont Roumégoux normalisa la mise en oeuvre au sein du service hydrographique, fut généralisé. Même la mission hydrographique de recherche d'épaves (1949-69) qui disposait d'un sonar (asdic) y recourait systématiquement. « *L'exploration était conduite au moyen de l'asdic : une fois l'épave détectée, sa position précise était obtenue au moyen de la drague américaine [...] remorquée par les vedettes. Lors du crochage, l'épave était cravatée et un plongeur descendait sur l'épave le long d'un pendeur de drague et la cote était déterminée au moyen d'un manomètre étalonné (de fabrication artisanale, par les soins de l'atelier du Service Hydrographique).* » [Rolland de Chambaudoin d'Erceville, 1951]

De nouveaux moyens de recherche d'obstruction apparurent dans les années 1960 qui détrônèrent rapidement l'utilisation de la drague « américaine » dont la mise en oeuvre était somme toute laborieuse et les résultats pas toujours exempts de suspicion.

En 1969, le service approvisionna d'abord un prototype de sondeur latéral acoustique développé par l'institut français du pétrole et dont les essais se révélèrent décevants [Roubertou, 1973-75], avant d'opter pour une série d'équipements plus petits mais dont les performances furent d'emblée jugées prometteuses [Bonnot, 1978] : les sondeurs latéraux de la société EG&G. Ces sondeurs permettent d'obtenir des images acoustiques du fond transversalement à la route suivie par l'embarcation porte sondeur. L'interprétation des images enregistrées permet de détecter les obstructions, d'en estimer une cote, et de décrire la nature du fond. Bien entendu la cote obtenue est approximative et pour les obstructions les plus significatives il est nécessaire d'effectuer un profil à leur verticale, voire de procéder à une cotation par plongeur. En ce sens, Bonnot écrit : « *Les levés au sondeur latéral [...] seront conduits exactement comme les opérations de dragage hydrographique à la drague mécanique.* », mais il note justement que les sondeurs latéraux permettent d'obtenir bien plus qu'un plafond de sécurité.

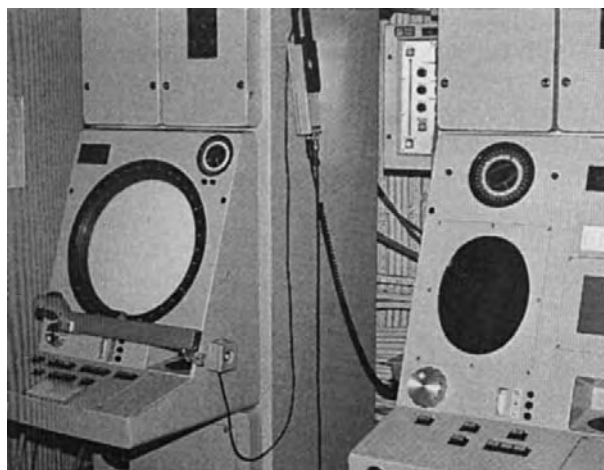
Certes le service n'est pas à l'origine du développement de ces équipements, mais de très nombreuses études ont été menées pour les qualifier, définir une doctrine d'emploi, estimer leurs per-

formances. Citons par exemple la synthèse réalisée par Chimot et Dupuy [1990] sur l'évaluation des performances de ces sondeurs latéraux dans leur forme numérique.



« Bande sonal : 1972 »

En 1988 un sonar hydrographique dérivé par la société Thomson, sur spécifications du service, d'un sondeur de chasse au mine fut installé sur le Lapérouse. L'étude fine des capacités⁸ de ce sonar fut réalisée par Chimot [1992].



« Les consoles du SEHM : détecteur (à gauche) et classificateur (à droite) »

Dans le même temps que le service diversifiait ses moyens acoustiques de détection, il profita rapidement du développement des magnétomètres à résonance nucléaire pour observer les anomalies magnétiques résultant de l'aimantation induite des objets métalliques tels les épaves ou les câbles. Comolet-Tirman [1976], étudia en détail les conditions théoriques de détection selon en particulier la profondeur et la taille de ces objets.

Mais ce type d'outil ne concerne que les objets métalliques sans estimation de leur hauteur au-dessus du fond, et le problème de la détection puis de la

(7) Le groupe de travail 415 de la Fédération Internationale des Géomètres sur la détection des anomalies de profondeurs recensait cette drague sous l'appellation « drague hydrographique légère française dite "américaine" ».

(8) Il faut souligner à nouveau, après la drague Ronarch, l'extrême difficulté à utiliser en hydrographie des moyens non spécifiquement développés pour ses besoins. Le sonar mis en oeuvre est très performant sur de petits objets, mais moins efficace pour des structures de taille moyenne.

cotation des obstructions à la navigation demeure un problème majeur pour lequel les services hydrographiques doivent déborder de créativité afin d'obtenir des résultats efficaces.

LA TÉLÉDÉTECTION

Pour préparer ce travail fondamental de l'hydrographie qu'est la recherche d'obstructions, Renaud [1902, op. cit.] proposait d'utiliser des ballons captifs pour la détection à vue des obstructions afin d'effectuer une reconnaissance générale des zones à lever : « *si on s'élevait en ballon à une certaine hauteur, les vues prises depuis la nacelle [...] donneraient une première idée des passes praticables, faciliteraient la préparation des sondages et fourniraient ensuite le moyen de contrôler le levé régulier.* »

Cette idée fut reprise après que la première guerre mondiale ait démontré l'utilisation très efficace que l'on peut faire des avions de reconnaissance équipés de chambre de prise de vue photographique. Un numéro spécial des annales hydrographiques est consacré à l'étude théorique de l'exploitation des photographies aériennes. Rollet de L'Isle [1917], de Vanssay de Blavous [1917] et Roussilhe [1917] y exposent des considérations théoriques et pratiques ; de Vanssay de Blavous y présente en particulier l'appareil développé par Roussilhe pendant la guerre pour réaliser le redressement des clichés pour les groupes de canevas de tir. Mais ces travaux concernaient essentiellement la partie émergée figurant sur les clichés.

Volmat considéra les conditions d'emploi des photographies aériennes pour les travaux hydrographiques par petits fonds. Son remarquable rapport sur la mission photo-hydrographique qu'il dirigea aux abords de Brest [Volmat, 1919-20] étudie l'apport des photographies aériennes pour la description du relief sous-marin. Il y consigne des éléments pratiques tels la bonne altitude de vol, la hauteur optimale du soleil ou l'aménagement des hydravions pour l'emport d'une caméra, ainsi que des considérations sur les possibilités de détecter les remontées du fond : profondeur pratique, aspect du fond, présence de remous, diffraction de la houle. L'examen stéréoscopique y est évoqué mais comme il le note « *dans la région explorée, les plateaux de roches [...] ne donnent lieu à aucune sensation nette de relief* ». Il faudra attendre encore 60 ans pour obtenir cette sensation, lorsque que les stéréorestituteurs analytiques permettront de prendre en compte la réfraction au passage du dioptré air-mer.

Les travaux de Volmat eurent pour conséquence immédiate que toutes les missions hydrographiques furent doublées d'une reconnaissance photographique aérienne des régions à lever et effectuées par des hydravions de l'aéronautique maritime pour les côtes de

France ou de l'aéronautique militaire pour les « colonies » [Cot, 1922].



« île de Molène le 13.8.1919, 1 heure avant la basse mer »

Après la seconde guerre mondiale, l'utilisation de photographies aériennes fut limitée à la description du trait de côte à partir des clichés pris par l'institut géographique national lorsqu'on ne se contentait tout simplement pas des cartes de cet institut, et il fallut attendre le début des années 1980 pour que sur l'impulsion de Bonnot [1982], l'activité photogramétrique du service prenne un nouvel essor. Le pilotage des restituteurs analytiques par un ordinateur permit d'une part de profiter de la localisation radioélectrique précise de l'avion de prise de vue pour faciliter la mise en place des modèles [Chimot et Le Gouic, 1986 ; 1988], d'autre part de tenir compte de la réfraction au passage du dioptré air-mer afin de permettre d'une cotation stéréoscopique sous l'eau.

La précision de cette cotation fut étudiée en s'appuyant sur divers vols photogramétriques, conduits selon des conditions très strictes : localisation de l'avion, modélisation locale de la marée, créneaux horaires précis résultant de la hauteur d'eau et de celle du soleil, profils de vols minimisant les effets spéculaires, etc. Les résultats obtenus ont été synthétisés par Even [1997]. Comme très souvent en hydrographie le bilan montre des situations favorables où la bathymétrie est bien restituée, et d'autres situations où on observe des distorsions non négligeables : néanmoins à partir de 1984, le recours aux restitutions photogramétriques, ne serait-ce que pour décrire finement le domaine généralement oublié, en France, de l'estran, redevint systématique pour préparer les levés hydrographiques, réaliser les compilations cartographiques ou préparer les opérations militaires en zone côtière⁹.

(9) La mission océanographique de la Méditerranée montra clairement en 1995 la complémentarité d'un levé photoaérien réalisé en hélicoptère sur des sites préalablement identifiés par traitement d'images satellite, couplé à des moyens classiques d'hydrographie, pour évaluer rapidement les conditions d'environnement nécessaires à un plageage.



« Stéréorestituteur analytique Matra Traster »

Les satellites américains Landsat permirent à la fin des années 1970 de s'élever plus encore que les ballons captifs de Renaud : ils emportaient une caméra qui effectuait par balayage une analyse radiométrique des émissions de la surface terrestre. La médiocre résolution spatiale des trois premiers satellites Landsat (60 m x 80 m) ne permit que de préparer l'exploitation de la génération de satellites suivante. Le service hydrographique participa en 1984 à la campagne de pré-évaluation des satellites français SPOT (simulation aéroportée), puis intégra rapidement les techniques développées pour exploiter les premières images opérationnelles [Le Gouic, 1988] dans son portefeuille de cartes marines. Les méthodes étaient originales pour deux raisons. D'un point de vue technique l'exploitation des images fournies par les satellites d'observations est habituellement faite selon une logique d'occupation du sol alors qu'au SHOM il y eut une quantification estimée de la bathymétrie des zones peu profondes. D'autre part le SHOM était (et reste) le seul service hydrographique à intégrer dans son portefeuille de cartes originales des informations très directement dérivées des images satellitales : certes une note sur la fiabilité et la précision des informations invite le navigateur à la prudence, mais c'était un pas difficile à franchir du fait du caractère particulier des cartes marines, documents réglementaires où la fiabilité des informations est primordiale.



« Premiers traitements en télédétection avec le satellite Landsat »

Dans le domaine de la télédétection aéroportée ou satellitale, les moyens disponibles ou en cours de développement sont nombreux à fournir des informations utiles à l'hydrographe. Moteur dans les domaines de la photogrammétrie du littoral et de l'exploitation hydrographique des satellites d'observation de la terre dans le domaine du visible, le SHOM en cette fin de millénaire suit ou participe aux développements concernant l'imagerie radar, l'altimétrie ou les lasers aéroportés [Le Gouic, 1984] : il prolonge ainsi son rôle d'expert reconnu en matière de sondage acoustique vers l'ensemble des moyens de la mesure bathymétrique. Comme nous le verrons plus loin, les satellites offrent également désormais à l'océanographe une irremplaçable capacité d'accéder à une vision globale et continue de la surface des mers.

LA GÉOPHYSIQUE

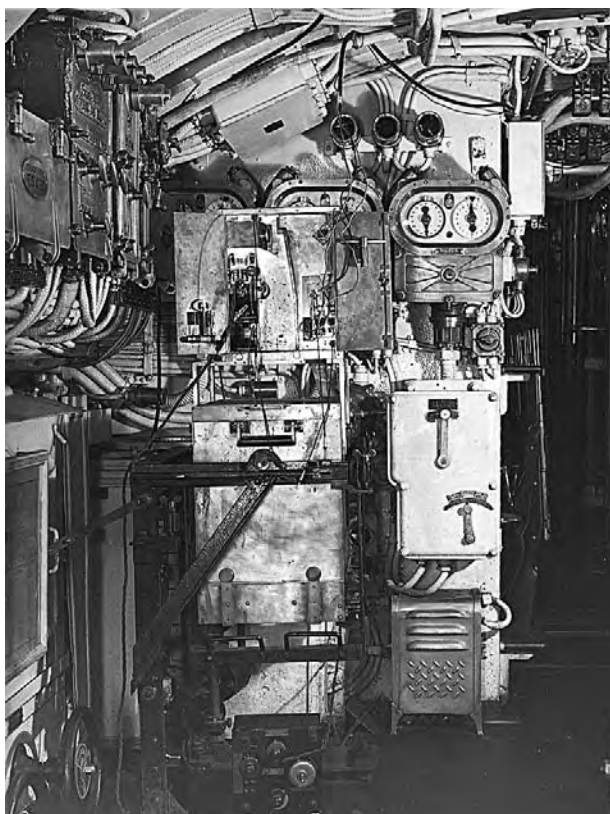
Gravimétrie

Au 19^e siècle, les travaux géodésiques des hydrographes étaient généralement menés pour une réalisation locale de leurs mesures. Cependant ces travaux étaient transcrits sur des cartes marines qui elles ne sont pas « *rivées à un pays, ni même à un continent* » [Comolet-Tirman, 1988] et le fait que les positions locales reposaient sur des mesures astronomiques conduisait à des défauts d'homogénéité sur de grandes distances. En 1885 Germain [1886] a ainsi considéré que les différences entre les positions astronomiques relatives de Nice et Toulon, et celles déduites de la triangulation menée en 1842 par Begat sur les côtes sud de France étaient largement dues à la forme du géoïde et donc au fait que les verticales physiques ne coïncident pas avec celles d'un modèle basé sur un ellipsoïde.

Si Pirot [1923-24] reprit entre 1921 et 1923 les travaux de Germain, c'était autant pour étudier les étonnantes possibilités de l'astrolabe à prisme de Claude et Driencourt, que pour traiter de la déviation des verticales. Il fallut attendre que Gougenheim [1940-45], ait souligné les importantes déviations de la verticale dans les îles du Pacifique, pour que le service hydrographique s'efforce d'apporter systématiquement les corrections de verticale nécessaires afin que les positions astronomiques des îles de Polynésie française soient aussi homogènes entre elles que possible. Les lieutenants de vaisseau Nay [1951] et Vallaux [1954] déterminèrent de façon empirique les déviations locales à partir de considérations sur les densités estimées des masses solides, et Gougenheim [1959] explicita une méthode d'estimation des déviations à partir de mesures de la dépression de l'horizon.

La connaissance du géoïde plus généralement supposait de disposer de mesures régulièrement réparties sur la Terre, et donc de pouvoir effectuer des mesures en mer. Cet exercice particulièrement difficile,

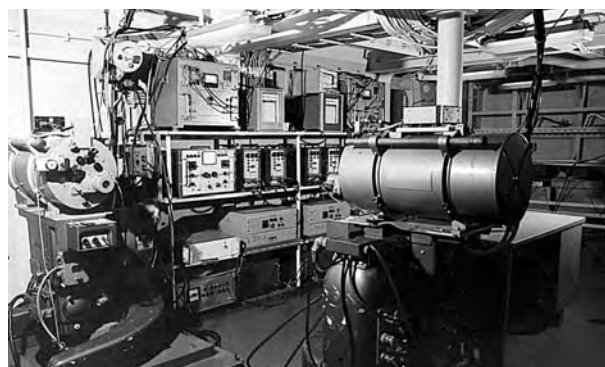
étant donné que les accélérations parasites dues au mouvement des navires sont plusieurs milliers de fois plus grandes que la précision recherchée alors qu'elles sont de même nature physique, fut effectué dès 1929 par le géodésien néerlandais Vening-Meinesz. Le dispositif était composé d'un ensemble mécaniquement complexe de pendules dont on observait les oscillations durant une durée assez longue au cours d'une station effectuée à bord d'un sous-marin en plongée. Le service hydrographique s'associa rapidement aux travaux de l'union géodésique et géophysique internationale, en particulier au cours de deux campagnes de 2 mois effectuées à bord du sous-marin *Fresnel* (1933-34) et du sous-marin *Espoir* (1936). Ces campagnes étaient dirigées par l'inépuisable Marti [1939], assisté de Anthoine [1947], qui mirent en oeuvre le dispositif mis au point par Vening-Meinesz. Dans ce domaine encore, une difficulté principale résidait dans la conservation précise du temps. Près de 70 stations furent réalisées en Méditerranée occidentale, avec une précision estimée de 3 à 5 mGal, très suffisante pour mettre en évidence les anomalies de la pesanteur par rapport au modèle international.



« Le gravimètre de M Vening-Meinesz installé à bord du sous-marin *Fresnel* en 1933 »

Au début des années 1960 apparurent sur le marché des appareils dérivés des gravimètres terrestres où l'action de la pesanteur sur une masse était équilibrée par un ressort. Le service hydrographique acquit un gravimètre Askania en 1962. Comolet-Tirman [1967-68]

fut chargé de suivre sa construction puis son installation à bord de l'*Amiral Mouchez*. Il entreprit une étude très détaillée des performances et des sources d'erreur : étalonnage terrestre sur une base significative (Paris-Toulouse), étude de l'influence du champ magnétique terrestre sur les composantes horizontale et verticale, influence des vibrations, erreurs des axes de mesure, prise en compte du couplage des accélérations horizontales longitudinales avec les inclinaisons du fléau, effets résiduels des variations de température du local, non linéarité des étalonnages, dérive temporelle du signal, etc. Grâce à ces travaux, des mesures de qualité purent être réalisées rapidement par le service hydrographique¹⁰ et les études qui furent menées sur les nouveaux gravimètres qui équipèrent ensuite les navires du SHOM n'eurent pas de caractère systématique, l'état de l'art ayant été établi. Citons néanmoins les travaux importants de Gaillard [1986] pour établir les bases d'une exploitation informatique en définissant les filtres numériques pertinents.



« La salle des gravimètres à bord du *D'Entrecasteaux* : 1977 »

L'arrivée concomitante de calculateurs suffisamment puissants et de satellites altimétriques précis permit de relancer à la fin des années 1980, les travaux de recherche menés par le service hydrographique en matière de gravimétrie dans un contexte de besoin accru des utilisateurs. Les applications sont nombreuses et sont généralement esquissées dans le présent article au travers des domaines présentés. La connaissance de la déviation de la verticale facilite l'unification des systèmes géodésiques. Le géoïde est une surface de référence des altitudes, indispensable pour mesurer des cotes précises. L'étude des anomalies concourt à la connaissance bathymétrique et à l'étude géophysique du sous-sol. Le calcul des trajectoires balistiques est affiné par la connaissance du champ de pesanteur. En océanographie, l'observation de la surface de l'océan suppose que l'on dispose d'une référence (le géoïde) pour connaître les variations de celle-ci liées à la physique et à la dynamique des masses d'eau.

L'utilisation optimale de centrales inertielles à bord de ses sous marins, a conduit la marine à exprimer des besoins importants en matière de connaissance du géoïde. Un modèle de pesanteur représentant l'océan

(10) Indépendamment de la précision intrinsèque du capteur gravimétrique, la source principale d'erreur fut longtemps liée à ses conditions d'asservissement à l'estime du navire et surtout à la précision insuffisante des moyens de radiolocalisation.

Atlantique nord fut ainsi développé en 1987 par le SHOM en fusionnant les travaux du centre national d'études spatiales (Lefèbvre) et les données recueillies en mer par les bâtiments du SHOM (Bessero et Fourgassié). Puis à partir de 1990, l'objectif ne fut plus de simplement maîtriser les perturbations engendrées par les anomalies de pesanteur en matière de navigation sous-marine, mais de se servir de ces anomalies pour contrôler les centrales [Le Quentrec-Lalancette, 1995].



« Gravimètre absolu installé à l'EPSHOM en mars 1998 »

Magnétisme

Longtemps le magnétisme ne fut considéré que dans l'optique de la navigation : toute carte marine doit en effet porter la valeur de la déclinaison magnétique, et si possible de sa variation, à une date donnée. Même si les ingénieurs hydrographes ainsi que le note Rollet de L'Isle [1950, op. cit.] ne disposaient guère de temps pour mener de longues études dans ce domaine, on peut dénombrer une centaine de rapports d'observation à terre, en général de la déclinaison, mais parfois aussi de l'intensité et de l'inclinaison, publiés dans les annales hydrographiques entre 1952 et 1972.

Jusqu'au milieu du 20^e siècle, l'observation de la déclinaison se faisait à l'aide du théodolite à pièce additionnelle que Bouquet de la Grye fit construire en 1880. Ensuite les appareils utilisés (théodolite T0, BMZ, QHM, ...) furent ceux développés par l'industrie.



« Le théodolite à pièce additionnelle de Bouquet de la Grye »

Les observations à terre du magnétisme disparurent presque totalement dans les missions du service hydrographique avec l'avènement dans les années 1970 des modèles harmoniques mondiaux calés sur un réseau de stations permanentes. Bien que ces modèles soient de faible résolution, leur précision est en effet suffisante pour les besoins des navigateurs professionnels (l'erreur peut quand même atteindre localement 20%) et ce d'autant que le compas magnétique n'est plus désormais considéré que comme secours du compas gyroscopique.

La recherche d'épaves, ainsi que nous l'avons vu, a bénéficié du développement des magnétomètres remorqués qui mesurent le champ total et donc permettent de détecter les anomalies induites générées sur les épaves métalliques. La mesure magnétique effectuée par les bâtiments hydrographiques n'a alors pas besoin d'être absolue et son traitement est sommaire (pas de prise en compte des variations temporelles) : les rares études menées par les ingénieurs hydrographes ont donc longtemps concerné essentiellement les possibilités de détection [Comolet-Tirman, 1976, op. cit.] et non la recherche d'une précision élevée.



« Mouillage d'un magnétomètre en 1951 »

A la fin des années 1980, la marine nationale prit une conscience plus nette de l'importance de l'environnement pour la conduite de ses opérations et pour la mise en oeuvre de ses systèmes d'armes. En matière de magnétisme le besoin fut longtemps de se protéger contre les mines et les solutions étaient essentiellement technologiques. Mais le champ magnétique possède des caractéristiques dont l'intérêt pour la marine a suscité un renouveau des études du service depuis 1990 [Le Quentrec-Lalancette, 1995, op. cit.]. Intérêt indirect pour la connaissance de la structure géologique des fonds marins dont les effets sur la propagation des ondes acoustiques peuvent être déterminants. Intérêt direct pour le recalage des navigations de sous marins : l'énergie d'information du signal magnétique est en effet très importante, et pourrait être mise à profit pour une corrélation analogue à celles effectuées avec la bathymétrie ou la pesanteur.



« Sonde de magnétomètre SMM 92 »

LA MARÉE

« Si dans l'étude des grands phénomènes de la nature, rien ne supplée au nombre des observations, à l'intervalle de temps qu'elles embrassent, nulle part le phénomène des marées ne mérite d'être suivi avec plus vif intérêt qu'à Brest. On possède, en effet, pour ce port d'anciennes observations, comparables, au point de vue de l'exactitude, aux observations les plus récentes. »

C'est ainsi que Chazallon introduisait son mémoire sur les observations de la marée dans le port de Brest [1843].

Certes l'observation de la marée à Brest remonte à 1679 (Lahire et Picard), mais ces observations se faisaient en un point assez vaguement désigné proche de l'entrée du port, de façon discontinue aussi bien dans le temps que pour les procédures (parfois on n'enregistre que la hauteur des hautes mers sans donner les heures).

Sous l'influence de Laplace, qui avait publié sa théorie des marées d'après l'influence du soleil et de la lune, les observations reprirent en 1807 à Brest, puis pour les besoins des travaux hydrographiques menés par Beautemps-Beaupré et ses collaborateurs entre 1816 et 1838 dans 72 ports des côtes de France¹¹.

Ces observations faites à l'échelle de marée ont servi à fixer dans les ports français la situation des zéros de réduction des sondes qui furent adoptés pendant près de 150 ans pour les cartes marines.

Les observations faites à Brest et Lorient laissèrent perplexes la communauté scientifique, car elles présentaient des fluctuations qui firent émettre des réserves sur la qualité des mesures notées « *par un employé subalterne présumé insouciant* » comme indiqué dans le rapport de Bouquet de la Grye à l'Académie des Sciences [1882]. Ce même rapport indiquait : « *Appelé par ses fonctions à discuter de pareilles questions, un ingénieur hydrographe pouvait mieux qu'un autre mettre fin à ces doutes et Daussy (...) vint en 1834 préciser l'influence de la pression atmosphérique et donner la mesure de la correction correspondante* ». Les travaux de Daussy furent publiés dans la « *Connaissance des temps* » [Daussy, 1839].

Depuis le service hydrographique a conservé et amplifié son rôle d'expert en marée côtière.

Chazallon publia en 1839 l'« *Annuaire des marées des côtes de France* », qui fut aussi le premier ouvrage de ce genre publié dans le monde et qui connut immédiatement un grand succès auprès des marins. Il utilisa pour prédire les marées à Brest les formules de Laplace, qu'il modifia pour la faire mieux correspondre aux observations (formule de Laplace-Chazallon) et dont il systématisa le calcul. La marée des autres ports était ensuite déterminée par les concordances déduites des nombreuses mesures recueillies au cours des campagnes de Beautemps-Beaupré. Cet ouvrage, imité par toutes les nations maritimes, a depuis été continûment publié (à l'exception de l'année 1841, faute de crédits !).

Cette méthode, malgré certaines anomalies et son informatisation par Roumégoux, était toujours en vigueur dans les années 1980. Certes des méthodes plus modernes et plus précises auraient pu être introduites, mais leur mise en oeuvre outre les limitations de la puissance de calcul des ordinateurs de l'époque, aurait conduit à renoncer à la seule trace des observations anciennes de marée. Ainsi Hatt [1878] traite-t-il de la décomposition en ondes élémentaires, et Bouquet de la Grye [1882, op. cit.], perfectionnant les analyses de Daussy sur les corrections à apporter aux observations en tenant compte de la densité de l'eau de mer, détermine-t-il sur les séries observées à Brest de 1873 à 1876 (140 000 résultats) les ondes de longue période, poussant les développements jusqu'au 24^e terme de la série.

En 1885, Hatt publia un remarquable recueil de ses leçons faites aux élèves-ingénieurs hydrographes, « *Notions sur le phénomène des marées* » où il expose le problème sous une forme nouvelle, plus simple que celle de Laplace et néanmoins suffisamment précise, en particulier dans le chapitre VI qui traite de l'observation de la marée et de la recherche des ondes de divers ordres qui la composent. Il expose à la suite de Lord Kelvin¹² la théorie de l'analyse harmonique de la marée

(11) Ces observations furent publiées dans le « *Pilote français* » (section V, 1838).

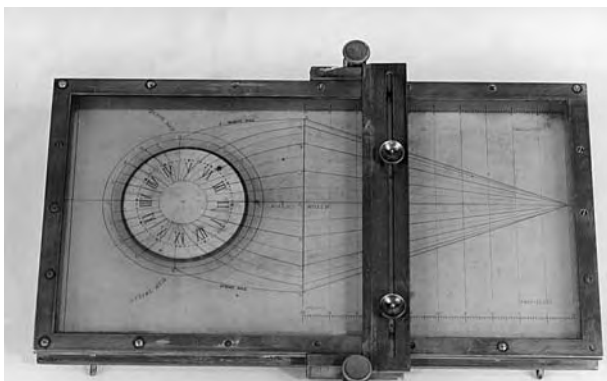
(12) Hatt fit du reste acheter en 1901 une machine à calculer du modèle de Lord Kelvin qui fut en usage jusqu'en 1960 au service hydrographique.

[Hatt, 1893], puis il introduit dans les annuaires la notion si utile de coefficient [Hatt, 1894].



« La machine à prédire la marée »

De 1904 à 1912, Rollet de L'Isle s'est livré à un travail considérable, et d'une importance primordiale concernant la coordination de toutes les observations de marées effectuées sur les côtes de France depuis 1816 : il a dressé des tableaux très complets entre la marée de 85 ports et celle de Brest, et il en déduisit la liste des constantes de marée de tous ces ports. Ces données, complétées par les observations postérieures et pour 65 autres ports furent publiées par Courtier [1934].



« Maréscope de Courtier »

Faisant suite aux interrogations de Hatt qui regrettait en 1880 que l'empirisme dont il avait fallu faire preuve pour obtenir des résultats corrects n'avait en fait que peu de fondements théoriques, Courtier considéra en 1934 que la formule de Laplace-Chazallon conduisait à adopter pour Brest une marée fictive qu'il dénomma « Brest-rade » et à partir de laquelle pouvait se déduire par concordance la marée dans les autres ports et notamment à Brest, l'application des tableaux de concordance permettant de redresser les inexactitudes de la prédiction par Laplace [Courtier, 1934, op. cit.]. Ce n'est qu'en 1982 que Simon introduisit dans l'annuaire ce caractère fictif de la prédiction usuelle de Brest et qui fut nommée « Brest-référence ».

A la fin des années 1950, les méthodes de calcul de l'annuaire furent transposées sur un ordinateur CAB 500, mais l'informatique ne permit réellement de reprendre les travaux de recherche¹³ concernant la marée qu'à partir des années 1970. Ainsi Demerliac introduisit-il un filtre pour le calcul des niveaux moyens journaliers encore en usage aujourd'hui, ou la méthode de calcul des composantes harmoniques fut-elle refondue avec l'adoption du calcul par moindres carrés en remplacement de la méthode des heures spéciales, par le développement de Doodson plutôt que celui de Darwin, beaucoup moins complet.

Même si la formule harmonique était manifestement supérieure à celle de Laplace-Chazallon, celle-ci ne fut que progressivement abandonnée et ne disparut qu'avec l'annuaire de 1992 où la notion de Brest-référence fut supprimée. Parallèlement le calcul des marées par la méthode des concordances par espèces fut développé afin d'une part de traiter la marée des estuaires et d'autre part permettre l'analyse de courtes périodes d'observation [Simon, 1981].

Enfin les travaux actuels portent sur la modélisation numérique dont les résultats encourageants n'ont pas encore abouti à des applications opérationnelles.

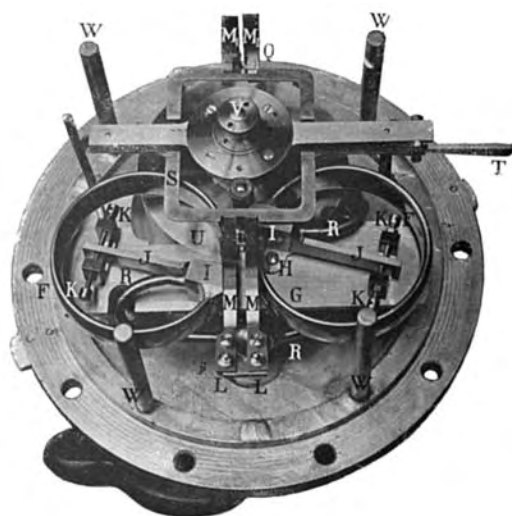
Les premières séries d'observation de la marée réalisées au début du 19^e siècle ont été faites par lecture d'une échelle de marée soigneusement nivelée. Chazallon ajouta notablement à l'exactitude des données en amenant l'eau à enregistrer sa propre hauteur et en parant ainsi aux oublis ou erreurs possibles des observateurs. Le premier marégraphe imaginé par Chazallon fut installé à Brest en 1846 : il servit de modèle à ceux installés rapidement dans les ports de la côte ouest : Cherbourg, Le Havre, Saint Nazaire, Saint-Malo, La Rochelle, Rochefort ... La construction et l'entretien de ces observatoires étaient une grosse affaire, confiée généralement aux Travaux Publics ou maritimes. Il fallut attendre 1881 pour que Marseille en soit équipé : on s'était trop hâté à considérer les marées méditerranéennes comme insignifiantes.



« Implantation du marégraphe permanent de Brest »

(13) Bouquet de la Grye avait eu à résoudre 30 000 équations pour établir ses travaux présentés en 1882.

Ces installations conduisaient à n'étudier la marée qu'au voisinage des côtes. Favé [1891] considérant l'intérêt scientifique d'une observation au large alors qu'elle n'était pas influencée par la forme de la côte et les variations de profondeur à leur approche imagina dès 1887 un marégraphe qui pouvait être immergé à une profondeur quelconque et enregistrer les variations du niveau de la mer. Le capteur est constitué d'un baromètre métallique formé de deux tubes de Bourdon accolés en communication avec l'eau extérieure, et dont les extrémités libres enregistrent leur déplacement sur une plaque de verre recouverte d'un enduit. Les essais conduits jusqu'à une profondeur de 200 m, ont montré le parfait fonctionnement de l'instrument [Favé, 1908-09-10].



« Mécanisme d'un marégraphe plongeur Richard : 1908 »

L'équipement était destiné à l'étude des marées au large, mais aussi à se substituer aux lectures sur échelles de marée lorsque le profil de la côte les rendait difficiles (faible déclivité), ou lorsque des mesures continues la nuit étaient jugées nécessaires. Malheureusement, la récupération des appareils de Favé était assez aléatoire et les pertes fréquentes, ce qui restreignait leur emploi et raréfiait le stock en service.

Au début des années 1960, un regain d'intérêt fut porté à l'étude de la marée océanique qui n'avait pu être observée jusqu'alors. L'énoncé du problème et la caractéristique des solutions furent présentés par Eyriès en 1967 [1968] après que le premier instrument opérationnel, le marégraphe AFEPO construit sur directives du service hydrographique par la société Telemac, ait permis de réaliser la première mesure mondiale de marée par grands fonds [Eyriès, Dars et Erdely, 1964].

Après la seconde guerre mondiale apparurent des marégraphe portatifs, inscrivant sur un graphique continu. Ces marégraphe équipèrent les stations du réseau d'observation permanent qu'entretient le service, avant que depuis 1990 ils ne soient remplacés

progressivement par des équipement numériques dont les mesures sont transmises au SHOM par liaison télématique (marégraphe côtiers numériques). Le réseau d'observatoires ainsi réalisé constitue une contribution importante aux programmes internationaux d'observation du niveau des mers, et permet de contrôler les cotes et décotes liées aux effets météorologiques et de déterminer les hauteurs d'eau extrêmes pour la délimitation du domaine public [Simon, 1996].



« Marégraphe à siphon ; Casamance, 1960 »

Les marégraphe portatifs furent aussi installés par les missions pour la réduction des travaux bathymétriques. Cependant comme l'avait pressenti Favé, la précision aujourd'hui recherchée pour les mesures de profondeur a conduit à observer la marée à proximité des zones de travaux, et donc à l'aide de marégraphe immergés.



« Contrôle d'un marégraphe à flotteur à Mayotte »

Les premiers appareils modernes de ce type utilisaient un enregistrement analogique sur papier des pressions observées, les plus récents des mémoires numériques que l'on peut consulter par liaison informatique. Les ingénieurs du SHOM assistèrent largement les industriels pour maîtriser les différents paramètres influençant la mesure et tout particulièrement la température. En 1962 Eyriès [1967-68] notait ainsi à l'issue d'essais du marégraphe plongeur Richard : « *Ce genre d'instrument présente un vice de principe : c'est autant un thermographe qu'un marégraphe* ».

On considère aujourd'hui seulement, que la combinaison des modèles numériques de la marée et des mesures effectuées au large par les marégraphes à capteur de pression immergés permet de calculer en tout point du plateau continental de la métropole la marée astronomique avec une précision enfin satisfaisante pour les besoins de l'hydrographie [Simon, 1990].

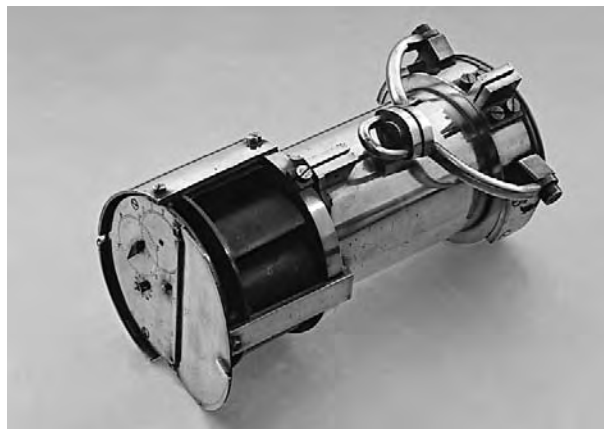
L'HYDRODYNAMIQUE LITTORALE



« Marégraphe immergé SUBER »

La connaissance des courants est nécessaire pour la navigation. Pendant longtemps l'acquisition de cette connaissance a été freinée par le manque de moyens d'observation. Certes Delaroche-Poncié réalisa dès 1839 un instrument destiné à obtenir la direction du courant à diverses profondeurs et composé d'une aiguille aimantée qu'il est possible de bloquer à la commande afin de connaître via le gisement de l'aiguille bloquée avec la queue de l'appareil, l'azimut magnétique du courant. Cet appareil fut même complété par Chazallon qui y adapta une roue et un compteur pour mesurer en plus la vitesse.

Cependant jusqu'à la deuxième guerre mondiale, la



« Courantomètre du début du 20^e siècle »

plupart des mesures ont été faites en surface, soit en observant au mouillage la longueur et le gisement d'une ligne filée pendant un temps bien déterminé [Caspari, 1888], soit en suivant le mouvement de flotteurs drogués à faible immersion [Renaud, 1895]. Parfois on avait recours à des lancers de bouteilles flottantes où une note était encapsulée à l'intention de la personne qui retrouverait le flotteur : l'exploitation des observations de courant intégré consistait à une simple récapitulation des points de départ et d'arrivée¹⁴ [Anonyme, 1894], [Anonyme, 1902].

De nombreuses informations enfin étaient recueillies par les commandants de bateaux eux-mêmes qui constataient des écarts entre la route prescrite et celle réellement observée. Ces informations ont permis de décrire les grands courants océaniques, mais parfois également certains effets des courants de marée [Salomon, 1915].

Comme bien souvent la capacité de mesurer les courants fut développée par les industriels après la seconde guerre mondiale et le service hydrographique se contenta en général d'utiliser les produits disponibles sans avoir la même démarche d'accompagnement que pour les marégraphes. Seules quelques études instrumentales spécifiques ont dû être menées lorsqu'il s'est agi de qualifier les courantomètres destinés à mesurer des courants de très faible ou au contraire de très grande intensité [Batany et al., 1991], [Lebreton et al., 1991]. Récemment cependant il a été nécessaire d'inciter les industriels à développer des flotteurs à immersion de consigne afin de pallier le manque d'équipements performants du marché, mais le rôle du service a plus été de commander des études que de participer à leur réalisation.

Le traitement des mesures de courant est resté longtemps rudimentaire. Cela tient probablement au fait

(14) Cette stratégie d'observation fut relancée dans les années 1970 à l'aide de cartes flotteurs. Cette fois les ordinateurs auraient permis un traitement, mais trop d'observations aberrantes ont conduit le SHOM à abandonner le projet.

que les informations fournies aux navigateurs consistaient en une indication des vitesses et directions des courants à des périodes bien définies par rapport à la marée, et que ces informations étaient obtenues assez directement à l'aide des mesures faites dans ce but. On peut néanmoins retenir quelques études remarquables.

Monnier présenta en 1835 un mémoire à l'Académie des sciences, dont le rapport fut fait par Arago et Savary, ce qui souligne sa grande valeur scientifique. Ce mémoire analyse les observations recueillies sur les côtes de France lors des campagnes de Beautemps-Beaupré et en déduit le comportement théorique des courants de la Manche considérée comme un canal à deux issues dans lequel l'onde-marée se propage de façon continue. Comme conclusion pratique à ce mémoire théorique, Monnier présente un « Tableau des courants de la Manche et de la Mer du Nord » pour une marée de coefficient 100.

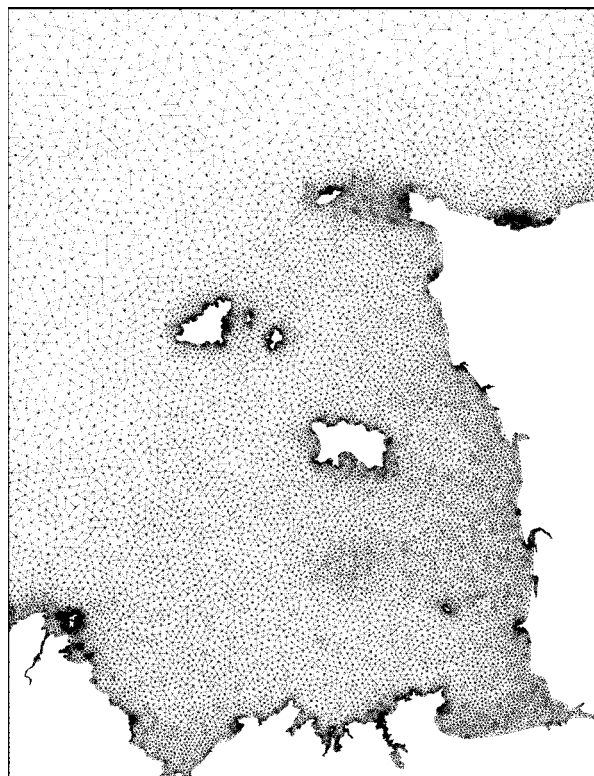
Keller publia en 1854 un « Routier compteur des courants de la Manche et de la mer d'Allemagne » qui repose sur une étude approfondie aussi bien des tableaux anciens (remontant jusqu'à la remarquable « Thrésorerie de la route marinesque » publiée en 1590 par Lucas Waghenar) que sur les observations les plus récentes. La démarche ne se contente pas de constater l'état de la connaissance mais présente les aspects de théorie pertinents.

Plus pratiques, Manen, qui établit en 1874 des « Diagrammes des courants de la Gironde » longtemps utilisés, et Courtier, dont les tables de traitement ont été simplement transcrites dans les années 1970 sous la forme de traitements informatiques.

L'informatique a introduit une révolution dans la manière d'aborder l'étude des courants : il est désormais possible d'envisager le calcul direct à partir des équations de l'hydrodynamique par une modélisation numérique. Il ne s'agit plus de transcrire au plus près des besoins du navigateur ou de l'aménageur le résultat de mesures, mais bien d'établir le développement théorique qui conduit à des résultats confortés par l'observation.

Le premier atlas de courants publié à partir des résultats obtenus par cette méthode fut l'atlas des courants du Pas de Calais en 1988. La résolution du modèle était de 4 km, insuffisante pour les zones proches de la côte : il fallut compléter le modèle avec des données directement issues de mesures.

Les atlas suivants, Bretagne-sud, Vendée-Gironde ou Baie de Seine ont bénéficié de l'amélioration des performances des moyens de calcul disponibles au moment de leur conception, et la résolution des modèles est devenue variable selon la morphologie des fonds et de la côte, descendant lorsque nécessaire à quelques dizaines de mètres pour l'atlas normand-breton.



« La modélisation numérique :
maillage du golfe normand-breton »

La limite des capacités des modèles numériques est désormais contrainte par la puissance de calcul de l'ordinateur et surtout la capacité du service hydrographique à fournir une information bathymétrique à très haute résolution.

LA NATURE DES FONDS

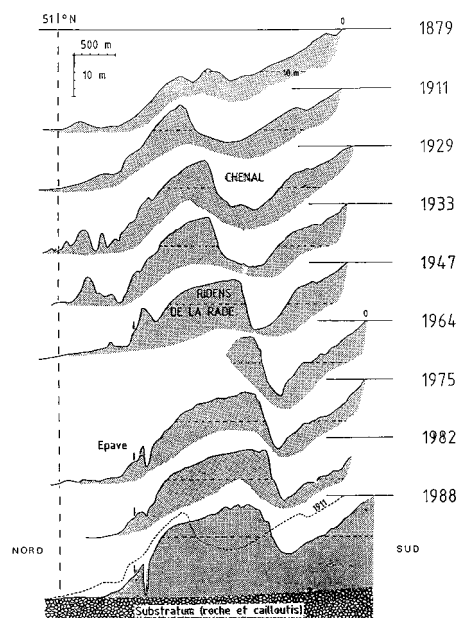
Lorsque les sondages bathymétriques étaient effectués à l'aide du plomb, celui-ci était suifé afin que l'empreinte sur le suif garantisse que le fond avait bien été atteint : le sédiment collé était systématiquement décrit et sa nature, sa couleur, éventuellement sa granulométrie consignés. Toutes ces données sédimentologiques, obtenues en très grand nombre (jusqu'à 400 échantillons par km² au voisinage des côtes), ont permis de réaliser des minutes de la nature des fonds dès le milieu du 19^e siècle. Celles-ci n'existent qu'en exemplaires uniques, à l'exception de la carte du goulet de Brest publiée en 1897.

L'exploitation scientifique de ces prélèvements était généralement liée aux accès des ports maritimes ou à la description du régime des côtes. Le service a ainsi été responsable à partir de 1838 et jusqu'en 1958, de la publication, les « cahiers de recherches hydrographiques sur le régime des côtes ».

Les ingénieurs hydrographes n'ont que peu publié les résultats de leurs études dans les annales hydrographiques. On n'y trouve guère qu'une étude de

Larousse [1871] sur les changements qui se sont produits dans les embouchures du Nil alors que Wissocq avait élaboré une « Théorie mathématique sur les bancs de sable et de galets à l'embouchure des rivières » (1835), Bouquet de la Grye [1866] avait publié une étude sur l'embouchure des fleuves, et Renaud s'était penché sur la géologie du Pas de Calais [Renaud, 1891] ou la protection du Mont Saint-Michel [Renaud, 1908].

L'activité sédimentologique du service hydrographique ne débuta réellement que dans les années 1980 du fait d'une double circonstance. D'une part avec l'augmentation des tirants d'eau des navires de la marine marchande, les dunes de sables du Pas de Calais et du sud de la mer du Nord devenaient un danger dont la mobilité devait être contrôlée. Une stratégie de levés périodiques fut mise au point avec les Britanniques et les Néerlandais et diverses études pour comprendre et dimensionner le mouvement des dunes furent entreprises, en particulier en liaison avec l'université de Lille.

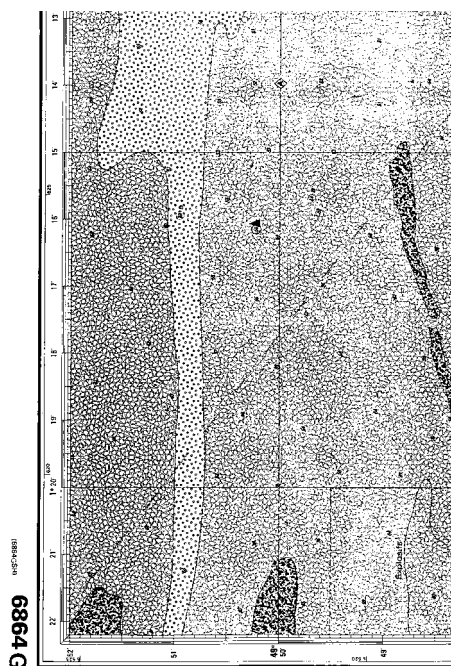


« Évolution des ridens de la rade de Calais (1879-1988) »

D'autre part, la marine nationale exprima des besoins considérables en matière de connaissance sédimentologique pour les opérations de chasse aux mines et pour la maîtrise des conditions de propagation des ondes acoustiques. Cette expression de besoin coïncidait avec l'émergence de nouveaux outils acoustiques permettant la description de la surface des fonds [Garlan, 1998]. Le sondeur latéral déjà évoqué pour son utilisation en recherche de roches, fournit une imagerie des fonds de grande qualité qui permet de circonscrire les zones rocheuses, de différencier les sables grossiers et fins et de décrire les structures sédimentaires : une telle imagerie est désormais offerte

par les sondeurs multifaisceaux [Tonchia, 1996, op. cit.]. Le système RoxAnn qui traite les signaux acoustiques émis par les sondeurs bathymétriques verticaux et réfléchis par le fond : la discrimination se fait, après apprentissage¹⁵, par l'analyse de la rugosité et de la dureté des fonds. Les sondeurs à basse fréquence (3,5 kHz ou moins) permettent d'obtenir des coupes sismiques à très haute résolution.

Ainsi que cela fut fait par les hydrographes utilisant le plomb de sonde, l'acquisition d'informations sédimentologiques peut de nouveau accompagner systématiquement les levés hydrographiques. Mais même en profitant de cette possibilité nouvelle de recueillir une grande quantité de données, le travail nécessaire pour décrire les zones d'intérêt français est considérable et une coopération renforcée avec les laboratoires universitaires a été mise en place à la fin des années 1980 afin de partager les connaissances. Cette coopération a abouti en particulier en 1992 à la création d'une variante des cartes marines : ces cartes baptisées G [Garlan, 1993] présentent de façon synthétique la nature superficielle des fonds au profit d'une large communauté d'utilisateurs : pêcheur, aménageur, chercheur et bien sûr militaire.



« Extrait de la carte de nature de fonds 6864 G »

L'EXPLOITATION DES DONNÉES EN MISSIONS

Du temps de Beautemps-Beaupré, la construction graphique des segments capables observés lors du levé se faisait en utilisant le rapporteur et le compas : on construisait la perpendiculaire puis le centre du segment à l'aide du rapporteur à alidade, et on décrivait l'arc utile du segment capable avec le compas.

(15) Des prélèvements (benne, carottier, etc.) sont nécessaires pour calibrer les informations obtenues indirectement par l'acoustique.

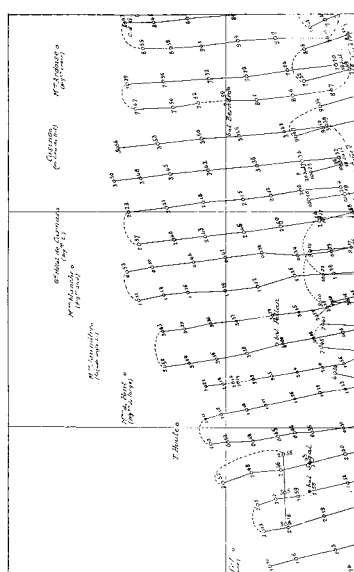
Quarante ans plus tard, en 1885, Bouquet de la Grye fit connaître et recommanda un procédé plus précis qui consistait à construire deux points dans le voisinage de la position recherchée, et à assimiler l'arc de segment à sa corde.

Pour un grand nombre de stations, Driencourt (1898) eut recours à la graduation préalable des perpendiculaires sur lesquelles on portait les centres des segments capables variant uniformément.

Les procédés de Bouquet de la Grye et de Driencourt étaient encore employés après la seconde guerre mondiale, et ne disparurent qu'avec la généralisation des moyens de positionnement radioélectriques et de l'emploi des calculateurs.

On pourra remarquer que les ingénieurs hydrographes n'ont jamais fait usage des rapporteurs à trois branches appelés « stygmographes » ou de l'instrument de Favé (1887) bien que le dispositif mécanique utilisé fût très ingénieux. En fait ces appareils qui permettent de trouver sans construction le point d'intersection de deux segments capables ne fournissent pas la valeur de la détermination du point cherché et, surtout, les ingénieurs hydrographes ont toujours considéré (et à juste titre conforté par d'innombrables exemples) qu'un point n'est réellement déterminé que par l'intersection de trois segments au moins. Cette nécessaire redondance reste bien entendu de règle aujourd'hui.

Une fois les positions reportées, on a longtemps reporté les sondes, corrigées de l'erreur provenant de la ligne de sonde et de la marée, sur des feuilles de papier collé sur toile afin d'éviter une trop rapide détérioration. L'objectif était de conserver le plus de sondes possibles. Les roches et dangers isolés étaient reportés sur des minutes de « construction des roches ».



« Minute de construction des sondes : début du 20^e siècle »



« Minute d'écriture des sondes : début du 20^e siècle »

L'ensemble de ces principes (localisation redondante, représentation sur support non périssable, réduction des erreurs instrumentales, réduction de la marée, ...) ont été le fondement de la « rédaction » telle que le service hydrographique l'a toujours considérée. Ils permettent une réelle durabilité de l'information, même si la pression a constamment été portée par les gouverneurs de crédits sur une illusoire rentabilité immédiate.

Jusqu'à l'avènement des moyens informatiques dans les années 1980, ces méthodes manuelles furent conservées, même si des évolutions furent constatées. Dès le début des années 1970, les lieux de position radioélectrique étaient tracés préalablement par ordinateur et l'hydrographe construisait une interpolation manuelle entre ces lieux : le report de la bathymétrie



« Atelier de photocomposition de l'EPSHOM dans les années 70 »

était ensuite effectué, non en cherchant à obtenir le plus de sondes possibles, mais en effectuant un choix judicieux parmi toutes celles recueillies (enregistrement analogique des sondeurs) en tenant compte de la morphologie des fonds et de la nécessité de ne représenter que des sondes réelles et non interpolées. Parfois la localisation était entièrement traitée par ordinateur (après renseignement laborieux d'imprimés saisis ensuite sur cartes perforées), mais l'intervention manuelle était prépondérante.

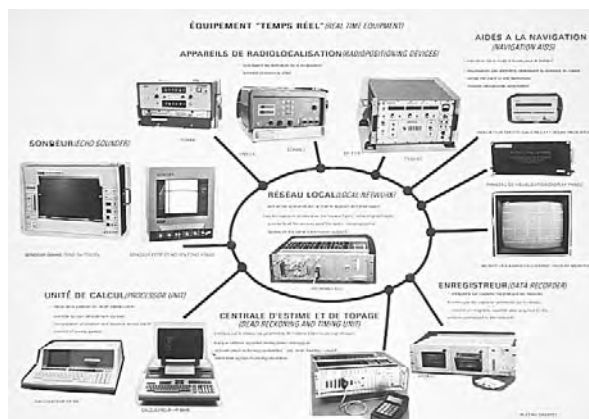
Le premier outil informatique utilisé pour préparer cette rédaction fut un système baptisé SATAD (Système d'Acquisition et de Traitement Automatisé des Données) embarqué à bord du *D'Entrecasteaux* dès 1974. Ce système, développé sous l'impulsion de Gaillard [Guével, 1997, op. cit.], se heurta à des réticences fortes de la part de la direction du SHOM et des utilisateurs en raison de sa fiabilité insuffisante. Il resta à l'état de prototype opérationnel, utilisé seulement par la mission océanographique de l'Atlantique. Mais il permit de prouver la faisabilité et surtout l'intérêt d'une procédure entièrement numérique pour le pilotage et la rédaction des levés hydrographiques, et de mettre au point divers algorithmes concernant la localisation, la numérisation et la poursuite des échos des sondeurs, le filtrage des mouvements parasites tels le pilonnement [Gaillard, 1980].



« Système SATAD à bord du *D'Entrecasteaux* : 1977 »

L'expérience acquise avec SATAD permit de concevoir au début des années 1980 une génération nouvelle d'équipements informatiques destinée à équiper cette fois l'ensemble des missions du service. Ce système a été baptisé HYDRAC (pour l'acquisition des données) - HYTRAI (pour leur traitement). Une version de base fut développée au centre informatique de l'Établissement principal du SHOM par Gaillard et Abgrall. Elle comportait un ensemble de modules tels que l'acquisition des données des capteurs, le calcul de la marée, le choix de sonde ou le traitement de la localisation qui étaient « inviolables » afin de garder la maîtrise de processus complexes qui conditionnent la qualité des levés. Une des difficultés majeures était liée à la notion de responsabilité légale. Le directeur technique, par sa signature, garantit la qualité des

données représentées. Le développement des logiciels nécessaires à l'exploitation des données devait donc être validé par un hydrographe et Chimot s'acquitta de cette lourde responsabilité.



« L'architecture du système HYDRAC »

Les liens entre les modules furent optimisés par les utilisateurs en mission : en particulier Frachon [Gaillard et al, 1984] et Bessero [1992 ; 1996, op. cit.].

Bien sûr, les techniques informatiques évoluant rapidement au début des années 1990, une nouvelle génération d'outils fut développée : AQIDOC-TRADOC, mais la révolution informatique avait déjà eu lieu et ce nouveau système ne fut qu'une modernisation d'HYDRAC-HYTRAI.

La révolution vient du fait que les données sont acquises, traitées, archivées de façon numérique. Certes des documents graphiques sont nécessaires à une étape ou une autre pour matérialiser cette information et permettre au directeur technique de cautionner la qualité des données traitées. Mais l'ensemble de l'information est plus immatérielle et donc extrêmement difficile à contrôler.

Il convient de noter, pour clore cette partie, que les systèmes SATAD, HYDRAC-HYTRAI ou AQIDOC-TRADOC sont destinés à l'exploitation et la rédaction des levés hydrographiques effectués avec les équipements communs des missions hydro-océanographiques. Lorsque des capteurs spécifiques sont utilisés, le pragmatisme prévaut et on ne cherche pas à intégrer les algorithmes d'exploitation dans les chaînes communes. Plusieurs développements méritent d'être cités comme les logiciels mis au point sous la conduite de Camus pour les bathysondages ou les logiciels de traitement des données des sondeurs multifaisceaux réalisés sous la conduite de Tonchia puis Bisquay [1997]. Les logiciels disponibles auprès des industriels présentent les défauts de leur robustesse : ils éliminent bien souvent les données s'éloignant de la statistique, celles-là même qui sont souvent les plus utiles à l'hydrographe et à l'océanographe.

L'EXPLOITATION DES DONNÉES DANS LES PRODUITS NAUTIQUES

De la fondation du service à la seconde guerre mondiale, la technique cartographique n'avait pratiquement pas varié :

i) La plupart de signes conventionnels utilisés étaient ceux adoptés par Beautemps-Beaupré [Rollet de L'Isle, 1950, op. cit.].

ii) Les minutes rédigées après les travaux de levé hydrographique avaient pour destination unique la carte marine : ces levés étaient du reste pour les plus grandes échelles, souvent effectués à l'échelle de la future carte. La symbolique, en particulier pour la topographie, était donc très proche de celle de la carte marine et le graveur utilisait souvent directement les minutes définitives accompagnées d'un calque sur lequel étaient figurées les sondes isobathes retenues.

iii) Lorsque les publications n'étaient pas à l'échelle de la rédaction, ou pour l'assemblage de documents à des échelles diverses (dont les cartes étrangères), une reproduction photographique, dont les détails devenus trop petits du fait de la réduction d'échelle avaient été repassés par le dessinateur, était remise au graveur.

iv) Ces documents étaient accompagnés d'une projection cotée et d'une feuille de publication contenant les renseignements nécessaires à la publication (titre, échelle, marée, déclinaison).

v) Les cuivres étaient gravés par des spécialistes du trait et des spécialistes de la lettre avant l'impression, qui était du reste très lente (une douzaine d'exemplaires à l'heure ...).



« La gravure sur cuivre »

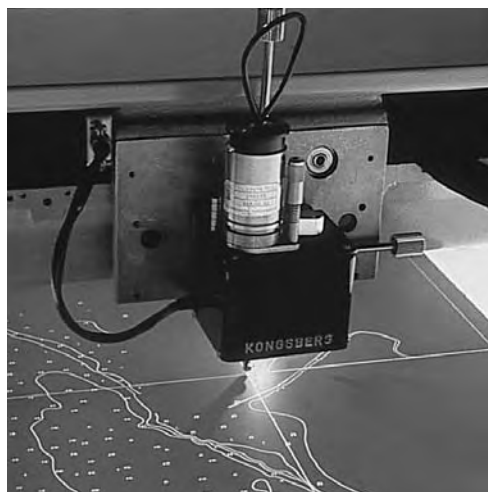
Les premières évolutions importantes qui survinrent après la deuxième guerre mondiale concernèrent d'abord le point v) : la gravure sur cuivre. Les supports résistants et peu déformables en matière plastique permirent d'une part de transférer les cuivres vers des zincs d'impression via une pellicule de plastique imprégnée de l'encre portée sur la plaque et obtenue par pulvérisation et ainsi obtenir des cadences



« Phototraceur laser : 1990 »

d'impression très supérieures à celle permise par la taille douce, d'autre part pour les publications de tracer directement le trait sur des couches à tracer et indirectement la lettre par collage de papillons découpés dans des feuilles de plastique mince et préalablement imprimés suivant les gabarits voulus. Des masques de teinte à plat ou tramée pouvaient être réservés.

La deuxième évolution importante fut le fait des ordinateurs. En pilotant une table traçante il fut rapidement possible de graver sur couche divers éléments géométriques linéaires de la carte tels le cadre ou les carroyages.

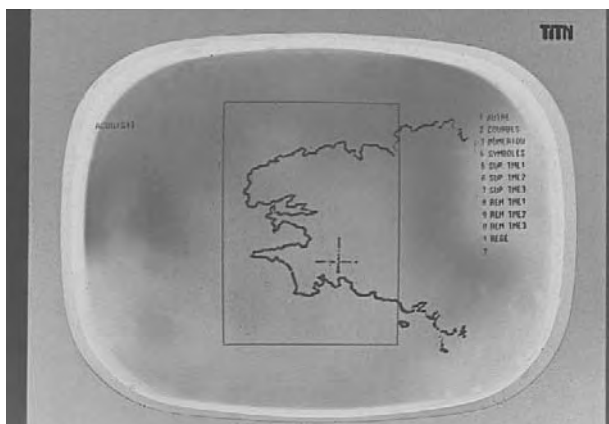


« Gravure d'une couche à tracer par le traceur Kongsberg »

Pour aller plus loin dans l'automatisation des tracés, le service développa dans le milieu des années 1970 un système original de numérisation de courbes baptisé CARTAS (CARTtographie ASSistée) [Gaillard, 1980, op. cit.]. Le système était ambitieux pour l'époque¹⁶

(16) On ne retrouvera un système opérationnel, basé sur une technique différente mais sur les mêmes principes informatiques, que 20 ans plus tard. Ce système, baptisé VTRAK par l'industriel, est aujourd'hui largement utilisé au SHOM.

puisqu'il s'agissait d'une part de piloter par ordinateur le déplacement automatique d'une cellule photoélectrique, asservie à suivre des courbes sur le négatif d'un document éclairé par derrière, d'autre part de créer, entretenir et exploiter une base de données vectorielles.



« Console de visualisation CARTAS »

Le système CARTAS resta à l'état de prototype, mais il permit au service d'entrer très tôt dans le monde de l'information géographique numérique, et d'en apercevoir la richesse. En cela il fut prolongé dans les années 1980 par la mise en place de bases de données numériques concernant de nombreuses informations utilisées sur les cartes marines, ébauche du système d'informations géographiques du SHOM qui allait naître au début des années 1990 [Le Gouic, 1988].

Il faut remarquer ici, et cela concerne le point iii) évoqué ci-dessus, que la quantité d'informations à traiter pour établir une carte a considérablement augmenté à partir des années 1970. Les raisons en sont multiples : automatisation des levés en missions, multiplication des capteurs, développement rapide des zones littorales, réglementation concernant la régulation du trafic, levés récurrents aussi bien pour suivre les zones évolutives que pour actualiser aux normes nouvelles des levés



« Atelier de cartographie en 1920 »

anciens, ... L'approche relativement directe évoquée pour les procédures avant 1950 n'est plus possible : le travail de compilation est devenu considérable et les outils informatiques d'assistance au préparateur sont encore insuffisants [Créach, 1998].



« Atelier de cartographie en 1960 »

Parallèlement à cette création abondante d'informations numériques, il fallait développer les outils qui permettraient de les manipuler, de les compléter et de les restituer. L'objectif était ambitieux puisqu'il a fallu :

- développer une véritable bibliothèque de symboles et de caractères, cohérente avec les normes internationales adoptées par le service en 1985¹⁷,
- mettre au point les logiciels de restitution graphique associés,
- développer une table à tracer de haute précision, capable de flasher directement sur film à l'aide d'une tête cathodique¹⁸, n'importe quel symbole, caractère ou courbe préalablement défini sous forme numérique,
- développer les logiciels de numérisation sur table grand format, des données complétant celles en fichiers numériques.

Sous l'impulsion de Souquière, ce système baptisé prosaïquement poste cartographique interactif de 1^{ère} génération (PCI1) [Souquière et Fichant, 1989] allait être rapidement disséminé au sein de la section cartographie. Ce succès est double puisqu'il concerne bien sûr la réalisation d'un développement complexe, mais surtout l'appropriation par l'ensemble des cartographes d'une approche totalement nouvelle de la carte marine : l'information n'est pas un symbole, mais un objet au sens informatique du terme.

Le PCI2 (successeur du PCI1) poursuit cette évolution essentielle. Il ne s'agit désormais plus d'utiliser une information numérique pour élaborer des documents graphiques, mais de réaliser des produits eux-aussi numériques : les cartes électroniques.

(17) Ces normes internationales, ne sont pas une simple adoption d'une symbolique internationale. Les unités, les références, les coupures de cartes le sont aussi. L'apport du service fut essentiel pour les coupures puisque c'est son catalogue qui servit de guide et que les références et unités retenues furent les siennes.

(18) Cette tête restituait les données par carreaux d'un cm² : on imagine la complexité résultante pour assurer la continuité parfaite des zones adjacentes...



« Atelier de cartographie en 1985 »

Dès 1988, Chimot avait développé une carte électronique destinée à assister les levés hydrographiques menés avec le sonar d'exploration hydrographique devant équiper le BH *Lapérouse* [Chimot, 1992, op. cit.]. Mais la carte électronique qu'il faut désormais considérer est le résultat d'une concertation internationale forte [Bessero et Hecht, 1996, op. cit.], dans laquelle le service est engagé aussi bien pour l'adoption des normes que pour la fourniture des données [Dénier, 1994]. Et au-delà l'avenir est à l'utilisation numérique intégrée de l'ensemble des données nautiques et des données spécifiques à chaque catégorie d'utilisateur.



« Première carte électronique du SHOM : 1987 »

L'Océanographie

L'océanographie est une discipline jeune dont l'essor se fit après la seconde guerre mondiale. Dans le cas du service hydrographique (qui devint SHOM en 1971 après l'adjonction symbolique du O d'Océanographique), la finalité de l'océanographie est aujourd'hui militaire : il s'agit de la connaissance et de la compréhension physiques de l'environnement océanique nécessaire à la conception et à l'emploi des systèmes d'armes navals.

On peut considérer que les objectifs de l'océanographie sont de trois ordres :

- l'étude de la morphologie, la structure et la nature des fonds et du littoral ;
- l'étude des masses d'eau (caractéristiques physiques et mouvements) et leur interaction avec l'atmosphère ;
- l'étude des espèces vivant dans l'océan.

Comme nous l'avons vu, les hydrographes ont toujours été très directement concernés par le premier objectif, même si leur finalité première n'est pas la connaissance pour une utilisation militaire, mais l'application de cette connaissance à la sécurité de navigation. Les sondeurs acoustiques de Marti ont été un atout important dans le succès des campagnes de Charcot [1930, op. cit.], premières campagnes françaises qualifiées d'océanographiques [cf. article de J. Bourgoïn dans ce numéro].

En participant aux développements dans les différents domaines que nous avons évoqués, marée, hydrodynamique, nature des fonds, bathymétrie, gravimétrie, topographie, etc., les hydrographes se sont dotés d'un savoir faire important pour satisfaire une partie du besoin militaire en matière de lutte acoustique, de guerre des mines ou d'opérations amphibies. Une partie seulement, parce que si la quasi-totalité des paramètres nécessaires sont couverts par le champ de l'hydrographie, il faut interpréter en termes opérationnels les informations hydrographiques¹⁹.

Avant l'apparition des sonars, l'étude des masses d'eau n'a été abordée par le service hydrographique qu'essentiellement à travers la navigation. Keller fit ainsi paraître en 1859 une « *Notice sur la navigation transatlantique des paquebots interocéaniques* » où il décrit en détail le régime des courants, des vents et des tempêtes dans l'Atlantique nord. Lors des travaux hydrographiques, des données d'océanographie physique ou biologique étaient régulièrement consignées, mais elles étaient recueillies en marge des travaux principaux et sans planification spécifique.

La météorologie fit, elle, l'objet de nombreux articles publiés dans les annales hydrographiques et traitant principalement de phénomènes violents tels que trombes, cyclones ou ouragans. On notera cependant que le besoin d'observations fut pris en compte très tôt par le service : ainsi, à l'issue du congrès de météorologie de Bruxelles en 1853, Delamarche fit-il adopter un type de journal d'observations météorologiques pour les bâtiments en campagne, afin de participer à une initiative internationale importante pour développer l'observation météorologique systématique.

Après la seconde guerre mondiale, le service hydrographique percevant l'intérêt militaire potentiel de

(19) La nature du fond doit par exemple être traduite en paramètres permettant de prendre en compte son impact acoustique.

l'océanographie et conscient qu'aucun développement sérieux n'était envisageable en France tant que l'océanographie physique y serait inexistante sur le plan civil, a activement contribué à son essor : création et animation du comité d'océanographie et d'études des côtes (le COEC qui paradoxalement fut supprimé en 1971, après la création du CNEXO), appui²⁰ à la création d'une chaire d'océanographie physique au Muséum d'histoire naturelle (dirigée par Lacombe), contribution à la formation d'océanographes civils, participation active au comité pour l'exploration des océans (COMEXO), organisme créé au début des années 1960 et auquel succédera le CNEXO puis l'IFREMER.

La création du bureau d'études océanographiques en 1960 est un tournant important dans l'histoire du service hydrographique, puisque le BEO représente en quelque sorte sa première Mission consacrée à l'océanographie. Ses objectifs étaient d'assurer la bonne exécution de mesures océanographiques, de dépouiller et d'exploiter les observations recueillies en vue d'une prévision des conditions acoustiques, de suivre la mise au point et d'évaluer les nouveaux appareils de mesure [Ribet, 1972]. Dans ce dernier domaine, une fois encore les ingénieurs hydrographes ont à la fois profité très vite des équipements développés par les industriels [Bonnot, 1972], et développé leurs propres outils lorsqu'ils n'existaient pas encore comme la sonde SAMO (sonde autonome de mesures océanographiques), le MET (multi-échantillonneur télécommandé qui préfigure les actuelles rosettes) ou un poisson remorqué à immersion variable ancêtre du « Sea Soar » des années 1990.

Outre son activité de collecte et de traitement²¹ de données hydrologiques et géophysiques « en routine », le BEO participa entre 1962 et 1970 à une douzaine de campagnes océanographiques d'envergure et de caractère international tant en Méditerranée qu'en Atlantique.



« Grappin de mouillage contenant le capteur du marégraphe à corde vibrante AFEGPO »

(20) Au titre de ce soutien on pourra simplement citer l'accès aux facilités de calcul offertes par l'ordinateur CAB 500 acquis par le service et qui se révéla essentiel aux premiers développements théoriques du Muséum.

(21) « ... il apparut très vite que les méthodes de mesure d'océanographie physique pratiquées jusqu'alors étaient insuffisantes et il fallait faire appel à des méthodes nouvelles faisant appel à des instruments complexes et à de nouvelles disciplines. » [Covillault, 1979, op. cit.].

Le BEO laissa la place à une mission océanographique de Méditerranée en 1971, marquant avec la construction du *D'Entrecasteaux* l'implication renforcée du service hydrographique dans le domaine de l'océanographie. Certes les moyens n'ont d'abord pas été à la hauteur des ambitions et en particulier le rythme des campagnes d'océanographie fut nettement diminué.

Le constat de l'insuffisance des mesures issues des observations de routine pour évaluer les modèles d'évolution de la thermocline incita le SHOM à mener néanmoins trois campagnes océanographiques, d'ampleur croissante et exemplaires parce qu'elles préfiguraient l'importance des moyens à mettre en oeuvre pour approcher la complexité du monde océanique, même pour des phénomènes très ciblés. Ces trois campagnes ont en effet concerné le comportement automnal de la thermocline saisonnière dans le golfe de Gascogne : Thermocline 1977 dont l'objectif était de mettre en évidence la dissipation de cette thermocline saisonnière, ENVAT 1981 pour étudier l'oscillation de la thermocline et différencier sa structure entre les zones abyssales et celles du plateau, et ONDINE 1985 pour l'étude des ondes et de la marée internes.

Parallèlement était développé un bureau de recherche commun entre le SHOM et la météorologie nationale (BRESM) sur le couplage océan - atmosphère [Sauvel, 1986].

Ce n'est cependant qu'en 1990 que des moyens permettant un ensemble cohérent de campagnes à la mer, d'associations avec la recherche civile et le développement de bureaux d'étude furent mis en place. Un centre militaire d'océanographie clairement responsable de la chaîne de l'océanographie militaire fut créé au sein du SHOM et doté de moyens humains et financiers enfin significatifs. Les actions sont menées en association étroite avec les océanographes civils français et en coopération avec les partenaires étrangers. Les domaines couverts sont vastes allant des travaux de recherche sur la modélisation de bassins océaniques ou de phénomènes tels que les ondes internes, à l'instrumentation et sa mise en oeuvre (tomographie acoustique, flotteurs lagrangiens) ou à la conduite de campagnes océanographiques complexes. Les satellites (qui permettent une observation régulière de la surface des océans) et l'informatique (traitement algorithmique ou bases de données) sont ici aussi des outils essentiels.

Un numéro spécial de la revue scientifique et technique de la défense fut consacré en 1995 à l'activité du SHOM en océanographie [Milard et al., 1995], témoignant de l'importance et de la qualité des travaux menés par le service dans ce domaine.

RÉFÉRENCES

- ROLLET DE L'ISLE M. - Étude historique sur les ingénieurs hydrographes et le service hydrographique de la marine. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 1 bis, 1950, p. 1 à 378.
- FICHOT E. - Rapport sur les travaux géodésiques effectués par le service hydrographique de la marine. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 4, 1921, p. 63 à 75.
- LIEUSSOU J. - Recherches sur les variations de la marche des pendules et chronomètres. Annales hydrographiques, 1^{re} série, tome 9, 1853, p. 189 à 343.
- GARNIER A., DE SUGNY M. - Détermination par le télégraphe de la différence de longitude entre Dakar et La Praya. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 8, 1886, p. 176 à 195.
- GOUGENHEIM A. - Une nouvelle méthode d'astronomie géodésique : la méthode des droites d'azimut. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 2, 1951, p. 209 à 226.
- BOUQUET DE LA GRYE A. - Exploration du plateau de Rochebonne. Annales hydrographiques, 1^{re} série, tome 16, 1859, p. 645 à 653.
- BOURGOIN J. - Mission hydrographique de la côte ouest d'Afrique. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 10, 1959-60, p. 127 à 193.
- ROUBERTOU A. - Mission hydrographique de Madagascar (10 mai 1957 - 7 mai 1959). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 10, 1959-60, p. 195 à 307.
- EYRIÈS M. - Note sur la triangulation côtière par visées simultanées sur le bâtiment. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 5, 1954, p. 83 à 87.
- HATT P. - Sur le choix à faire parmi les solutions multiples d'une détermination graphique de points trigonométriques. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 8, 1886, p. 196 à 208.
- COURTIER A. - Choix d'un système de représentation pour la rédaction des levés. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 32, 1912, p. 19 à 88.
- GOUGENHEIM A. - Sur une nouvelle famille de planisphères conformes. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 1, 1950, p. 169 à 186.
- GOUGENHEIM A. - Sur une généralisation des mappemondes. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 2, 1951, p. 177 à 188.
- BESSERO G. - Géodésie de la Martinique. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 13, 1985, n° 760, p. 27 à 38.
- GUEVEL D. - Une biographie de Jean-Claude Gaillard (1945-1997). Publication interne SHOM, 1997.
- HUGUENOT D. - Élaboration d'un logiciel de traitement en temps différé des observations Doppler sur satellites Transit. Rapport de stage, ENSAIS, 1983.
- LE GOUIC M. - Mission océanographique du Pacifique, échelon de Polynésie (décembre 1988 - juillet 1990). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 19, 1993, n° 766, p. 77 à 124.
- MARTI P. - Note sur la vitesse de propagation du son dans l'eau de mer. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 3, 1919-20, p. 165 à 178.
- ALLARD M.-P. - Ellipses et hyperboles géodésiques. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 19, 1947, p. 189 à 209.
- CHATEL G. - Mission hydrographique des côtes de France (1^{er} mai 1947 - 31 décembre 1948). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 1, 1950, p. 25 à 36.
- ORTAIS J. - Mission hydrographique de dragage des côtes de France et d'Afrique du Nord (décembre 1958-juin 1960). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 12, 1963-64, p. 105 à 154.

LACOMBE H. - Mission hydrographique des côtes de France et d'Afrique du Nord (1953-54). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 8, 1957, p. 1 à 166.

BRIE R. - Mission hydrographique de France et d'Algérie. Mission hydrographique des côtes de France (mars 1961-février 1963). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 15, 1969, p. 1 à 81.

COMOLET-TIRMAN A. - Mission hydrographique de l'Atlantique Sud (25 juin 1959-12 février 1961. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 12, 1963-64, p. 155 à 300.

GUYON J.-C. - Évaluation du réseau Sylédis-Bretagne (1981-83). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 12, 1984, n° 759, p. 15 à 109.

LE GOUIC M., LE VISAGE C. - Synthèse des résultats des campagnes de calibration du SNR LORAN C. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 17, 1991, n° 764, p. 31 à 36.

SCHRUMPF B. - Mission océanographique de l'Atlantique (octobre 1972-octobre 1974). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 6, fasc. 2, 1978, n° 749, p. 29 à 86.

BESSERO G. - Mission océanographique de l'Atlantique (janvier-septembre 1987). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 20, 1996, n° 767, p. 77 à 162.

DRIENCOURT L. - Le planisphère de Mercator et la navigation maritime ou aérienne par relèvements radiogoniométriques pris du bord. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 13, 1934, p. 87 à 97.

FAVÉ L. - Notice sur l'horizon gyroscopique Fleuriais. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 26, 1904, p. 49 à 55.

DELAROCHE-PONCIÉ F. - Note sur l'évaluation des distances en mer. Annales hydrographiques, 1^{re} série, tome 17, 1860, p. 463 à 470.

DARONDEAU B. - Notice sur l'emploi du compas étalon et de la courbe de dérivation. Annales hydrographiques, 1^{re} série, tome 24, 1863, p. 142 à 177.

CAILLIAU E. - La carte marine électronique. Revue Navigation (Paris), n° 133, janvier 1986, p. 86 à 91.

BESSERO G., HECHT H. - ECDIS : Un point de vue européen. Revue hydrographique internationale, vol. LXXIII, n° 1, 1996, p. 15 à 27.

SERVICE HYDROGRAPHIQUE DE LA MARINE - Manuel du breveté hydrographe, tome 1 : hydrographie, 1937.

LESAGE G. - Mission hydrographique de Madagascar (1909). Annales hydrographiques, 2^e série, tome 33, 1913, p. 239 à 246.

COT D., CATHENOD H. - Note sur quelques procédés de sondage. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 5, 1922, p. 202 à 207.

GOUGENHEIM A. - Les corrections des sondages au plomb-poisson. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 15, 1937, p. 77 à 96.

MARTI P. - Sondage en mer par le son aux grandes profondeurs au moyen de détonations. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 6, 1923-24, p. 187 à 214.

CHARCOT J.-B. - Rapport sur l'utilisation du sondeur acoustique Marti. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 10, 1930, p. 15 à 20.

MARTI P. - Mission hydrographique sur les côtes d'Algérie et Tunisie en 1923, 1924 et 1925. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 8, 1927-28, p. 213 à 306.

MARTI P. - Mission hydrographique de l'Indochine (juin 1928-mai 1929). Annales hydrographiques, 3^e série, tome 10, 1930, p. 153 à 193.

LE GOUIC M. - L'imagerie du fond avec divers types de sondeurs. Actes du XVII^e congrès de la FIG, 1983.

DESNOËS Y. - Contourage des données du sondeur multi-faisceaux Sea-Beam en temps différé. Revue hydrographique internationale, vol. LVII, n° 1, 1980, p. 61 à 82.

KERLEGUER L. - Évaluation et procédures d'exploitation du sondeur multifaisceaux Lennermor. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 19, 1993, n° 766, p. 37 à 49.

TONCHIA H. - Évaluation d'un sondeur multifaisceaux grands fonds pour les levés hydrographiques. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 20, 1996, n° 767, p. 45 à 57.

RENAUD J. - Note au sujet de la recherche des roches sous l'eau. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 24, 1902, p. 150 à 156.

FICHOT E. - Reconnaissance hydrographique de la passe ouest de la rade de Cherbourg en 1908. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 30, 1908-09-10, p. 371 à 378.

COVILLAULT P. - Histoire du service hydrographique de la marine et des ingénieurs hydrographes (de 1914 à 1970). Publication interne SHOM, 1979.

BRUNEL A. - La drague hydrographique M-1931. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 14, 1935-36, p. 109 à 122.

VILLAIN C. - Description et emploi des dragues hydrographiques. Publication interne SHOM, 1931.

ROLLAND DE CHAMBAUDOIN D'ERCEVILLE I. - Mission de recherche d'épaves (1949-1950). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 2, 1951, p. 121 à 157.

ROUBERTOU A. - Rapport de la Mission hydrographique des côtes de France (octobre 1968-octobre 1970). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 1, fasc. 1, 1973-75, n° 740, p. 5 à 50.

BONNOT J.-F. - Mission hydrographique de dragage (février 1972-août 1972) et Mission océanographique de Méditerranée (août 1972-novembre 1975). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 6, fasc. 3, 1978, n° 750, p. 79 à 183.

CHIMOT J.-M., DUPUY P.-Y. - Evaluation du sondeur latéral numérique Edgerton 260. Rapport d'étude n° 7/90, SHOM, 1990.

CHIMOT J.-M. - Étude de la doctrine d'emploi d'un sonar d'exploration hydrographique marine (SEHM). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 18, 1992, n° 765, p. 33 à 64.

COMOLET-TIRMAN A. - Mission océanographique de l'Atlantique (avril 1971-octobre 1972), Annexe II : « note sur les anomalies du champ magnétique total créées par les épaves ». Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 4, fasc. 1, 1976, n° 743, p. 80 à 93.

ROLLET DE L'ISLE M. - Utilisation des photographies prises en avion pour compléter une carte. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 1, 1917, p. 1 à 23.

VANSSAY DE BLAVOUS P. - Note sur l'emploi, pour les travaux cartographiques, des photographies prises en avion. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 1, 1917, p. 25 à 80.

ROUSSILHE H. - Applications de la photographie aérienne aux levés topographiques de précision. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 1, 1917, p. 81 à 176.

VOLMAT J. - Rapport sur la mission photohydrographique de Brest (1919). Annales hydrographiques, 3^e série, tome 3, 1919-20, p. 191 à 220.

COT D. - Rapport au sujet de l'emploi des photographies aériennes par le service hydrographique de la marine française. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 5, 1922, p. 185 à 195.

BONNOT J.-F. - Contribution des aéronefs et de la photogrammétrie à la résolution de problèmes courants en hydrographie et cartographie marine. Revue hydrographique internationale, vol. LIX, n° 2, 1982, p. 133 à 152.

CHIMOT J.-M., LE GOUIC M. - Localisation d'un avion au cours de missions photoaériennes. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 14, 1986, n° 761, p. 33 à 40.

CHIMOT J.-M., LE GOUIC M. - Localisation d'un avion de prise de vues aériennes (II). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 15, 1988, n° 762, p. 25 à 30.

EVEN M. - Bilan de l'évaluation des possibilités de la photobathymétrie. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 21, 1997, n° 768, p. 107 à 112.

LE GOUIC M. - Utilisation de SPOT en hydrographie. Actes du colloque SPOT, « Utilisation des images, bilans et résultats », Cépadués, 1988.

LE GOUIC M. - Hydrographie et bathymétrie. Actes du 1^{er} congrès international de l'association française de topographie, XYZ, n° 21, décembre 1984, p. 18 à 29.

COMOLET-TIRMAN A. - Géoïde, déviations de la verticale, gravimétrie. Mesurer la Terre. Presse de l'école nationale des ponts et chaussées et association française de topographie, 1988, p. 370 à 373.

GERMAIN A. - Détermination de la déviation de la verticale sur les côtes sud de France. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 8, 1886, p. 119 à 176.

PIROT L. - Deux années d'observations avec l'astrolabe à prisme sur la côte sud de France, en Corse, en Tunisie et en Algérie. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 6, 1923-24, p. 111 à 167.

GOUGENHEIM A. - Sur la déviation de la verticale à Tahiti. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 17, 1940-45, p. 205 à 208.

NAY G. - Mission géodésique des Tuamotu (janvier 1947 - juin 1950). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 2, 1951, p. 1 à 31.

VALLAUX F. - Mission géodésique des Tuamotu (juin 1950 - septembre 1953). Annales hydrographiques, 3^e série, tome 5, 1954, p. 89 à 116.

GOUGENHEIM A. - La dépression de l'horizon comme moyen d'étude du géoïde dans les îles du Pacifique. Revue hydrographique internationale, vol. XXXVI, n° 1, 1959, p. 113 à 117.

MARTI P. - Déterminations relatives de l'intensité de la pesanteur en mer, dans le bassin méditerranéen occidental. Revue hydrographique internationale, vol. XVI, n° 1, 1939, p. 95 à 97.

ANTHOINE G. - Détermination de l'intensité de la pesanteur en mer. Annales hydrographiques, 3^e série, tome 19, 1947, p. 179 à 187.

COMOLET-TIRMAN A. - Rapport sur l'étude du gravimètre marin Askania GSS 2, n° 15 (mai 1965). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 14, 1967-68, p. 297 à 388.

GAILLARD J.-C. - The automation of surveys and cartography at SHOM. Methods of display of ocean survey data, vol. II, UK National Environment Research Council, 1986, p. 29 à 47.

LE QUENTREC-LALANCETTE M.-F. - Environnement géophysique marin : implications opérationnelles. Revue scientifique et technique de la défense, n° 28, 1995, p. 155 à 160.

CHAZALLON R. - Observations des marées faites à la mâture et au bassin dans le port de Brest : 1807-1835. Bureau des Longitudes, 1843, p. 6 à 9.

BOUQUET DE LA GRYE A. - Rapport de présentation sur un mémoire intitulé « Étude sur les ondes à longue période dans les phénomènes de marées ». Académie des Sciences, séance du 29 mai 1882.

DAUSSY P. - Note sur l'influence de la pression atmosphérique sur le niveau moyen de la mer. Connaissance des Temps, 1839.

HATT P. - Décomposition de la marée en ondes élémentaires. Annales hydrographiques, 1^{ère} série, tome 41, 1878, p. 475 à 515.

HATT P. - Analyse harmonique des observations de marée. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 15, 1893, p. 295 à 371.

HATT P. - Note sur l'unité de hauteur du port de Brest et les coefficients de la marée. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 16, 1894, p. 12 à 18.

COURTIER A. - Données numériques concernant les marées des côtes de France. Recherche Hydrographique n° J 3607, 1934.

SIMON B. - Méthodes de prédiction de la marée en Gironde. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 9, 1981, n° 756, p. 25 à 37.

FAVÉ L. - Marégraphe plongeur. Journal de physique, 1891.

FAVÉ L. - Marégraphe plongeur. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 30, 1908-09-10, p. 383 à 415.

EYRIÈS M. - Marégraphes de grandes profondeurs. Cahiers océanographiques, n° 5, mai 1968, p. 355 à 368.

EYRIÈS M., DARS M., ERDELY L. - Marégraphie par grands fonds. Cahiers océanographiques, n° 9, novembre 1964, p. 781 à 798.

SIMON B. - Détermination des hauteurs d'eau extrêmes pour la délimitation du domaine public maritime. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 20, 1996, n° 767, p. 17 à 43.

EYRIÈS M. - Mission Hydrographique de Dragage (novembre 1961-mars 1963). Annales hydrographiques, 4^e série, tome 14, 1967-68, p. 49 à 100.

SIMON B. - Calcul de la marée au large pour la correction des sondages. Revue hydrographique internationale, vol. LXVII, n° 2, 1990, p. 161 à 177.

CASPARI E. - Exploration hydrographique du chenal du Four en 1887. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 10, 1888, p. 272 à 290.

RENAUD J. - Note sur les courants observés aux abords de Dunkerque en 1894. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 17, 1895, p. 109 à 110.

ANONYME - Courants dans le Golfe de Gascogne. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 16, 1894, p. 90 à 91.

ANONYME - Résultats d'expériences sur les courants au large d'Ouessant et du cap Finisterre et à l'entrée du détroit de Gibraltar. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 24, 1902, p. 160 à 166.

SALOMON. M.-L. - Étude des courants du Pas de Calais sur la ligne joignant Calais à Douvres. Annales hydrographiques, 2^e série, tome 35, 1915, p. 43 à 46.

BATANY C., HUET M., KERINEC J.-C., LEBRETON B. - Évaluation des marégraphes SUBER en présence de courants forts. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 17, 1991, n° 764, p. 45 à 53.

LEBRETON B., DOLOU H., BATANY C., KERINEC J.-C. - Évaluation des marégraphes SUBER en présence de courants forts : évaluation d'un atténuateur de dépression. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 17, 1991, n° 764, p. 37 à 43.

LAROUSSE E. - Étude sur les embouchures du Nil et sur les changements qui s'y sont produits dans les derniers siècles. Annales hydrographiques, 1^{ère} série, tome 34, 1871, p. 282 à 313.

BOUQUET DE LA GRYE A. - Amélioration des embouchures de fleuves. Cahiers de recherches hydrographiques du le régime des côtes, vol. 13, 1866.

RENAUD J. - L'exploration du Pas de Calais. Bulletin de la Société de Géographie, 1891.

RENAUD J. - Étude pour la protection du site insulaire de mont Saint-Michel. Revue du Touring Club de France, 1908.

GARLAN T. - La cartographie des sédiments : du plomb suifé à l'imagerie acoustique. A paraître dans la Revue hydrographique internationale, 1998.

GARLAN T. - Innovations dans le domaine de la cartographie marine au SHOM. Revue hydrographique internationale, vol. LXX, n° 1, 1993, p. 109 à 125.

GAILLARD J.-C. - Systems used by SHOM . Communication présentée lors de la réunion des experts de la commission hydrographique de la mer du Nord, La Haye, 1-3 octobre 1980, p I-17 à I-53.

GAILLARD J.-C., ABGRALL F., FRACHON B., - Automatisation des levés et de leur exploitation. Communication présentée à la 2^e conférence technique hydrographique internationale, Plymouth, 3-7 septembre 1984, p. 25-1 à 25-7.

BESSERO G. - Mission hydrographique de l'Atlantique (12 octobre 1987-7 septembre 1988). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 18, 1992, n° 765, p. 167 à 243.

BISQUAY H., TONCHIA H. - Mise en oeuvre des sondeurs multifaisceaux au SHOM. Communication présentée au symposium hydrographique de la XV^e Conférence hydrographique internationale, Monaco, 21-22 avril 1997, BHI, p. VI.1.1 à VI.1.11.

LE GOUIC M. - Structure d'un système d'information nautique. Communication présentée au séminaire sur les systèmes d'information géographique, Paris, 28 et 29 juin 1988.

CRÉACH D. - Aides à la préparation des cartes marines : automatisation de la généralisation cartographique de la bathymétrie. Comptes rendus de la conférence hydrographique canadienne CHC 98, 10-12 mars 1998, p. 86 à 94.

SOUQUIÈRE P., FICHANT J. - Cartographie assistée par ordinateur : une solution provisoire mais prometteuse. Revue hydrographique internationale, vol. LXVI, n° 2, 1989, p. 69 à 84.

DENIEL J.-L. - Electronic navigational chart data. Proceedings Oceans'94, 13-16 septembre 1994, IEEE, 1994, p. III-541 à III-544.

RIBET M. - Bureau d'Études Océanographiques, juillet 1966-juillet 1969. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 18, 1972, p. 1 à 40.

BONNOT J. - Bathysonde Howald, utilisation, mise en œuvre et procédures d'étalonnage. Annales hydrographiques, 4^e série, tome 18, 1972, p. 333 à 381.

SAUVEL J. - Partie 1. - Choix d'un modèle d'évolution à court terme de la couche de mélange océanique. Partie 2. - Test sur une utilisation opérationnelle simple d'un modèle d'évolution à court terme de la couche de mélange océanique. Partie 3. - Échelles temporelles et verticales pour la température et pour ses variations à court terme au point P (50° N, 145° W). Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 14, 1986, n° 761, p. 41 à 65.

MILARD F. (en collaboration) - Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine : l'océanographie militaire. Revue scientifique et technique de la Défense, n° 28, 1995.

LE SERVICE HYDROGRAPHIQUE FRANÇAIS ET LA COOPÉRATION NATIONALE

Patrick SOUQUIÈRE

Ingénieur général de l'armement (hydrographe)

Direction du service hydrographique et océanographique de la marine

La coopération nationale : une impérieuse nécessité dans le domaine de la sécurité des usagers en mer, comme dans celui des sciences de la mer, si l'on veut bien considérer, outre l'immensité des océans, l'étendue des espaces maritimes français, la diversité des connaissances à acquérir et la variété des compétences à mettre en oeuvre.

PRÉAMBULE

Avec plus de dix millions de kilomètres carrés, une surface comparable à celle des territoires qui composaient l'Empire français avant le début de la décolonisation, notre pays occupe aujourd'hui le second rang dans le monde pour la superficie de sa zone économique exclusive. A l'évidence le service hydrographique national n'est pas en mesure de satisfaire seul l'ensemble des besoins.

Accompagnant le développement des activités maritimes, dans les espaces littoraux et sur les plateaux continentaux principalement, le besoin d'une connaissance des océans toujours meilleure progresse régulièrement, qu'il s'agisse de la surface, de la masse liquide ou de l'enveloppe solide. La pluralité des usagers va de pair avec celle de leurs exigences. La collecte des données, sur lesquelles s'appuient nécessairement les savoirs à acquérir et les produits à élaborer, est une tâche de longue haleine. Elle justifie non seulement une répartition concertée des actions, mais aussi une mise en commun des moyens et des acquis.

Ébauchée par les premiers navigateurs, l'exploration de ce milieu opaque et fondamentalement hostile pour l'homme qu'est l'océan, nécessite des compétences toujours plus nombreuses. C'est à la fin du 18^e siècle que l'hydrographie acquiert ainsi ses lettres de noblesse, mais il faut attendre le milieu du 19^e siècle pour qu'apparaissent les *Mélanges hydrographiques*, recueils de documents relatifs à l'hydrographie et à la navigation extraits des *Annales maritimes et coloniales*, et ancêtres des *Annales hydrographiques*.

L'extrait ci-dessous du sommaire des *Annales hydrographiques* publiées en 1850 paraît, à cet égard, assez révélateur de l'évolution en cours. Sur les dix notes scientifiques concernant l'hydrographie et la

physique du globe qui y sont rassemblées, plus de la moitié traitent d'instruments ou de méthodes plus utiles aux hydrographes et aux cartographes qu'aux navigateurs :

- *Mode d'opération employé dans le levé des côtes de l'Algérie.*
- *Projections verticales ou vues orthogonales.*
- *Méthode de construction pour faire le point lorsqu'on est en vue de terre.*
- *Grand théodolite de Gambey.*
- *Dépressiomètre.*
- *Sondes par de très grandes profondeurs.*
- *Sur les compas corrigés de la déclinaison de l'aiguille aimantée.*
- *Sur la boussole d'inclinaison.*
- *Méthode pour mesurer l'intensité absolue du magnétisme terrestre.*
- *Sur les trombes marines.*

Pour les sciences de la mer, qu'il s'agisse d'hydrographie, d'océanographie ou de géophysique, comme pour la météorologie, le travail commence par l'observation et la récolte de données. Leur acquisition nécessite souvent l'emploi de moyens très spécialisés, toujours plus variés et continuellement perfectionnés afin de tirer parti des progrès effectués dans les autres sciences, tandis que leur interprétation doit faire appel aux disciplines les plus diverses. C'est par leur intermédiaire que sont évoqués ci-après quelques faits qui montrent avec quelle constance le service hydrographique français a toujours cherché à coopérer avec ceux qui, comme lui, s'efforcent de connaître la mer pour aider et protéger ses usagers, faciliter l'exploitation de ses ressources ou faire progresser la science.

CHRONOMÉTRIE ET ASTRONOMIE

Pour le navigateur, le chronomètre a longtemps joué un rôle bien plus important que celui qui consiste à régler la vie du bord. Gardien du temps, il était en effet jusqu'à une époque récente le seul moyen vraiment pratique pour déterminer la longitude du navire. Le service des chronomètres du Dépôt général de la marine apporta ainsi, dès l'origine, un soin tout particulier à la sélection des instruments destinés à être utilisés à bord des bâtiments de l'État. Un concours fut organisé dans ce but à partir de 1832, et placé sous la surveillance et la garantie du Bureau des longitudes à partir de 1836 ; ouvert tous les ans le 1^{er} mai à l'Observatoire de Paris, ce concours sera très rapidement ouvert durant toute l'année pour satisfaire les réclamations des horlogers.

Fondé en juin 1795, le Bureau des longitudes avait été créé non seulement en vue de perfectionner l'astronomie et ses applications à la navigation et à la géodésie, mais aussi afin d'étudier le magnétisme terrestre, l'horlogerie et l'océanographie. Il fut donc à nouveau saisi par le ministre de la marine pour examiner les recherches faites par le service des chronomètres sur les variations de la marche de ces instruments, recherches qui conduisirent à mettre en évidence, vers 1853, une loi expérimentale liant cette marche à l'âge des huiles et à la température. Outre une amélioration de la précision de la navigation, liée à un meilleur emploi des indications données par les instruments, les travaux de M. Lieussou, ingénieur hydrographe chargé du service des chronomètres, débouchèrent sur un aménagement du règlement du concours, et sur un projet de réorganisation du service, qui prit rapidement en charge la détermination de l'équation empirique de la marche des chronomètres.

Cet exemple de collaboration est extrait des *Annales hydrographiques* publiées en 1853. Il illustre, dans le domaine très particulier de la chronométrie, les relations qu'entretenaient à cette époque le Dépôt général de la marine et le Bureau des longitudes. Pour le plus grand bénéfice des navigateurs, ces relations concernaient également tous les autres domaines d'intérêt de l'institution ainsi que, dans une moindre mesure, la marée qui est comme chacun sait très dépendante des mouvements des astres.

C'est ainsi que le premier *Annuaire des marées* des côtes de France publié par le Dépôt général de la marine pour 1839 reprenait les heures du lever, du coucher et du passage au méridien de la lune et du soleil, extraites de la *Connaissance des temps* établie par le Bureau des longitudes, tandis que ce dernier ouvrage donnait annuellement depuis 1806 les coefficients relatifs au port de Brest pour l'époque des syzygies.

Les extraits de la *Connaissance des temps* publiés depuis 1889 à l'intention des navigateurs devinrent en 1918 les *Éphémérides nautiques*, ouvrage indis-

pensable pour pratiquer la navigation astronomique, mais dont l'emploi pouvait rebuter les utilisateurs occasionnels. A partir de 1975, les performances des calculettes programmables permirent enfin de déterminer la position des astres sans faire usage de tables. Le Bureau des longitudes et le Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) unirent alors leurs compétences pour concevoir des produits nouveaux, conservant toute la précision permise par les tables, et faciles à utiliser par les plaisanciers. Les *Épiménides nautiques* et les *Épidécides lunaires* virent ainsi le jour en 1980 et furent diffusées jusqu'en 1996, époque à laquelle le *Global Positioning System* prit le relais.

Le directeur du Service hydrographique et océanographique de la marine est, depuis fort longtemps, membre en service extraordinaire du Bureau des longitudes, et parfois membre titulaire, comme par exemple M. Cot, qui fut chargé de la publication annuelle des *Éphémérides aéronautiques*. A cette occasion il eut à mettre au point, en accord avec les services techniques de l'aéronautique civile, les méthodes les mieux adaptées au calcul rapide du point en avion.

GÉODÉSIE ET CARTOGRAPHIE

Si les cartes marines et les cartes terrestres font généralement appel à des projections différentes pour représenter la surface de la terre, les positions des informations qui y sont figurées sont néanmoins rapportées, la plupart du temps, à un même canevas géodésique. Près des rivages, les géographes et les hydrographes sont donc amenés à s'informer mutuellement des travaux entrepris et des résultats obtenus, mais c'est généralement dans les îles que ces relations sont les plus fructueuses.

Lors d'un voyage entrepris dans les établissements français d'Océanie, à travers l'archipel des îles Paumotu, M. Adam Kulczycki, attaché au service de la topographie, a fait des observations du plus grand intérêt, ayant pour but la détermination de la longitude et de la latitude des points qu'il a pu visiter. Ces observations ont été transmises au Dépôt de la marine, accompagnées des calculs provisoires. La détermination des longitudes reposait alors sur l'utilisation de plusieurs chronomètres dont on estimait l'état et la marche en modélisant leurs évolutions entre deux observations successives. M. Vincendon Dumoulin, ingénieur hydrographe qui avait développé une méthode originale, refit tous les calculs en cherchant à montrer l'exactitude de sa méthode, et obtint des résultats qui différaient des précédents de quelques minutes.

Cette anecdote est rapportée dans les *Annales hydrographiques* publiées en 1850. Elle montre qu'à l'époque les mêmes observations, lorsqu'elles étaient de qualité, étaient souvent réutilisées plusieurs fois, pour

suivre les évolutions de l'état de l'art, en donnant des résultats quelquefois différents mais réputés plus précis.

Plus récemment, l'insuffisance des documents cartographiques terrestres de la Guadeloupe s'est fait sentir avec acuité lorsque, afin de favoriser le développement économique de l'île, on a voulu entreprendre de grands travaux pour améliorer le réseau routier, créer des aérodrômes, etc. *Les cartes existantes ne permettaient guère d'entreprendre les études nécessaires et, dès 1945, M. le Ministre des Colonies demandait à M. l'Inspecteur général des Services Géographiques Coloniaux d'envisager l'exécution d'un levé de la Guadeloupe, devant conduire à la publication d'une carte générale au 1/50 000 ...* Il fut en conséquence décidé d'effectuer un levé photogrammétrique, mais il ne pouvait s'appuyer sur la triangulation existante, qui manquait d'unité et dont la majorité des repères avait disparu. Il fallait reprendre entièrement le canevas géodésique et les déterminations astronomiques. *A la suite d'une demande de l'Institut Géographique National (IGN) le Service Central Hydrographique accepta de se charger des travaux d'astronomie et de géodésie, et une mission fut créée pour les exécuter (cf. Annales hydrographiques publiées en 1950).*

Cet exemple de coopération n'est pas le seul car, dans le domaine de la géodésie, les missions hydrographiques ont très souvent l'occasion d'effectuer des observations respectant les normes en usage à l'IGN. Les données peuvent alors être exploitées, à défaut d'autres informations, pour compléter au voisinage de la côte les réseaux de points géodésiques qui sont normalement de la responsabilité de cet organisme.

Les mesures effectuées par la mission hydrographique de la Nouvelle-Calédonie dans le grand lagon sud, entre 1972 et 1974, ont ainsi été utilisées par l'IGN pour étendre la couverture du système géodésique IGN-1972, alors en cours de mise en place. Plus près de nous, la constitution d'un réseau géodésique de référence en Polynésie française, s'appuyant sur les mesures effectuées à l'aide de balises DORIS, a fait l'objet d'une opération concertée entre le SHOM et l'IGN : le recueil des données et l'édification des repères ont été confiés à la mission océanographique du Pacifique, tandis que les calculs en temps différé étaient pris en charge par le service de géodésie et nivellement.

Il est manifeste que les géographes et les hydrographes se devaient de coopérer, car pendant très longtemps on n'a pu concevoir une carte marine sans y représenter une partie terrestre, souvent réduite d'ailleurs, conformément à l'usage, à ce qui est utile au navigateur : trait de côte, relief et amers. Sur les cartes marines qui sont aujourd'hui établies par le SHOM pour couvrir les côtes françaises, de nombreuses informations figurées dans la partie terrestre sont empruntées aux cartes de l'IGN ; en contrepartie, les isobathes figurées sur les cartes élaborées par l'IGN sont tirées des cartes marines publiées par le SHOM.

L'accord correspondant est maintenant ancien ; il va devoir être actualisé pour prendre en compte les possibilités d'échange de données sous forme numérique.

Le Service hydrographique et océanographique de la marine est présent dans de nombreux organismes où siègent également des représentants de l'Institut géographique national. Parmi les plus connus, sinon les plus importants, il convient de mentionner le Conseil national de l'information géographique, le Comité français de cartographie, le comité scientifique et technique de l'IGN, ainsi que le Groupe de recherches de géodésie spatiale, qui accueille aussi le Bureau des longitudes.

Après avoir été l'un des membres du Comité d'océanographie et d'études des côtes, l'IGN est aujourd'hui invité à participer aux réunions du comité consultatif des utilisateurs des documents, levés et prestations du SHOM.

On compte de nombreux ingénieurs du service parmi les membres du Comité national français de géodésie et de géophysique (CNFGG), qui assure la participation française aux activités de l'Union géodésique et géophysique internationale, sous l'égide et suivant les directives de l'Académie des sciences. La section « géodésie » n'est pas la seule concernée, puisque la présidence de la section « sciences physiques de l'océan » a souvent été assurée par une personnalité du service. M. Eyriès, ingénieur hydrographe, occupa ces fonctions ainsi que celles de président du Comité lui-même.

MÉTÉOROLOGIE MARITIME

Science d'observation très ancienne, la météorologie a toujours intéressé au plus haut point les navigateurs, soucieux de prévoir les événements météorologiques de toute sorte auxquels ils vont être exposés durant leurs traversées.

La météorologie maritime occupe en fait une place à part dans l'histoire du service, comme d'ailleurs dans celle de la météorologie nationale. Le Dépôt des cartes et plans fut en effet officiellement chargé, en 1859, d'assurer la qualité des observations météorologiques confiées par le ministre de la marine aux capitaines de navire qui « voudraient bien se charger de ce soin », puis de les exploiter à l'intention des navigateurs. La violente tempête qui, peu de temps auparavant, avait assailli la flotte française au mouillage devant Sébastopol, était à l'origine de cette décision ; était ainsi conforté le rôle du Dépôt, qui publiait déjà depuis plusieurs années, dans les *Annales hydrographiques*, des notes et observations scientifiques relatives à la météorologie, et en particulier aux cyclones.

Le gros travail de la section de météorologie nautique, qui fut baptisée ainsi en 1886, consistait à

dépouiller les journaux météorologiques fournis par les bâtiments de guerre, les navires de commerce et les stations du littoral. Ces dernières faisaient partie du réseau météorologique français et leurs observations étaient communiquées, certaines par télégramme, au Bureau central météorologique pour concourir à la prévision du temps.

Voici, extraites des *Annales hydrographiques* publiées en 1867, quelques maximes employées à l'époque par le service météorologique chargé de la prévision des tempêtes, pour déterminer ses avertissements :

- *De grandes différences de température, au même lieu ou dans des lieux adjacents, sont suivies de changements de temps.*

- *Des changements rapides de toute nature annoncent ordinairement une commotion atmosphérique violente.*

- *Le résultat de tous changements rapides dans le temps, ou dans toute autre indication des instruments sont de courte durée ; tandis que tout changement graduel est plus durable.*

En 1949, la section de météorologie nautique, devenue entre-temps section de météorologie maritime, s'installa dans les locaux de la météorologie nationale. Elle fut rattachée à cette direction en 1951 tout en continuant à dépendre de l'état-major de la marine du point de vue militaire.

L'intérêt que porte la marine nationale à la propagation des ondes sonores sous la mer depuis quelques dizaines d'années, la prise de conscience des interactions entre l'océan et l'atmosphère, comme les progrès en cours dans la modélisation atmosphérique, conduisent en 1983 le SHOM et la météorologie nationale à rassembler leurs compétences au sein d'un bureau d'études mixte, chargé de modéliser et prévoir les évolutions de la couche de mélange océanique et l'immersion de la thermocline. Quelques années plus tard, le lancement de satellites spécialisés dans l'observation de la terre offre de nouvelles possibilités de coopération. C'est ainsi que l'exploitation en temps quasi réel des données transmises par les satellites ERS et Topex-Poséidon fait l'objet d'une large concertation, à laquelle sont associés, outre la météorologie nationale et le Centre national d'études spatiales, de nombreux organismes de recherche.

Cette situation perdure jusqu'en 1993, époque à laquelle la Direction de la météorologie nationale devient l'établissement public Météo-France, et regroupe une grande partie de ses moyens à Toulouse. Au même moment l'état-major de la marine confie au SHOM la responsabilité des relations avec Météo-France pour le soutien spécifique apporté aux forces navales et aéronavales. Dans la foulée sont rattachés au service, le détachement de la marine qui participe à l'exploitation des images satellitaires reçues par le centre de météorologie spatiale à Lannion, la cellule opérationnelle d'environnement qui assure un soutien

météorologique et océanographique spécifique aux forces avec le concours du service central d'exploitation de la météorologie à Toulouse, et l'école des marins météorologistes-océanographes qui est chargée de la formation du personnel spécialisé de la marine avec l'aide de l'école nationale de la météorologie, à Toulouse également. La convention signée le 15 janvier 1996 entre Météo-France et la marine nationale explicite les rôles dévolus à chaque partie pour satisfaire les besoins de la marine et ceux de l'ensemble des usagers. Elle est complétée par un accord cadre entre Météo-France et le SHOM, qui concerne plus particulièrement l'océanographie et la météorologie militaires. Un comité directeur inter-organismes, présidé alternativement par le directeur général de Météo-France et par le directeur du SHOM, se réunit régulièrement pour effectuer une revue des actions et des programmes de recherche menés en commun.

Le Service hydrographique et océanographique de la marine est représenté au Conseil supérieur de la météorologie.

Océanographie

Dans ce qui suit, on se limite à ce qu'il est convenu d'appeler l'océanographie physique et dynamique. Elle comprend l'étude des propriétés physiques de l'eau de mer et celle des mouvements marins. Ses débuts remontent à 1840, époque à laquelle l'Américain Maury eut l'idée de collecter systématiquement les observations relatives aux conditions météorologiques et à l'état de surface de la mer, telles qu'elles sont notées aujourd'hui sur les livres de bord des navires, de les reporter sur des cartes quadrillées de 5° en 5°, et ceci pour chaque saison. Outre des cartes de vents, il put aussi dresser des cartes de courants dont l'utilité fut immédiatement démontrée. Pendant près d'un siècle se succèdent ensuite des campagnes scientifiques, tournées vers l'exploration et la description des océans, tandis que sont élaborées les premières théories sur les courants et que sont établies les premières lois concernant la salinité de l'eau de mer.

M. Roux, pharmacien de la marine, présente comme suit dans les *Annales hydrographiques* publiées en 1864 les résultats d'une analyse de 88 échantillons d'eau de mer recueillis sous diverses latitudes : *En résumant les observations faites sur les eaux recueillies par le capitaine Guérin, nous reconnaissons que les indications fournies par la liqueur titrée d'azotate d'argent, et celles données par la densité et le poids des principes salins, s'accordent pour admettre, du 36° 32' latitude N. au 26° 26' latitude N., l'existence d'une zone dont la salure est plus considérable que dans les autres parages de l'hémisphère Nord...* Les *Annales hydrographiques* publiées en 1871 exposent, quant à elles, la théorie du docteur Carpenter sur la circulation générale des eaux de l'océan, théorie qui porte à penser, fort justement, *qu'il existe par le détroit de Gibraltar un efflux sous-marin des eaux plus salées de la Méditerranée vers celles moins salées de l'Océan.*

Pendant la première guerre mondiale, le danger constant d'une attaque par des sous-marins suscite un intérêt nouveau pour l'acoustique, mais c'est au lendemain de la seconde guerre mondiale qu'est perçu le besoin d'une bonne connaissance de l'océan, et de sa structure bathycélérimétrique en particulier, pour tirer le meilleur parti des systèmes de détection acoustique existants ou en projet. Cette prise de conscience conduit le ministre de la marine à instituer, par arrêté du 2 avril 1947, un Comité d'océanographie et d'étude des côtes (COEC) qui est en particulier chargé d'orienter et de coordonner les études et les recherches relatives aux sciences de la mer. Outre quelques états-majors, dont l'état-major général de la marine, et divers services de la marine, dont le service hydrographique, les départements ministériels et les organismes scientifiques concernés sont représentés dans ce comité, qui est animé par quelques ingénieurs hydrographes et dont le secrétariat est assuré par le service. Pour améliorer l'efficacité des séances de travail, nécessairement assez espacées, le service prend également en charge la publication mensuelle d'un bulletin d'information traitant de toutes les questions intéressant le comité. Le premier exemplaire est diffusé en janvier 1949, et la publication est poursuivie sans interruption jusqu'en 1971.

M. Lacombe, ingénieur hydrographe qui avait très tôt orienté son intérêt scientifique vers l'océanographie physique, met sa foi et son dynamisme au service de cette publication, qui permet d'assurer une représentation honorable de notre pays dans les organisations internationales s'occupant d'océanographie physique, et de développer en France un commencement d'enseignement spécialisé. Il est lui-même chargé d'enseigner cette discipline aux ingénieurs hydrographes dès 1948, puis aux étudiants, français et étrangers, admis à l'école d'application du service hydrographique. Quelques années plus tard, il est appelé à occuper la chaire d'océanographie physique nouvellement créée au Muséum d'histoire naturelle. Constitué à Toulon à peu près à la même époque, pour s'intéresser en particulier aux applications de l'océanographie dans le domaine de la propagation acoustique, le Bureau d'études océanographiques relevait du service hydrographique. Il disposait d'un bâtiment équipé à cet effet, de laboratoires, et accueillait des jeunes gens qui avaient reçu une formation théorique à Paris pour leur donner, pendant la durée de leur service militaire et à la mer principalement, les compléments pratiques nécessaires au métier d'océanographe.

Ces circonstances jouèrent un rôle très important dans le développement de l'océanographie française, en contribuant à la constitution d'une véritable communauté d'océanographes, et à sa cohésion. Les liens établis à cette époque entre ingénieurs hydrographes et chercheurs n'ont pas été remis en cause par la distinction, faite ensuite dans les textes, entre océanographie militaire et océanographie civile ; ils ont au contraire favorisé l'établissement de nombreuses coopérations, le plus souvent sur des actions

ponctuelles, dans le domaine des études et des recherches comme dans celui du recueil de données en mer.

Au début des années soixante, l'intérêt croissant que porte le grand public à l'océanographie conduit la Délégation générale à la recherche scientifique et technique à créer un comité d'action concertée pour l'exploitation des océans. Le Service central hydrographique figure parmi les membres fondateurs ; il est ainsi étroitement associé à la définition des programmes nationaux et à celle des moyens affectés, dont le navire océanographique *Jean Charcot* qui sera lancé en 1965.

A la même époque, le service participe à la création d'une section consacrée à l'océanographie au sein du Centre national de la recherche scientifique. Sa compétence et son impartialité font qu'il est choisi à plusieurs reprises pour diriger des groupes de travail.

Il faut attendre 1977, soit dix ans après la création du Centre national pour l'exploitation des océans (CNEXO) et six ans après l'entrée en service du bâtiment océanographique *D'Entrecasteaux*, pour que le nouveau Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) puisse organiser une campagne océanographique d'envergure ; baptisée THERMOCLINE 77, elle est bien sûr consacrée à l'étude de la thermocline, à une époque de l'année où elle s'enfonce avant de disparaître. Outre le CNEXO, qui met en oeuvre une bouée dérivante instrumentée, et la météorologie nationale, de nombreux laboratoires civils sont associés au recueil et à l'exploitation des données ; parmi eux on peut citer :

- le laboratoire d'océanographie physique de l'université de Bretagne occidentale (LOPUBO) ;
- l'institut de mécanique de Grenoble (IMG) ;
- le laboratoire associé de météorologie physique (LAMP) ;
- le laboratoire de physique des aérosols et de radioactivité atmosphérique (LPARA) ;
- le laboratoire d'optique atmosphérique (LOA).

En parallèle avec les opérations qui se déroulent à la mer, un levé aérien est confié à un DC 7 du Centre d'essais en vol et à un Bréguet Atlantic de l'Aéronautique navale.

Les grandes campagnes océanographiques menées en coopération avec les organismes de recherche français se succèdent ensuite régulièrement, avec la participation de plus en plus fréquente de laboratoires étrangers. Dans l'ordre chronologique, en ne citant que les plus importantes, ce sont :

- ENVAT 81, dont les objectifs sont comparables à ceux de THERMOCLINE 77 ;
- ONDINE 85, consacrée à l'étude des ondes internes ;
- ATHENA 88, au cours de laquelle fut mis en évidence l'apport de l'altimétrie satellitale pour l'océanographie ;

- GASTOM 90, destinée à évaluer l'intérêt de la tomographie pour l'investigation de l'océan ;
- SEMAPHORE 93, axée sur l'évaluation d'un prototype de système de prévision océanique basé sur l'altimétrie satellitale ;
- ARCANÉ, action de recherche sur la circulation océanique en Atlantique nord-est, dont la première phase s'est déroulée en 1996, et qui marque une étape importante dans la coopération entre le SHOM et l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER), qui a remplacé le CNEXO en 1984.

Un comité de concertation Défense-IFREMER est créé le 20 avril 1990 pour exploiter au mieux les synergies existant entre les objectifs, les moyens et les capacités de la Délégation générale pour l'armement (DGA) d'une part, de l'IFREMER d'autre part. Le directeur du SHOM en fait partie, dans la mesure où un protocole en cours de signature entre la marine nationale et la DGA lui confie la responsabilité de l'océanographie militaire au sein de la défense. Un sous-comité SHOM-IFREMER est rapidement constitué pour traiter des questions intéressantes plus particulièrement les deux organismes ; il se réunit très régulièrement deux fois par an depuis 1991 pour examiner, et encourager le cas échéant, les possibilités de coopération qui se présentent fréquemment dans divers domaines, qu'il s'agisse d'études ou de recherches (en modélisation de l'océan par exemple), de développements d'instruments ou de méthodes (en tomographie acoustique océanique en particulier), ou plus simplement de recueil et d'échange de données. A plusieurs reprises déjà des ingénieurs du service ont été appelés à faire partie du comité scientifique placé auprès du président de l'institut.

BATHYMÉTRIE, GÉOLOGIE ET GÉOPHYSIQUE

Une autre grande subdivision de l'océanographie concerne tout ce qui a trait aux champs géophysiques en mer, aux fonds marins et à leur couverture sédimentaire. La connaissance de la déclinaison magnétique, de la profondeur, comme celle de la nature superficielle du fond, est depuis toujours utile aux navigateurs. Il est donc normal que l'on trouve dans les *Annales hydrographiques*, depuis leur origine, les résultats des observations qui ont pu être effectuées par les marins au cours de leurs expéditions. Voici des extraits de l'ouvrage publié en 1884 qui concernent le magnétisme :

Les importantes expéditions entreprises, d'une part pour l'observation de Vénus, au nom de l'Académie des sciences, et d'autre part pour la grande triangulation en longitude destinée à relier les villes de Buenos-Ayres, Santiago du Chili, Valparaiso, Lima et Panama, au nom du Bureau des longitudes, ont engagé le Bureau à recommander à M. le lieutenant de vaisseau de Bernardières de continuer, dans cette nouvelle campagne, ses observations sur le magnétisme terrestre.

Au vu du nombre des mesures effectuées, et en tenant compte de leur précision, le Bureau décidait de publier les résultats dans ses Annales et concluait : *Le Bureau des longitudes est heureux de constater ainsi que ces études, dont se faisaient gloire autrefois nos marins, et qui semblaient depuis être tombées en oubli, sont reprises aujourd'hui avec un succès complet par les officiers de marine, dont la science apprécie toujours si hautement le concours.*

Les expéditions qui viennent d'être mentionnées se déroulèrent pendant l'Année polaire de 1882-1883, première entreprise internationale de recherches géophysiques organisée en vue de recueillir des observations simultanées dans le voisinage des calottes polaires. La seconde année polaire eut lieu en 1932-1933. La participation de la France fut préparée par une commission dont la présidence fut d'abord confiée au général Ferrié, puis assurée par M. Fichot, ingénieur hydrographe, après le décès de M. Ferrié. Outre M. Cot, chef du service hydrographique, figuraient parmi les participants les plus actifs aux travaux de cette commission, le doyen de la Faculté des sciences de Paris, le directeur de l'Institut de physique du globe, le directeur de l'Office national météorologique, le directeur de l'Institut d'optique et le sous-directeur du Laboratoire national de radioélectricité. Cet intérêt porté par le service aux régions polaires déboucha en 1950 sur une coopération avec les Expéditions polaires françaises, organisme nouvellement créé. Il s'agissait d'effectuer des levés hydrographiques en Terre Adélie, pour assurer en particulier la sécurité de la navigation des navires chargés de ravitailler la base installée à Port-Martin. Plusieurs campagnes furent organisées successivement dans ce but, auxquelles participèrent indifféremment des ingénieurs hydrographes et des officiers de marine. Cette coopération se poursuit aujourd'hui avec l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires (IFRTP) et le soutien de l'administration du territoire des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF). Elle concerne encore la Terre Adélie, destination récente pour les navires de croisière, mais aussi toutes les îles qui constituent le territoire des TAAF, et plus particulièrement les îles Kerguelen.

Les levés hydrographiques servant de base à la cartographie marine constituent une source d'informations très importante pour toutes les formes d'exploitation des océans. Compte tenu du coût élevé des opérations maritimes il est naturel que l'on cherche à rentabiliser au maximum les infrastructures mises en place, pour assurer la localisation par exemple, comme les moyens mis en oeuvre pour assurer le recueil des données en mer. C'est ainsi qu'à la fin des années cinquante, la mission hydrographique qui effectuait des levés en Afrique de l'ouest, sur les côtes du Gabon et celles du Congo, opérait de concert avec les pétroliers et les géologues pour mettre en place le canevas géodésique et maintenir en fonction les chaînes de radiolocalisation nécessaires aux travaux. Plus près de nous, la mission hydrographique des côtes de France

eut également l'occasion de coopérer avec la Compagnie générale de géophysique (CGG) à nouveau, ainsi qu'avec le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), lors du levé des atterrages de la Bretagne à la fin des années soixante. Dans le premier cas, il s'agissait d'étalonner une chaîne de radiolocalisation Toran installée par la mission et comportant des émetteurs en France, en Grande-Bretagne et en Irlande. Un avion mis en oeuvre par la CGG fut chargé de dénombrer les hyperboles de chacun des réseaux pour vérifier la cohérence globale des données géodésiques issues de trois systèmes pratiquement indépendants. Dans le second cas, il s'agissait d'effectuer une exploration sismique sur le plateau continental. Une équipe du BRGM fut ainsi embarquée sur l'un des bâtiments de la mission pendant plusieurs semaines, et le programme de levé adapté pour faire progresser rapidement le levé sismique inclus dans le levé bathymétrique.

La coopération avec le CNEXO, puis l'IFREMER, déjà évoquée dans la discipline océanographie, concerne aussi, bien sûr, les géosciences marines, et la bathymétrie en particulier. Mis en service en 1971, le bâtiment océanographique *D'Entrecasteaux* possédait un sondeur vertical à faisceau étroit stabilisé lui permettant de faire des levés bathymétriques de précision par grande profondeur. C'était à l'époque le seul navire ainsi équipé en France. Le CNEXO disposait pour sa part d'un système de localisation par balises acoustiques assurant une très grande précision au-delà de la portée des systèmes radioélectriques à base terrestre. Ces deux équipements associés permettaient d'effectuer des levés à très grande échelle sur la dorsale médio-atlantique ; le SHOM et le CNEXO furent donc amenés à coopérer à l'occasion de la campagne FAMOUS (French American Mid Oceanic Underwater Survey) pour établir en 1973 et 1974 la carte détaillée d'une portion de la vallée centrale du rift, préalable indispensable à une exploration plus détaillée avec un sous-marin. Quelques années plus tard, au début des années quatre-vingt, les deux organismes eurent à nouveau l'occasion de coopérer pour effectuer un levé bathymétrique sur le talus continental dans le golfe de Gascogne. Les sondages furent en effet exécutés par le navire océanographique *Jean Charcot*, premier navire français équipé d'un sondeur multifaisceaux, et la localisation fut assurée avec une chaîne de radiolocalisation Toran mise en oeuvre par le SHOM.

Toutes ces activités, relatives au recueil de données géophysiques, constituent sans doute les formes de coopération les plus visibles. Elles ne doivent cependant pas faire oublier la multitude des petites tâches qui, chaque jour, associent des ingénieurs et des techniciens du SHOM, et des personnes appartenant à d'autres administrations ou à d'autres laboratoires. Comme dans le cas de l'océanographie, ces actions concernent aussi bien les études et les recherches (dans le domaine de la sédimentologie en particulier) que les développements instrumentaux ou méthodologiques (dans le domaine du traitement des données par exemple).

PÊLE-MÊLE

L'énumération de tous les organismes avec lesquels le service a été amené à coopérer au cours des dernières années risquerait fort de lasser le lecteur, bien qu'une partie seulement des activités soit répertoriée dans les *Annales hydrographiques*. Depuis assez longtemps en effet on ne trouve dans cette collection que des études scientifiques et les rapports des missions hydrographiques ou océanographiques, et ce sont les archives du service qu'il faudrait explorer pour y trouver mentionnée une participation aux activités de l'Institut océanographique, et à son conseil de perfectionnement, ou bien une participation aux activités de l'Institut de physique du globe, dans le domaine des microséismes et tout particulièrement ceux liés aux mouvements de la mer.

C'est en consultant le *rapport annuel* du SHOM, publié pour la première fois en 1981, que l'on pourrait avoir aujourd'hui une idée assez juste de la diversité des actions menées en coopération.

Il y a cependant au moins trois sujets qui paraissent devoir être exposés avec quelques détails, compte tenu de leur importance pour le service ou de leur intérêt pour la nation, et qu'il est difficile de rattacher à une discipline. Ils sont brièvement évoqués ci-dessous.

Le problème des délimitations maritimes s'est posé avec une acuité toute nouvelle lorsqu'est apparue la possibilité d'exploiter les ressources des océans à la fin des années cinquante. Il fallut alors définir les limites des zones dans lesquelles l'État français désirait exercer des droits souverains ainsi que sa juridiction. S'agissant de limites maritimes, il était naturel que le service intervienne. C'est ce qu'il fit en tant qu'expert auprès des administrations compétentes, et du ministère des affaires étrangères en particulier. Outre la participation à la préparation des textes des lois et décrets fixant ces limites, le SHOM a été associé aux négociations menées avec les pays riverains pour établir des accords de délimitation intéressant les eaux territoriales, le plateau continental, ou la zone économique exclusive. Il effectua même en quelques occasions les levés en mer nécessaires pour étayer les revendications de la France. L'opération qui, jusqu'à présent, fut sans doute la plus délicate à traiter et la plus longue à faire aboutir concernait la délimitation de la zone économique exclusive des îles Saint-Pierre et Miquelon. Cette coopération entre le SHOM et le ministère des affaires étrangères se poursuit et n'est pas encore près de s'achever vu l'éparpillement de la France outre-mer. Un ingénieur du service vient d'ailleurs d'être élu pour faire partie de la commission des limites du plateau continental, constituée en 1997 dans le cadre de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer.

L'adhésion de la France, en 1958, à l'Organisation maritime consultative intergouvernementale (devenue depuis Organisation maritime internationale) a conduit le

service à resserrer les liens qu'il entretient traditionnellement avec le ministère des transports (marine marchande). Outre l'élaboration d'une réglementation applicable aux navires, qui est portée à la connaissance des marins par le biais de la documentation établie et diffusée par le service, cette administration est concernée par la sécurité des navigateurs maritimes ; elle est donc associée à la concertation avec les usagers pour tout ce qui touche au balisage et aux infrastructures maritimes. C'est ainsi qu'elle est représentée au sein de la commission des phares, dont la commission permanente est présidée par le service et qu'elle participe à l'organisation des réunions des grandes commissions nautiques, dont le secrétariat est traditionnellement assuré par le service. Sur l'initiative du comité hydrographique, les mémoires et rapports correspondants ont été rassemblés dans une collection intitulée *Recherches hydrographiques sur le régime des côtes*. Le premier volume a été publié en 1874 et rassemble les documents établis de 1838 à 1858.

La toponymie marine est un autre domaine très particulier dans lequel le service a souvent fait appel à des connaissances et à des compétences qu'il ne trouvait pas en son sein. S'il est admis depuis longtemps que la toponymie figurant dans la partie terrestre des cartes marines est empruntée aux cartes éditées par l'IGN, il est admis également que cette information est insuffisante pour la partie marine, fréquemment représentée à une échelle supérieure à celle des cartes terrestres. En 1947, à l'issue du congrès international de toponymie et d'anthroponymie qui venait de se tenir à Paris, le service prit conscience des négligences qui dans ce domaine déparaient toutes nos cartes, et celles des côtes de Bretagne en particulier. Il sollicita donc *l'aide et la collaboration de la Faculté des Lettres de Rennes, qui fait autorité en matière de langue, d'histoire et de géographie bretonnes*, et il fut décidé qu'une circulaire serait adressée aux principaux établissements d'enseignement de Bretagne pour demander le concours de tous les spécialistes qui, connaissant à la fois le milieu marin et la langue bretonne, accepteraient de se charger d'enquêtes locales dans les régions fréquentées par eux, notamment à l'époque des vacances.

Cet extrait des *Annales hydrographiques* publiées en 1949 marque le début d'une enquête qui a été poursuivie pendant une vingtaine d'années sur les côtes de Bretagne. Elle n'est cependant qu'un exemple parmi d'autres, car les missions hydrographiques, en particulier celles opérant outre-mer, ont toujours sollicité les habitants des contrées dans lesquelles elles opéraient pour recueillir les indispensables renseignements toponymiques à faire figurer sur les cartes.

LES USAGERS ET LES CITOYENS

Le choix fait au début conduisait à survoler la coopération nationale, discipline par discipline, en ne retenant que les actions les plus importantes ou les plus

représentatives. Il ne permettait de mettre en évidence ni l'éminente contribution des usagers et des citoyens aux activités du service, ni le dévouement des plus humbles à la cause de la science. Les exemples qui suivent permettent de combler cette lacune.

Les *Annales hydrographiques* furent publiées à l'origine pour diffuser les informations parvenues à la connaissance du Dépôt qui concernaient la sécurité de la navigation. Or ce sont des marins qui étaient le plus souvent à l'origine des informations rassemblées dans les annales. Les « avis aux navigateurs » étaient ainsi (et sont toujours) établis à partir des écrits parvenant au Dépôt, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un autre service, français ou étranger, tandis que les « instructions nautiques » étaient, elles, rédigées en compilant des relations de voyages et divers autres documents. C'est donc très tôt qu'ont été instaurées des relations de confiance et d'estime mutuelle entre le service et les usagers, en se fondant notamment sur la légendaire solidarité entre gens de mer.

Le premier avis aux navigateurs publié dans les *Annales hydrographiques* en 1848 était extrait d'une lettre du capitaine Beechey à l'hydrographe de l'amirauté, rédigée comme suit : *J'ai l'honneur de vous donner connaissance de la découverte d'un banc dangereux, situé dans le canal de Bristol, à 5/6 de mille dans l'O.S.O. du compas du feu de Flatholm. On n'a pas trouvé plus de 11 pieds anglais (3m 4) d'eau sur ce banc, et il peut y en avoir moins ; car je ne l'ai pas encore suffisamment examiné.*

L'avis aux navigateurs qui suit (97 33 28) est extrait du groupe hebdomadaire n° 33 publié en 1997. Il a été établi à partir des informations communiquées par M. Massac, commandant le M/V *Véronique Delmas* :

« Carte 7062 (17)

- cartouche B *Port de Lomé*

Porter une épave 6° 08,47' N — 1° 17,43' E

une sonde 9,5 6° 07,88' N — 1° 17,62' E

Rayer (éteint) 6° 07,80' N — 1° 17,93' E

- cartouche C *Rade de Kpémé*

Porter lieu d'embarquement du pilote

6° 11,02' N — 1° 31,08' E »

Les instructions nautiques de la région ont également pu être complétées à partir des renseignements fournis par cette même personne, et elles sont aujourd'hui détaillées comme suit : « Le pilote embarque à l'extérieur des limites du port et à l'intérieur d'un cercle de 1 M de rayon centré sur le musoir de la jetée. Il est accompagné par deux équipes d'amarrage, et il reste à bord pendant toute la durée du séjour du navire dans le port. Il doit être logé et nourri. Il débarque après l'appareillage, lorsque le navire est sorti de la zone portuaire. La pilotine est une vedette grise, sans signe distinctif. »

Depuis de nombreuses années le SHOM récompense ses informateurs bénévoles les plus

assidus et établit un palmarès qui, depuis 1985, est publié dans *La lettre du SHOM*. M. Massac occupe la première place dans la liste des lauréats établie pour l'année 1996.

En dépit de ce que pourraient laisser supposer les anecdotes qui ont été évoquées jusqu'à présent, il n'est pas nécessaire d'être érudit pour contribuer aux progrès de la science. La connaissance repose en effet sur des observations, qui peuvent parfois être confiées à des opérateurs peu qualifiés. Il en a fréquemment été ainsi des mesures de hauteur d'eau pour l'étude de la marée, et des lâchers de bouteilles à la mer pour celle des courants.

M. Chazallon, ingénieur hydrographe à l'origine de l'installation des premiers marégraphes sur les côtes de France, connaissait toute l'importance attachée au recueil de bonnes observations pour que la théorie puisse être utile à la prédiction. A propos des données recueillies à Saint-Servan, il écrivait un jour : *l'agent chargé des quatre observations journalières ... faisait faire son service par un ancien jardinier qui ne savait ni lire, ni écrire, ni reconnaître l'heure sur une montre*, et indiquait de façon plus générale à propos des mesures en sa possession en 1839 : *qu'il n'est guère possible de tirer parti de la plupart de ces observations, quoique faites avec beaucoup de zèle ; car les observateurs, abandonnés à eux-mêmes, ne pouvaient soupçonner la valeur de certains éléments qu'ils ont négligés*. La mise en service de marégraphes fit apparaître le besoin d'agents chargés de leur conduite. Les premiers furent choisis selon les principes qui guidaient M. Beauteemps-Beaupré : *il choisissait pour observateurs des marées des hommes presque illettrés. Ceux qui avaient reçu une certaine instruction s'astreignaient rarement à faire, en quelque sorte, le métier de machine et ils déguisaient leur manque d'assiduité en interpolant les observations*.

L'instruction du 23 mai 1908, relative à l'emploi et à la comptabilité des fonds de prévoyance mis à la disposition des missions hydrographiques, océanographiques et géodésiques, est toujours en vigueur. Elle stipule que « le directeur technique de la mission peut verser des indemnités ou des gratifications proportionnées aux services rendus aux personnes étrangères à la mission qui, occasionnellement, prêtent leur concours pour l'observation de la marée et des courants, la construction de signaux et d'échelles de marées, ainsi qu'aux pilotes et marins pratiques, aux guides, etc. ». Le marégraphe installé à Port-Tudy, dans l'île de Groix, est aujourd'hui le dernier observatoire permanent dont la surveillance est confiée à un agent : M. Stéphan. Il va être remplacé dans quelques mois par un marégraphe, en cours d'installation à Concarneau, qui sera contrôlé par l'établissement principal du SHOM à Brest via une ligne téléphonique.

Pour ce qui concerne cette fois l'étude des courants à l'aide de bouteilles jetées à la mer et trouvées à la côte, on trouve dans les *Annales hydrographiques* publiées en 1851 l'observation suivante :

Il a été trouvé le 1^{er} novembre 1850, sur la côte au N. de Bayonne, à environ trois lieues de l'entrée de ce port, une bouteille dans laquelle était un billet rédigé en langue anglaise, et dont voici la traduction : - Le navire le PRINCE-OF-WALES, en destination de Londres - Tout va bien - Par le travers des îles Scilly ; 1^{er} juin 1850 - E. Brinkman, passager -

Du point de départ au point d'arrivée, 420 milles au S. 29° E. vrai, en cent cinquante-deux jours, ce qui fait 2 m 76 par jour.

Cette méthode pour estimer les courants est connue depuis fort longtemps, et son intérêt a été clairement démontré au milieu du 19^e siècle. Elle a été remise au goût du jour au milieu des années cinquante pour étudier les déplacements des nappes de pollution superficielle. Les bouteilles ont alors été remplacées par des sachets étanches en plastique renfermant une carte numérotée, sur laquelle figuraient en outre des instructions destinées au découvreur. Le service hydrographique a mis en oeuvre cette technique pendant plus de vingt ans, sur toutes les mers du globe, pour établir un dictionnaire de la pollution avec le concours des bâtiments de la marine nationale. Deux cent soixante-dix mille cartes sont aujourd'hui répertoriées dans ce dictionnaire, qui n'est plus en service. Elles ont été lancées à la mer entre 1958 et 1980, et il s'est trouvé vingt-neuf mille promeneurs pour les renvoyer au service après les avoir complétées (date et lieu de la découverte) et timbrées. Comme chaque année depuis 1980, quelques cartes ont encore été reçues au service en 1997. L'une d'entre elles avait été renvoyée au n° 13 de la rue de l'Université à Paris, adresse postale du service hydrographique jusqu'en 1971.

LE CONTRIBUABLE

La collecte des informations et des données, sur lesquelles reposent les prestations et les produits fournis par le service, est une tâche très longue et fastidieuse ; plus que d'autres elle doit ainsi être non seulement planifiée, mais encore adaptée en permanence à l'évolution des besoins. Ce constat a conduit à créer, par arrêté du 12 décembre 1983, un comité consultatif des utilisateurs des documents, levés et prestations du service hydrographique et océanographique de la marine (CUSH). Environ quarante membres composent cette instance, soit représentants de ministres ou secrétaires d'État, de quelques autorités ou d'organismes aussi divers que France Télécom et la fédération française de voile, soit personnalités qualifiées comme le président du comité national français pour la commission océanographique intergouvernementale ou le représentant des clubs de sports sous-marins désigné par la fédération française.

Deux groupes de travail permanents, « CUSH plaisance » et « CUSH pêche », se réunissent très régulièrement pour apporter leur contribution aux travaux du comité. Intervenant lors de la septième

réunion du CUSH plénier, qui s'est tenue en 1997, le vice-amiral de Chauillac, secrétaire général adjoint à la mer et président du CUSH, demandait que les besoins détaillés des pêcheurs et des plaisanciers dans les zones de petits fonds soient exprimés de manière réaliste avant l'été 1998, à l'initiative des présidents de ces deux groupes de travail, de manière à pouvoir être pris en compte lors de la préparation du programme d'activités du SHOM en 1999. Il rappelait, en outre, le rôle du comité interministériel de la mer, pour fixer éventuellement des priorités entre les besoins des différentes catégories d'utilisateurs.

A titre anecdotique, et bien que ce fait soit un peu hors sujet, il faut sans doute mentionner l'intervention du CUSH pêche qui a débouché, au début des années quatre-vingt-dix, sur l'affectation à l'établissement principal de Brest de matelots scientifiques du contingent, diplômés en géologie et en sédimentologie, dans le but d'accélérer un programme d'édition de cartes sédimentologiques (appelées « cartes G ») plus particulièrement destinées aux pêcheurs.

SOURCES

ANNALES HYDROGRAPHIQUES - 1848 à 1997.

BOURGOIN J. - L'hydrographie française en Afrique noire et à Madagascar pendant la période 1947-1965. Annales hydrographiques, 5^e série, vol. 16, 1989, p. 69 à 76.

COMITÉ D'OCÉANOGRAPHIE ET D'ÉTUDES DES CÔTES - Bulletin d'information, 1949 à 1971.

GRANGE BATELIÈRE - Grande encyclopédie Alpha de la mer, 1972.

LACOMBE H. - Cours d'océanographie physique. Gauthier-Villars, 1965.

LEVALLOIS J.-J. (en collaboration). - Mesurer la Terre. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées et association française de topographie, 1988.

PASQUAY J.-N. et BONNOT J.-F. - Utilisation de cartes-flotteurs pour l'étude des dérives de surface et application à la prévision des pollutions côtières. La Houille blanche, n° 8, 1971, p. 769 à 778.

SERVICE HISTORIQUE DE LA MARINE - Archives de la section de météorologie maritime.

SERVICE HISTORIQUE DE LA MARINE - Archives du service hydrographique de la marine.

LE SERVICE HYDROGRAPHIQUE FRANÇAIS ET LA COOPÉRATION INTERNATIONALE EN HYDROGRAPHIE

Jean-Nicolas PASQUAY
Ingénieur général (hydrographe) (2^e S)

PRÉAMBULE

Le Service Hydrographique Français a eu très tôt l'ambition de mettre à la disposition de nos navigateurs les documents nécessaires à la sécurité de la navigation sur l'ensemble des océans et des mers. Comme ses travaux à la mer ne pouvaient à l'évidence couvrir tout le globe, le service fut obligé de coopérer avec ses homologues étrangers, ne serait-ce qu'en échangeant des documents nautiques.

Dès le 19^e siècle, quelques ingénieurs hydrographes français profitèrent de leurs séjours à la mer pour faire des observations et études sortant du strict cadre de la sécurité de la navigation. Cette tendance se renforça au 20^e siècle, et nos ingénieurs défrichèrent ainsi, avec d'autres marins et scientifiques, l'immense domaine de l'océanographie physique. La deuxième guerre mondiale allait révéler l'importance de cette science pour les prévisions d'environnement nécessaires à la préparation et à l'exécution des opérations navales (notamment pour l'estimation des portées de détection des sonars).

Lorsque le Service Hydrographique devint en 1971 le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM), sa vocation océanographique se trouva affirmée dans les textes. L'océanographie militaire s'y développa alors progressivement et représente depuis 1990 une part importante des activités du service. Pour progresser dans ce domaine il fallut coopérer avec des organismes civils ou militaires étrangers ayant des compétences en océanographie physique. Le SHOM fut amené à rechercher des partenaires au-delà du cercle des services hydrographiques. On peut, en particulier citer la coopération avec les États-Unis, la Grande-Bretagne (DNOM¹, IOS²), l'Allemagne (Institut für Meereskunde de Kiel). Les ingénieurs français participèrent aux travaux du groupe MILOC³ de l'OTAN, et d'autres instances internationales telles que le SCOR⁴. Toutes ces activités sortent du domaine de l'hydrographie et de l'Organisation Hydrographique Internationale et ne sont pas abordées dans le présent exposé.

(1) DNOM : Directorate of Naval Oceanography and Meteorology, devenu en 1995 Directorate of Naval Surveying, Oceanography and Meteorology (DNSOM).

(2) IOS : Institute for Ocean Sciences.

(3) MILOC : Military Oceanography.

(4) SCOR : Scientific Committee on Oceanographic Research.

LA COOPÉRATION ENTRE LES SERVICES HYDROGRAPHIQUES FRANÇAIS ET BRITANNIQUE

INTRODUCTION

Le Service Hydrographique Français (SHF) entretient depuis longtemps des liens avec les services hydrographiques des autres pays maritimes et en particulier avec ses homologues de l'Europe occidentale. Mais les relations de coopération avec le Hydrographic Office Britannique (HOB) tiennent une place à part tant par leur importance que par leur nature. Cette particularité a des raisons historiques. Ces deux pays maritimes ont eu, au 19^e siècle, d'ambitieuses politiques coloniales, sans commune mesure avec celles d'autres pays. La réalisation de leurs ambitions exigeait, à l'évidence, une bonne connaissance des océans tant pour la conquête des colonies que pour le maintien outre-mer et les relations économiques qui allaient s'établir entre les colonies et les métropoles.

Ainsi chacun des deux services hydrographiques réalisa un portefeuille de cartes à couverture mondiale, complété d'ouvrages nautiques pour toutes les mers. A la veille de la première guerre mondiale la Grande-Bretagne avait un portefeuille de 3 750 cartes dont 2 250 cartes originales, la France 3 000 cartes dont 1 200 cartes originales. A la même époque les États-Unis n'avaient que 2 400 cartes dont 1 050 cartes originales. Les autres nations maritimes avaient des portefeuilles cartographiques bien plus réduits et peu ou pas de cartes pour les eaux étrangères. La similitude, à cet égard, des situations en France et en Grande-Bretagne allait favoriser une coopération privilégiée entre leurs services hydrographiques.

La coopération au 19^e siècle

Pendant la Révolution Française et le Premier Empire la lutte entre la France et la Grande-Bretagne fut acharnée, mais épargna quelque peu les « explorateurs ». La paix revenue, l'intérêt des deux puissances maritimes conduisit tout naturellement au développement des relations entre le Bureau Hydrographique de l'Amirauté de Londres et le Dépôt des cartes et plans de la Marine. Ces relations prirent une forme officielle et régulière à partir de 1828. Par une lettre du 19 juin 1828, le Contre-Amiral, chevalier de ROSSEL, directeur du Dépôt des cartes et plans, écrit au vicomte de GRANVILLE, ambassadeur extraordinaire de S.M. Britannique : « Je suis autorisé à entretenir, dans l'intérêt de la science nautique, les communications qui viennent de s'établir avec le Bureau Hydrographique de l'Amirauté de Londres ».

Le Capitaine de Frégate GAUTTIER-DUPARC avait coopéré dès 1816 avec le Captain SMITH à l'occasion de travaux géodésiques en Méditerranée. Lorsque le Captain COPELAND, commandant le trois-mâts britannique MASTIFF effectua en 1827 des travaux de reconnaissance dans les îles de la Mer Égée, il disposait d'une liste de positions géographiques déterminées de 1816 à 1819 par le Capitaine de Frégate GAUTTIER-DUPARC. A la demande du Captain PARRY, Hydrographe britannique, son homologue français, le Contre-Amiral de ROSSEL, fournit une liste des positions géographiques établies un peu partout dans le monde par les Français et donna une description des méthodes employées pour la détermination des positions. L'envoi français incluait des rapports des voyages de FREYCI-NET ainsi que ceux de D'ENTRECASTEAUX. Le dernier rapport comportait notamment la description des méthodes nouvelles employées par BEAUTEMPS-BEAUPRÉ. Avec ses remerciements, PARRY fit parvenir à l'Hydrographe français, des cartes des côtes d'Afrique et de Madagascar dues au Captain OWEN. Il indiqua aussi des zones où des levés hydrographiques britanniques étaient en cours. L'échange d'information portait donc, dès cette époque, sur des documents produits par les deux services, les méthodes employées et les travaux en cours.

Un important envoi de cartes françaises amena le Captain BEAUFORT, Hydrographe britannique à écrire, le 28 avril 1832, une lettre particulièrement cordiale et élogieuse à son homologue français, le Comte de GOURDON. Voici un extrait de cette lettre :

« *The third part of the Pilote Français is superior in beauty to any chart that have ever been published, except those in its own preceding volumes and for the admirable precision of the details, the name of M. BEAUTEMPS - BEAUPRÉ confessedly the first maritime surveyor of the age is sufficient guarantee* ».

Bien entendu, l'échange de cartes et d'ouvrages nautiques entre les deux services donnait toujours lieu à un examen critique soigné des documents reçus. La correspondance qui en résultait permettait aux deux services d'améliorer la qualité de leurs documents.

A partir de 1874 les cartes nouvellement éditées par le SHF et adressées au HOB comportaient une épreuve assortie d'une teinte rouge destinée à mettre en évidence les modifications apportées aux éditions précédentes. Réciproquement le HOB envoyait au SHF des

épreuves du même type. Cette pratique d'échange d'épreuves teintées, destinées à faciliter l'exploitation des éditions nouvelles par le service hydrographique étranger, existe encore de nos jours. Il s'agit, pour le SHF, d'une pratique dont seul le HOB est bénéficiaire.

Il arrivait aussi que des navires britanniques fréquentant des zones sous souveraineté française, notamment dans l'Océan Pacifique, signalent directement à l'autorité navale française concernée, la découverte d'un danger pour la navigation.

On peut noter, par contre, que tout au long du 19^e siècle et au début du siècle suivant, les visites d'un service par des personnes de l'autre furent rares.

La coopération au 20^e siècle

La première guerre mondiale fut l'occasion d'un resserrement des liens entre les deux services. Ainsi, l'Ingénieur en Chef MION fit en avril 1916 une visite très complète à l'Hydrographic Department, au dépôt des cartes de l'arsenal de Sheerness et à l'observatoire royal de Greenwich. Il fit un rapport détaillé mettant en évidence les différences principales entre les services et proposa quelques réformes s'inspirant des points forts de l'organisation britannique. L'Ingénieur Général RENAUD, directeur du SHF, se rendit l'année suivante en Grande-Bretagne pour rencontrer son homologue, l'Amiral PARRY. La bonne entente entre ces personnalités exceptionnelles et leurs nombreux échanges de vues furent à l'origine de la création du Bureau Hydrographique International.

Après la deuxième guerre mondiale, les liens, interrompus pendant quatre années, reprirent progressivement. Les échanges de documents et d'informations nautiques et la correspondance relative à ces documents et informations constituaient toujours l'essentiel de la coopération. On peut toutefois noter que, contrairement aux pratiques courantes, le SHF envoyait parfois au HOB une épreuve de préparation d'édition de carte originale. Le HOB pouvait alors entreprendre une action cartographique d'une certaine ampleur, sans attendre la sortie effective de la nouvelle carte française. La réciproque est également vraie. Il s'agit bien là de relations privilégiées.

Le développement des techniques cartographiques, l'emploi croissant de l'informatique, l'information nautique urgente par radio sont autant de thèmes qui donnèrent lieu à des échanges de visiteurs de plus en plus indispensables.

A partir de 1966 une collaboration en matière de levés s'amorça. Ainsi pour la localisation des navires français chargés du grand levé des atterrages de Brest, il fallut installer des stations émettrices du système TORAN aux îles Scilly, en Cornouaille et à la pointe Sud de l'Irlande. Ce projet nécessita l'aide du HOB. Celui-ci donna son appui pour l'implantation des stations et les autorisations d'émettre dans le Royaume-Uni. Le HOB

fournit également les informations géodésiques nécessaires pour la détermination des positions des antennes tant au Royaume-Uni qu'en Irlande.

En février 1973 les deux services hydrographiques, agissant au nom de leurs gouvernements, conclurent un accord de coopération concernant les levés en Manche, comprenant en particulier une définition de la ligne de partage des zones de responsabilité hydrographique. Un levé commun en Manche commença la même année. On se servit d'une chaîne de radiolocalisation HI-FIX dont les stations furent implantées en France par la société DECCA agissant sous contrat avec le HOB. Les officiers des deux services coopérèrent pour le choix des sites, les autorisations d'implantation et d'émission, ainsi que la détermination des positions des antennes. Le BH L'ESPÉRANCE de la Mission Hydrographique de l'Atlantique (MHA) entreprit le levé en Manche orientale à partir de septembre 1973. Du côté britannique les levés furent exécutés par HMS BEAGLE et HMS BULLDOG. Le directeur de la MHA et le Superintendent of Survey Planning du HOB furent autorisés à correspondre directement afin de coopérer avec le maximum d'efficacité.

En janvier 1980 le HOB proposa le prolongement de la ligne de partage établie en Manche entre levés français et britanniques pour qu'elle s'étende à la partie sud de la Mer du Nord. Ce partage intéressait aussi la Belgique et les Pays-Bas. Il s'opéra en suivant approximativement les lignes de délimitation entre les services responsables du balisage.

La mise en place du nouveau système de balisage, partout dans le monde, au cours des années 1970 entraîna, pour les services hydrographiques qui disposaient d'un portefeuille cartographique mondial (HOB) ou quasi-mondial (SHF), un travail considérable pour la tenue à jour des cartes. Dès qu'un nouveau système de balisage était en place dans une zone donnée, la carte de la zone devait être immédiatement mise à jour, généralement par édition de la carte. Il fallait donc anticiper la mise en place. Les deux services hydrographiques oeuvrèrent ensemble pour que l'Association Internationale de Signalisation Maritime (AISM) établisse un programme de mise en place du nouveau balisage tenant compte des capacités cartographiques des services hydrographiques. Leur commune vigilance évita la création de situations dangereuses pour les navigateurs.

Les activités liées aux grands projets de l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) conduisirent également au renforcement de la coopération franco-britannique. Ces thèmes sont abordés sous d'autres rubriques. Il s'agit, en particulier, de la carte bathymétrique générale des océans (GEBCO), des cartes internationales à toutes échelles ainsi que des spécifications de l'OHI pour les cartes marines.

Dans les années 1980 les éditeurs privés utilisèrent de plus en plus fréquemment les cartes et ouvrages nautiques publiés par les services hydrographiques pour produire des documents destinés aux plaisanciers.

Certains éditeurs omettaient, et omettent encore, de demander les autorisations nécessaires. Au printemps 1984 les deux services échangèrent des informations concernant la protection des cartes et ouvrages nautiques (copyright). Il s'agissait notamment de traiter les demandes de reproduction ou d'utilisation d'une carte publiée par un service hydrographique mais basée totalement ou partiellement sur des levés effectués par l'autre service. On s'accorda sur le fait que le pays auteur du levé était le véritable propriétaire des données correspondantes. Pour simplifier les calculs des redevances et les procédures, le SHF ne demandait le paiement des droits que lorsque la carte du HOB que l'éditeur privé souhaitait reproduire était basée sur des levés exclusivement français ou très majoritairement français. Bien entendu, on convint de même pour le cas réciproque.

Ces mêmes années furent aussi marquées par les premiers développements de prototypes de « cartes électronique » par les industriels. Ceux-ci numérisaient totalement ou partiellement les cartes des services hydrographiques pour constituer les fichiers numériques correspondants. Par commodité, la plupart des industriels numérisaient des cartes britanniques. Lorsque celles-ci comportaient des zones levées par le SHF, le HOB ne donnait pas l'autorisation de numérisation. Il invitait le demandeur à obtenir d'abord l'accord du SHF propriétaire des données dans sa zone de responsabilité hydrographique. Les deux services adoptèrent ainsi une attitude commune vis-à-vis des industriels afin de préserver les droits légitimes du service auteur du levé, ainsi que ceux du service producteur de la carte.

Beaucoup de ces questions, traitées d'abord de façon bilatérale entre les deux services firent ensuite l'objet de consultations au sein des commissions hydrographiques régionales, comme on le verra dans les rubriques correspondantes.

Les levés en Manche et dans la partie sud de la Mer du Nord, firent l'objet d'une coopération permanente. Mais on doit aussi citer les cas d'opérations occasionnelles d'importance moindre et qui donnèrent lieu à des accords particuliers, de concertation ou de coopération. C'est ainsi que des photographies aériennes pour illustrer des instructions nautiques furent prises sur les côtes de France entre Antifer et Dunkerque par un hélicoptère du HMS HYDRA avec la participation d'un officier du SHF. C'est ainsi, aussi, que le HOB donna son accord pour que le SHF effectue des déterminations de positions sur le plateau des Minquiers.

Une mention particulière de la coopération franco-britannique doit être faite pour la préparation de la grande revue navale alliée au large des côtes de Normandie à l'occasion du 50^e anniversaire du débarquement du 6 juin 1944. L'Hydrographe britannique, avisé tardivement des besoins de la Royal Navy pour cette opération commémorative se mit en rapport avec son homologue français, en novembre 1993, exprimant en termes hydrographiques les besoins de navigation et de plageage. Le travail fut effectué par la MHA dans des condi-

tions difficiles dans les semaines qui suivirent et fut achevé avant le printemps 1994. Les principaux résultats furent communiqués rapidement au HOB. Les nouvelles éditions des cartes côtières françaises concernées parurent en mai 1994. Les cartes françaises, réalisées aux normes de l'OHI, furent utilisées sur les passerelles britanniques et américaines des bâtiments participant à la revue. C'était bien là une première !

Enfin, conformément aux pratiques contemporaines, on a récemment « formalisé » des rencontres régulières entre les Hydrographes français et britannique (alternativement en France et au Royaume-Uni). La reconnaissance de l'hydrographie et de l'océanographie militaires comme l'un des thèmes de la coopération navale entre les deux pays a été formalisée par une « letter of intent » signée par les deux ministres de la défense le 8 novembre 1996.

LA COOPÉRATION ENTRE LE SERVICE HYDROGRAPHIQUE FRANÇAIS ET LES AUTRES SERVICES HYDROGRAPHIQUES

Les relations franco-britanniques en hydrographie ont été indéniablement des relations privilégiées. Le SHF coopéra de façon plus ou moins étroite avec de nombreux autres services hydrographiques. L'échange de documents nautiques est une pratique très répandue. Cet échange est toujours intéressant ; il permet à chaque service de s'inspirer de la production des autres pour adapter au mieux ses propres documents aux besoins des navigateurs.

Les exemples de coopération qui suivent sont donnés dans un simple but d'illustration, sans aucun souci de classement ou d'exhaustivité.

Le premier accord de reproduction de cartes marines par fac-similé conclu par le SHF a été signé avec les Pays-Bas en 1966. C'était une réussite qui encouragea le SHF à rechercher des accords avec d'autres pays comme l'Allemagne, l'Italie, les États-Unis ou le Canada.

Dans les années 1960-1970 la France assura la formation de quelques officiers hydrographes portugais, d'abord à l'École d'Application du SHF, puis à l'École Nationale Supérieure de Techniques Avancées. Ces actions de formation resserrèrent les liens entre les deux services qui coopèrent en particulier dans le domaine du traitement des observations de marée. Un accord de coopération scientifique et technique, signé en 1996, formalisa des pratiques commencées dans les années 1970.

L'excellente qualité de certains matériels allemands (tels que les sondeurs, gravimètres et presses pour l'impression des cartes) amena le SHF à poser un bon nombre de questions techniques au service hydrographique de la République Fédérale d'Allemagne. La similitude des approches dans le domaine du traitement automatique des données entraîna tout naturellement une coopération en informatique. Celle-ci se traduisit

notamment par un échange de longue durée de deux ingénieurs.

Enfin le SHF apporta son concours pour la formation des personnels et la création de services hydrographiques dans des pays en voie de développement. Cette question est abordée dans la rubrique assistance technique.



Sortie à bord du bâtiment hydrographique néerlandais BUYSKES. De gauche à droite : le commandant du BUYSKES, le contre-amiral KREFFER, directeur du service hydrographique des Pays-Bas, J. BOURGOIN, directeur du SHOM, J.-N. PASQUAY.

LE BUREAU HYDROGRAPHIQUE INTERNATIONAL

Le rôle de la France dans la création du Bureau Hydrographique International

En mars 1912 se tint à Saint-Petersbourg une conférence maritime internationale au cours de laquelle l'Ingénieur en Chef RENAUD présenta une note « sur les cartes hydrographiques publiées par les différentes puissances maritimes et sur l'entente internationale à ce sujet ». On y lit : « En résumé, il y a un grand intérêt à ce que les puissances maritimes s'entendent entre elles pour unifier les conventions relatives aux documents nautiques. Cette entente semble facile à réaliser dès maintenant par une réunion des spécialistes des différents pays... ». L'idée du Bureau Hydrographique International (BHI) était en germe. Une conférence internationale concernant l'hydrographie fut prévue. RENAUD devenu en 1913 Ingénieur Général et directeur du SHF poursuivit les réflexions à ce sujet. En raison de la première guerre mondiale la conférence prévue fut reportée, mais un dialogue sur la coopération internationale s'instaura entre RENAUD et son homologue britannique, le Contre-Amiral Sir JOHN PARRY.

La première Conférence Hydrographique Internationale se réunit à Londres en juin 1919 sous la

présidence de PARRY, assisté de RENAUD, vice-président. Au cours de cette conférence les représentants de vingt-cinq États discutèrent de l'unification des cartes et publications nautiques. A la fin on examina la proposition française concernant l'établissement d'un Bureau Hydrographique International. On décida d'adopter comme base pour la fondation du Bureau les recommandations du projet français et du mémorandum anglais.

Un Comité de la Conférence Hydrographique Internationale (CCHI) fut créé qui comporta PARRY, RENAUD et le Capitaine de Vaisseau E. SIMPSON (États-Unis). Le CCHI fut chargé d'entreprendre les démarches nécessaires à la création du BHI. RENAUD quitta les fonctions de directeur du SHF en septembre 1919, mais resta membre du CCHI. Il y fut toutefois remplacé temporairement par l'Ingénieur Général ROLLET de L'ISLE pendant sa mission d'études portuaires en Syrie.

Le 16 mai 1921 le CCHI, qui siégeait à Londres, diffusa les instructions pour l'élection des trois directeurs du BHI et fixa au 20 juin 1921 la date limite de réception des votes. Le 17 mai 1921 le CCHI reçut la nouvelle du décès de RENAUD, « père du BHI »⁵ qui était évidemment candidat. La France n'eut pas le temps de présenter un nouveau candidat à la place de RENAUD, comme l'avait souhaité PARRY.

Le premier comité de direction du BHI, issu des élections de juin 1921 comportait : le Contre-Amiral PARRY, président, le Capitaine de Vaisseau J.M PHAFF (Pays-Bas) et le Capitaine de Vaisseau S. MÜLLER (Norvège).

Les ingénieurs hydrographes français au comité de direction du BHI

Lors de la deuxième Conférence Hydrographique Internationale qui se tint en 1926 la France présenta un candidat : l'Ingénieur Général P. de VANSSAY de BLAVOUS. Celui-ci fut élu directeur et son mandat fut renouvelé au cours des Conférences Hydrographiques Internationales de 1932 et de 1937. A la suite du décès du Contre-Amiral NIBLACK (États-Unis), de VANSSAY exerça les fonctions de président du comité de direction de 1929 à 1932. P. de VANSSAY eut la tâche de maintenir seul le fonctionnement du BHI à Monaco pendant la guerre et l'occupation. Dès 1939 le Contre-Amiral L.R. LEAHY avait rejoint les États-Unis. Le Vice-Amiral J.D. NARES, président, rallia l'Angleterre en 1940 et entretint depuis Londres la correspondance avec une grande partie des pays membres. Certes l'activité du BHI était réduite, car peu de pays correspondaient avec Monaco de 1941 à 1944. Il fallut gérer au mieux des ressources en baisse et faire face aux exigences de l'occupant. En mars 1944, le BHI dut quitter le bâtiment construit pour lui, quai des États-Unis, et s'installer dans un hôtel de Monaco. Des caisses de documents et d'instruments

(5) Cette expression est employée par le Capitaine de Vaisseau V.A. MOITERET (Marine des États-Unis) dans son article « Le BHI : 50 années de fonctionnement » paru dans la Revue Hydrographique Internationale [MOITERET V.A., 1971].

furent expédiées à Lyon et entreposées dans des locaux appartenant au SHF. P. de VANSSAY renonça à une grande partie de son traitement en raison de la situation financière difficile du Bureau. Ce n'est qu'à partir de juin 1945 qu'il bénéficia à nouveau d'un traitement normal. En juillet 1945 le retour dans ses fonctions de J.D. NARES marquait la fin d'une période difficile au cours de laquelle P. de VANSSAY avait servi avec dévouement et abnégation la cause de l'hydrographie internationale.

En 1957 l'Ingénieur Général L. DAMIANI fut élu directeur du BHI. Il ne se représenta pas lors des élections de 1962 et mourut dès 1963.

En 1967 l'Ingénieur Général G. CHATEL fut élu directeur et président du comité de direction du BHI. Il avait contribué en tant que directeur du SHF à la coopération internationale notamment par des actions concertées avec le Royaume-Uni et les Pays-Bas. Il avait été impliqué en 1966 dans la préparation d'un projet de nouveau statut pour le BHI en liaison avec ses homologues britanniques et néerlandais. Ce statut introduisit le concept d'Organisation Hydrographique Internationale (OHI). La convention de l'OHI entra en vigueur en 1970, c'est-à-dire au cours du mandat de G. CHATEL. Elle renforçait le caractère intergouvernemental du BHI.



Réunion du groupe de travail SEDAF au BHI (octobre 1983)

Le fonctionnement du BHI

La France a, comme nous venons de le voir, joué un rôle important dans la constitution et la définition des statuts du BHI puis de l'OHI. Dans les années 1980 elle fit partie du groupe de travail chargé de mener une réflexion approfondie sur l'organisation du Bureau, le rôle des directeurs et du président ainsi que leur mode d'élection⁶. La connaissance des conditions locales, ainsi que des règles de la fonction publique en France et à Monaco, a tout naturellement conduit le SHF à participer activement aux travaux de la Commission des Finances de l'OHI par l'intermédiaire d'un administrateur civil ou d'un commissaire de marine du service.

Le SHF a constamment prêté assistance au BHI pour le bon usage de la langue française dans les textes de base et les publications du Bureau. Ainsi, par exemple, le service participa largement à la rédaction des éditions successives du dictionnaire hydrographique international (S 32) tant en ce qui concerne le fond que la partie française du dictionnaire.

LA FRANCE ET LES COMMISSIONS HYDROGRAPHIQUES RÉGIONALES

L'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) comporte des pays maritimes dont les besoins hydro-

graphiques sont très divers tant en raison de la géographie que de l'économie. Ces pays ont aussi des traditions, des cultures et des stades de développement très différents. Peu d'années après la création du BHI on comprit l'intérêt de s'associer pour traiter au sein d'une région des problèmes hydrographiques propres à la région, avec des rencontres plus fréquentes, et des échanges de vues plus complets que ceux que permettaient les conférences hydrographiques internationales espacées de cinq ans. C'était aussi dans le cadre limité d'une région que l'on pouvait envisager une véritable coordination des activités hydrographiques. Ainsi naquit, dès 1929, le Groupe Nordique rassemblant le Danemark, la Norvège, la Suède, la Finlande et l'Islande. En 1962, devant l'ampleur des problèmes posés par la sécurité de navigation des navires à grand tirant d'eau en Mer du Nord, on créa la Commission Hydrographique de la Mer du Nord que la France allait rejoindre en 1975. Depuis lors la France fut amenée, en raison de sa présence dans trois des océans, à faire partie des commissions hydrographiques régionales suivantes :

- Commission Hydrographique de la Méditerranée et de la Mer Noire (1978)
- Commission Hydrographique de l'Atlantique Oriental (1984)
- Commission Hydrographique du Pacifique Sud-Ouest (1993)

(6) Working Group on System of Election of Directors And Functions of the IHB Directing Committee (SEDAF).

- Commission Hydrographique de la Mer des Caraïbes et du Golfe du Mexique (1994)
- Commission Hydrographique de l'Afrique et des Îles Australes (1996).

La commission hydrographique de la Mer du Nord

Créée en 1962, pour faire face au nouveau défi que constituait l'augmentation considérable du tirant d'eau des navires, la Commission Hydrographique de la Mer du Nord comportait alors six pays riverains de la Mer du Nord et du Skaggeak : Pays-Bas, République Fédérale d'Allemagne, Royaume-Uni, Danemark, Norvège et Suède. L'initiative était néerlandaise. Comme la Commission comportait trois pays membres du Groupe Nordique, on s'inspira pour son mode de fonctionnement de l'expérience de ce groupe. L'unique langue de travail allait, tout naturellement, être l'anglais, une des deux langues officielles de l'OHI. On la désignera par son acronyme anglais : NSHC (North Sea Hydrographic Commission). Les statuts de la NSHC indiquaient que la Commission allait être composée des directeurs des services hydrographiques de la région qui se déclaraient désireux de participer à des programmes ou actions en commun, des études, des échanges d'information, etc.

Les premières tâches de la NSHC furent d'évaluer l'état des levés hydrographiques existants en Mer du Nord et de définir un programme de levés pour la connaissance adéquate des fonds sur les routes que devaient fréquenter les navires à grand tirant d'eau. La nécessité d'effectuer des levés soignés en dehors des eaux territoriales fut immédiatement soulignée. Toutes les épaves situées par 30 mètres de fond ou moins furent considérées comme des dangers potentiels. Les cartes pour la pêche, la refonte des cartes de lignes cotidales, les routes en eau profonde, la mise sur pied d'un système mondial d'avertissements de navigation par radio, les relations entre l'OHI et l'Organisation Maritime Internationale furent autant de sujets d'actualité traités dans les premières années de fonctionnement de la NSHC. On voit que certains sujets débordaient largement le strict cadre régional et concernaient l'OHI dans son ensemble. En réalité la Commission allait jouer le rôle de pilote pour la plupart des affaires de l'OHI, malgré la précaution inscrite dans ses statuts, à savoir que la NSHC ne devait pas interférer avec les affaires de l'OHI.

Bien que riveraine de la Mer du Nord, la France ne rejoignit la NSHC qu'en 1975. On décida par la même occasion d'étendre à la Manche le domaine d'intérêt de la Commission. On notera que l'accord de coopération en Manche entre la France et la Grande-Bretagne, qui date de 1973, précéda l'entrée de la France dans la NSHC.

La NSHC instaura un système de contrôle de l'évolution des fonds dans les zones où des instabilités des

fonds avaient été constatées et où, compte tenu des tirants d'eau des navires en transit, les profondeurs étaient devenues critiques. On définit la périodicité des levés de contrôle dans ces zones instables et on s'entendit sur la répartition géographique des tâches entre services hydrographiques. Les constatations et études faites au cours des années conduisirent à une meilleure connaissance de l'évolution des fonds et à une meilleure appréciation de la périodicité des levés de contrôle et des levés complets des zones instables.

La NSHC et la cartographie internationale

Ce domaine illustre en particulier la façon dont la NSHC a joué le rôle de pilote dans une affaire générale. L'OHI, loin de prendre ombrage de la position de pointe de la Commission, lui confia une étude pilote dont toute la communauté hydrographique allait bénéficier. Ainsi lors de la 10^e Conférence Hydrographique Internationale (1972) on décida de créer une commission chargée d'examiner les problèmes liés à la production des cartes internationales à moyenne et grande échelle dans une zone d'étendue restreinte. Cette commission, au sein de la NSHC, s'appela North Sea International Chart Commission (NSICC) et comporta, outre des pays membres de la NSHC, le Canada et les États-Unis. La zone choisie pour développer le schéma des cartes internationales (cartes INT) fut une bonne partie de l'Atlantique Nord-Est, entre le Groenland, le Cap Nord et la Manche. L'objectif était la coproduction d'un portefeuille de cartes INT couvrant sans redondance les besoins de la navigation internationale et réalisé par des pays dits producteurs. Ces cartes pouvaient ensuite être reproduites par fac-similé, avec le minimum de modifications nécessaires à leur utilisation par les navigateurs nationaux. Le schéma de couverture en cartes INT de la zone tint compte de l'importance des ports pour le trafic international, de la complexité des côtes et des fonds et de la densité du trafic. Il était entendu que le schéma ne serait pas obtenu par la simple sélection de cartes existantes dans les différents portefeuilles nationaux. Il fallait, en effet, aboutir à une couverture cohérente avec un minimum de cartes. Des « sacrifices » étaient donc indispensables concernant des coupures et des échelles nationales traditionnelles. Cela n'alla donc pas sans réticences. Mais on peut dire que la France donna l'exemple en abandonnant certaines échelles favorites afin d'intégrer ses nouvelles cartes au mieux dans le schéma des cartes des zones contiguës.

Pour préparer des cartes INT à grande et moyenne échelle il fallait disposer d'une série complète de spécifications. Le premier projet de spécifications fut partagé entre la France, les Pays-Bas, la République Fédérale d'Allemagne, le Royaume-Uni et les États-Unis. Le travail fut coordonné par le Royaume-Uni. Les autres pays membres de la NSHC furent ensuite consultés et le projet fut remanié en tenant compte des observations faites. La 11^e Conférence Hydrographique Internationale (1977) constata que les travaux de la NSICC relatifs aux spécifications pour les cartes INT étaient bien avancés. Selon l'avis de la Conférence, les spécifications établies pour des cartes INT devaient s'appliquer également aux

cartes nationales. La NSICC, instituée initialement pour un objectif particulier, fut remplacée par une Commission de Spécification des Cartes à la composition élargie, comportant des représentants de dix-sept pays de tous les continents. On s'assurait ainsi que les spécifications couvraient tous les cas susceptibles d'être rencontrés dans la diversité du monde.

Dans sa lettre du 14 mai 1978, M. D. NEWSON du HOB, Président de la NSICC témoigne du rôle de la France en écrivant : « *I may say that as chairman of the NSICC with the task sometimes of reconciling somewhat different viewpoints, I have found that the near identity of outlook of our two countries has been a major factor in achieving the considerable progress we have made* ».

La NSHC et la carte électronique

Le développement rapide de « cartes électroniques » par l'industrie se fit sans le contrôle des données numérisées qui eût été nécessaire pour assurer la sécurité de la navigation. Au cours de la 15^e conférence (Anvers 1984) la NSHC fut donc amenée à prendre position sur le développement des ECDIS (Electronic Chart Display and Information Systems). Il devenait urgent que les services hydrographiques prennent des initiatives dans ce domaine. La Commission fit auprès du Comité de Direction du BHI les recommandations suivantes :

- demander au sous-comité de la commission de spécification des cartes sur la conception de cartes futures et au comité sur l'échange des données numériques (CEDD) de donner la priorité à ECDIS ;
- créer un groupe de travail OHI/OMI pour étudier les besoins des utilisateurs et les aspects légaux.

En même temps, la commission fit, selon son habitude, une démarche concrète en créant en son sein un groupe de travail ECDIS. La France participa aux activités de ce groupe de travail.

Un projet, appelé North Sea Project, conduisit aux premiers essais à la mer avec un ECDIS comportant une base de données établie à partir d'éléments numériques, fournis par des services hydrographiques, dont le SHF. En 1988, tenant compte des progrès réalisés, la commission décida qu'il fallait s'orienter vers la création d'une base de données régionale pour carte électronique (Regional Electronic Chart Base). La NSHC porta donc son effort sur la définition d'un format d'échange des données numériques pour ECDIS. Enfin, il faut souligner l'initiative norvégienne de création d'un centre régional pour données ECDIS. Dans la terminologie anglaise actuelle, il s'agit d'un Regional Electronic Navigational Chart Coordinating Centre (RENC). La France appuya fermement l'initiative norvégienne, dans un contexte où les sentiments des membres de la Commission étaient quelque peu divergents. Elle se

déclara prête à fournir, en exclusivité, les données numériques françaises au centre régional norvégien.

La NSHC et les relations avec les éditeurs privés

Les problèmes liés à l'utilisation, par les éditeurs privés, des documents établis par les services hydrographiques avaient été abordés conjointement par le HOB et le SHF. Ce thème ne manqua par d'intéresser nos partenaires de la NSHC. Des études et actions furent engagées par la Commission pour définir, dans toute la mesure du possible, une attitude commune vis-à-vis des éditeurs privés.

La standardisation des livres de feux et des avis aux navigateurs

En 1989, la France présenta une proposition de standardisation des livres des feux et des avis aux navigateurs. La NSHC décida de confier l'étude correspondante à un groupe de travail présidé par la France et comportant tous les pays membres de la Commission. Le projet ainsi élaboré fut présenté à la 14^e Conférence Hydrographique Internationale (1992) et définitivement adopté, après quelques aménagements mineurs, par la 15^e CHI (1997).



Réunion à La Haye de la 14^e conférence de la NSHC (1983)

Conclusion

D'autres thèmes d'actualité furent abordés par la Commission qui eurent souvent une répercussion internationale. Le SHF participa aux études associées à ces thèmes. La France ne manqua jamais de rendre compte des initiatives de la NSHC, lorsque celles-ci présentaient un caractère suffisamment général, au cours des conférences d'autres commissions hydrographiques régionales. Cette commission exemplaire servit ainsi l'ensemble de la communauté hydrographique.

La commission hydrographique de la Méditerranée et de la Mer Noire

Au cours de la 11^e Conférence Hydrographique Internationale, l'Italie proposa la création d'une commission régionale pour la Méditerranée. La Commission Hydrographique de la Méditerranée et de la Mer Noire (CHMMN) fut constituée par l'adhésion en 1978 - 79 des pays membres de l'OHI suivants, cités dans l'ordre chronologique des signatures des statuts : Italie, Égypte, Turquie, Espagne, Yougoslavie, Grèce, Monaco, France, Syrie, U.R.S.S. Les membres associés, pays qui ne sont pas membres de l'OHI, furent : Algérie, Chypre. Les pays suivants devinrent ultérieurement membres associés : Bulgarie (1989), Malte (1991), Roumanie (1995), Tunisie (1995), Croatie (1995), Ukraine (1996). En 1991, Chypre ayant rejoint l'OHI devint membre. Quelques pays envoyèrent des observateurs aux conférences de la CHMMN avant de devenir membres associés, de sorte que l'audience de la Commission dans les années 1980-1990 fut en fait plus large que ne le laisse supposer l'état des signatures à la même époque.

Dans les années 1980, les pays riverains de la Méditerranée étaient loin de posséder tous une réelle capacité hydrographique, et certains sont encore aujourd'hui dépourvus d'une telle capacité. Cette situation allait expliquer, en partie, un net contraste entre le fonctionnement et les préoccupations de la NSHC et ceux de la CHMMN. L'autre partie du contraste tient à la différence des mentalités entre l'Europe du Nord et la Méditerranée.

La France allait jouer un rôle particulier dans cette commission, car elle y apportait l'expérience de la NSHC et constitua toujours un trait d'union entre les deux commissions. Les enseignements que le SHF avait pu tirer de l'élaboration du schéma des cartes INT en Mer du Nord et en Manche, lui servirent pour l'établissement, avec ses partenaires de la CHMMN, d'un schéma de cartes INT en Méditerranée et en Mer Noire. Un groupe de travail MEDINTCHART fut chargé de cette tâche, sous la présidence du directeur du SHF. Mais l'attribution de la production des cartes INT n'alla pas sans difficultés, notamment en raison des différends politiques en Méditerranée Orientale. La France fut souvent amenée à rappeler le caractère purement technique de la Commission.

L'état des levés qui fut dressé et mis à jour pour chaque conférence de la CHMMN reste très incomplet,

en particulier sur les côtes d'Afrique. Sa présentation actuelle montre, à l'évidence, l'insuffisance de l'hydrographie dans les vastes zones des côtes méditerranéennes.

Le SHF participa largement à la préparation de cartes bathymétriques de Méditerranée, projet conjoint de l'OHI et de la COI. Il prit en charge 10 feuilles à l'échelle 1/ 250 000 en Méditerranée Occidentale.

L'assistance technique pour l'établissement ou le renforcement des capacités hydrographiques fut un thème majeur et permanent de la CHMMN. La France y contribua par l'aide apportée à l'Algérie et la Tunisie, notamment en matière de formation. Elle joua aussi un rôle d'expert dans l'examen des besoins hydrographiques du Liban et de l'évaluation des moyens nécessaires pour les satisfaire. A partir de 1996, la France joua aussi, avec l'Italie et le BHI, dans le cadre de la CHMMN, un rôle actif dans la mise au point du volet hydrographique du partenariat entre l'union européenne et les pays des rives méridionales et orientales de la Méditerranée.

La CHMMN aborda, généralement avec un petit décalage dans le temps, tous les thèmes généraux examinés par le NSHC (critères d'évaluations des levés, NAVTEX, création d'un centre régional pour données ECDIS, relations avec les éditeurs privés...).



7^e conférence de la Commission Hydrographique de la Méditerranée et de la Mer Noire à Athènes, mai 1991.
Présidence française.

La commission hydrographique de l'Atlantique Oriental

Au cours de la 12^e Conférence Hydrographique Internationale (1982) la délégation portugaise se mit en rapport avec la délégation française pour proposer la création d'une commission hydrographique régionale pour l'Atlantique Oriental. L'inclusion des pays de

l'Afrique Occidentale dans cette commission paraissait très souhaitable, car cela permettrait de promouvoir l'hydrographie dans cette zone où la France, l'Espagne et la Portugal avaient exercé, avant la décolonisation, des responsabilités hydrographiques et où aucun levé important n'avait été entrepris depuis vingt ans. Il faut aussi noter que les trois pays européens cités exerçaient toujours une responsabilité cartographique de fait dans leurs anciennes zones d'influence. On convint que la limite sud de la zone de compétence de la nouvelle commission serait le fleuve Zaïre, c'est-à-dire celle de la zone NAVAREA II du Service Mondial d'Avertissements de Navigation, zone dont la France était le coordonnateur.

En décembre 1983, se tint à Lisbonne une réunion préparatoire à la constitution de la Commission Hydrographique de l'Atlantique Oriental (CHAtO). Au cours de cette réunion, qui rassemblait des représentants du Portugal, de la France, de l'Espagne, du Nigeria et du Cap-Vert, on élaborait les statuts de cette commission. Les statuts s'inspiraient largement de ceux de la CHMMN. En décembre 1984, la CHAtO était créée avec la signature des statuts par les directeurs des services hydrographiques de la France, du Portugal, de l'Espagne et du Nigeria. La première conférence de la Commission se tint à Paris en avril 1986 sous la présidence de l'Ingénieur Général BOURGOIN, avec la participation d'observateurs africains, membres associés potentiels. L'état des levés dans la zone NAVAREA II, le schéma des cartes INT à petite et moyenne échelle et l'aide pour l'établissement de services hydrographiques dans les pays africains furent les principaux sujets de discussion.

On recommanda que chaque pays riverain de la zone NAVAREA II désigne un coordonnateur national, chargé de faire parvenir à la France (EPSHOM) l'ensemble des informations nautiques urgentes. La France allait assurer la présidence du groupe de travail pour la cartographie internationale dans cette zone (région G de la cartographie marine internationale). Les pays riverains devaient adresser à la France les données concernant le trafic dans les ports pour lesquels ils souhaitaient qu'une carte INT fût établie.

On mit progressivement au point un schéma de cartes INT à petite échelle (1/1 M) d'Ouessant au Zaïre. La production des cartes à petite échelle fut répartie entre la France, l'Espagne et le Portugal, seuls pays de la CHAtO en mesure de réaliser ces cartes. Le Royaume-Uni fut associé à cette production.

Pour répondre aux besoins de l'exploitation des zones économiques exclusives, la Commission Océanographique Internationale (COI) lança à partir de 1982 un projet de cartes bathymétriques avec interprétation géomorphologique pour l'Atlantique Oriental (IBCEA). On adopta pour ces cartes le découpage des cartes INT à petite échelle (1/1M). Un comité d'édition présidé par la France (Ingénieur Général ROUBERTOU) fut créé pour une coédition franco-portugaise.

L'assistance technique en hydrographie, tant en conseils pour l'établissement d'une capacité hydrogra-

phique que pour la formation des personnels et l'approvisionnement des instruments de travail, fut un thème fondamental pour la CHAtO. La France apporta son aide aux pays africains francophones, principalement dans le domaine de la formation des techniciens.

Au cours de la 5^e conférence de la CHAtO (1996) le SHF présenta un schéma cartographique à grande échelle. On constata qu'un important effort restait à faire par les pays africains pour acheminer l'information nautique vers l'EPSHOM, coordonnateur de NAVAREA II. On évoqua la mise en place d'un centre régional de coordination pour la cartographie électronique (RENC) couvrant toute la zone de compétence de la Commission. On constata que l'extension de la zone de responsabilité du RENC implanté en Norvège constituerait une solution, au moins partielle, de ce problème.

En 1996 la situation de la CHAtO était la suivante :

Membres (pays membres de l'OHI) : Portugal, Nigeria, France, Espagne (ordre chronologique de signature) ;

Membres associés (pays qui ne sont pas membres de l'OHI) : Côte d'Ivoire, Bénin, Cap-Vert, Sénégal, Mauritanie, Cameroun.

La majorité des membres associés sont des pays francophones, ce qui ne peut que renforcer l'intérêt que porte la France à la Commission.

La commission hydrographique du Pacifique Sud-Ouest

L'idée d'une commission hydrographique régionale pour le Pacifique Sud-Ouest fut lancée par les îles Fidji dès 1981. La France avait vocation à être membre interne de cette commission en raison de sa présence en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie. Une erreur regrettable la qualifiant de membre externe fut promptement rectifiée. Sans attendre la constitution d'une commission régionale, la France coopéra avec l'Australie pour la définition d'un schéma de cartes INT de la zone cartographique internationale L. En octobre 1992, la France avait proposé que les limites de la zone de compétence de la future commission soient précisément celles de la zone L, et avait réaffirmé son souhait de devenir membre. En mars 1993, l'Australie, répondant aux propositions françaises, présenta un projet de statuts pour la commission (dont la zone de compétence était la zone L) et un ordre du jour provisoire pour la conférence inaugurale. En avril 1993 la France envoya ses propositions de modification au projet de statuts. L'Australie organisa la conférence inaugurale en septembre 1993, à Sydney, où la France avait envoyé le directeur de la Mission Océanographique du Pacifique (MOP) comme délégué technique. Le court préavis et des raisons administratives n'avaient pas permis la présence du directeur du SHF à la conférence inaugurale.

Le directeur du SHF avait donné, par écrit, son point de vue à la conférence sur deux points : les projets de statuts et le schéma des cartes INT de la zone L. Les

autres points de l'ordre du jour concernaient la qualité des données hydrographiques, les travaux en cours dans la zone (avec notamment le rapport du directeur de la MOP) ainsi que les programmes d'assistance technique.

La deuxième conférence de la commission se tint en septembre 1995 à Nukualofa (Tonga) avec la participation du directeur du SHF. Les pays riverains présentèrent leurs rapports sur les activités nationales. On examina l'état d'avancement des projets de cartes INT et l'état des levés. La mise en place d'un RENC fit l'objet de longues discussions, tout comme la mise en oeuvre du copyright sur les cartes marines et les ouvrages nautiques. Enfin on aborda l'importante question de l'assistance technique dans une région où les capacités hydrographiques sont souvent absentes ou insuffisantes.

La commission hydrographique de la Mer des Caraïbes et du golfe du Mexique

Fin décembre 1993 la France fut saisie, par la voie diplomatique, d'une proposition cubaine de commission hydrographique pour la mer des Caraïbes qui comportait, en même temps, l'invitation à une première réunion de cette commission en mai 1994. Le SHF exprima son intérêt pour une telle commission tout en formulant des réserves sur la manière dont le sujet était abordé (définition de la zone, participation des pays membres aux frais d'organisation de la conférence par le pays hôte, langue de travail). De toute façon la date de la première réunion, fixée par Cuba sans consultation préalable, était trop rapprochée et coïncidait de plus avec une réunion majeure prévue par l'OHI. La France ne fut pas présente à cette réunion dont Cuba maintint la date. D'autres pays eurent des réactions analogues à la réaction française. Le SHF donna son avis sur le projet de statuts en souhaitant vivement que l'esprit de ces statuts soit en harmonie avec celui des commissions régionales existantes.

Le directeur du SHF se rendit à la 2^e conférence de la commission qui se tint en mars 1996 à Curaçao (Antilles néerlandaises) où les statuts furent mis au point. Il fut en particulier décidé que l'anglais serait l'unique langue de travail, ce qui convenait à la France. La couverture de la région cartographique internationale B (zone de compétence de la commission) en cartes INT fut à l'ordre du jour. Le projet de la COI concernant les cartes bathymétriques de la Mer des Caraïbes (IBCCA) retint l'attention de la commission. La France se déclara prête à produire deux feuilles de l'IBCCA. Comme dans toutes les commissions régionales on aborda les problèmes liés à la carte électronique, à l'assistance technique et à la formation pour lesquelles des groupes de travail furent créés.

LE SERVICE MONDIAL D'AVERTISSEMENTS DE NAVIGATION

La 10^e Conférence Hydrographique Internationale (1972) avait recommandé la constitution d'une commission mixte OHI/OMCI⁷ pour étudier la création d'un service de coordination des avertissements radio de navigation fonctionnant à l'échelle mondiale. Cette commission, devenue ultérieurement une commission de l'OHI exclusivement, soumit à la 11^e CHI un « projet de plan pour l'établissement d'un système mondial d'avertissements radio de navigation ». Ce plan fut adopté en avril 1977 par la Conférence et approuvé en novembre 1977 par la 10^e Assemblée de l'OMCI.

Pour coordonner la diffusion des avertissements radio de navigation, on avait divisé le monde en 16 zones maritimes. Chacune de ces zones (areas, en anglais) fut désignée par le terme NAVAREA suivi d'un chiffre romain d'identification. La France fut volontaire pour assurer le rôle de coordonnateur de NAVAREA II (portion de l'Atlantique comprise entre les parallèles d'Ouessant et 6° S et s'étendant jusqu'au méridien 35° W). A compter du 1^{er} juillet 1977, l'EPSHOM assura les tâches liées à NAVAREA II de façon opérationnelle grâce à une cellule de 7 personnes, équipées de moyens de télécommunication adéquats. Les émissions vers les navires furent effectuées en graphie, sur HF, par Saint-Lys-Radio. Le volume et le nombre de messages NAVAREA II varièrent dans le temps : 100 messages pour les 6 premiers mois, une moyenne de 350 messages par an dans les années suivantes, un pic de 518 messages en 1989, pour s'établir à un nombre moyen de 400 messages dans les années 1990.

Ce rôle nouveau allait entraîner une réforme nationale de la diffusion de l'information nautique dont la responsabilité incombait au SHOM, en relation avec les autorités maritimes locales et les diverses administrations concernées (Instruction Interministérielle 424 SHOM/EG, relative à la diffusion de l'information nautique en temps de paix, du 22 mai 1980).

En raison de la présence de la France dans tous les océans, les autorités maritimes locales de la métropole et des départements et territoires d'outre-mer devenaient « fournisseurs d'informations » pour 9 zones :

NAVAREA I (Brest, Cherbourg), NAVAREA III (Toulon), NAVAREA IV (Fort-de-France), NAVAREA VII, VIII, IX (La Réunion), NAVAREA X (Nouméa), NAVAREA XII, XIV (Papeete, Nouméa).

L'EPSHOM n'obtint que difficilement les informations nautiques en provenance des pays d'Afrique Occidentale appartenant à NAVAREA II. Pour progresser dans ce domaine il fallait sensibiliser et convaincre, ce qui fut fait notamment à l'occasion des réunions de la CHAtO, commission régionale dont la zone de compétence coïncidait avec NAVAREA II.

(7) OMCI : Organisation Intergouvernementale Consultative de la Navigation Maritime qui deviendra plus tard OMI : Organisation Maritime Internationale.

Une nouveauté technologique, le service NAVTEX, allait jouer à partir des années 1980 un rôle grandissant dans la sécurité maritime, l'information nautique et météorologique, des zones côtières. Il s'agit de télégraphie à impression directe à bande étroite (réception automatique à bord). Les zones océaniques, zones polaires exceptées, hors de la portée du NAVTEX furent ensuite couvertes par les émissions à partir des satellites : le service Safety NET d'INMARSAT. L'ensemble du système de diffusion de renseignements sur la sécurité maritime comprenant NAVTEX et Safety NET fut défini par une résolution de l'OMI, adoptée le 6 novembre 1991. Il s'agit là d'une composante du système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM) entré en vigueur en 1992.

Dans le cadre du SMDSM les messages NAVAREA II furent émis à compter du 1^{er} février 1992 par INMARSAT (en plus des émissions HF de Saint-Lys-Radio). A partir du 1^{er} août 1993, deux stations NAVTEX furent opérationnelles en France. Le Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage (CROSS) de Corsen diffusant dans le cadre NAVTEX des informations de sécurité maritime pour l'Atlantique, tandis que le CROSS de La Garde assurait un service analogue pour la Méditerranée.

Le SHF participa aux travaux de la commission de l'OHI pour la promulgation d'avertissements radio de navigation. Son rôle de coordonnateur de NAVAREA II amena à la fois le renforcement des liens avec les services hydrographiques des pays riverains de la zone (ou des services maritimes responsables de l'information nautique) et avec ses homologues, coordonnateurs des zones adjacentes. On a vu que ces questions figuraient régulièrement à l'ordre du jour de toutes les conférences des commissions hydrographiques régionales. L'échange d'informations relatives aux avertissements radio de navigation allait exiger l'emploi de liaisons entre services plus rapides (téléc, fax, messages) que celles qui étaient d'usage avant les années 1970, où les services hydrographiques s'accommodaient des délais postaux.

LE SHF ET LES CARTES INTERNATIONALES

Comme le montre le chapitre relatif aux commissions régionales, le rôle de la France dans l'établissement et le développement des cartes internationales (cartes INT) a été considérable.

La 9^e conférence hydrographique internationale (1967) avait recommandé, sur proposition de la France et des Pays-Bas, la création de deux séries de cartes INT à très petite échelle (1/10M et 1/3,5M) couvrant tout le globe (79 feuilles au total). La commission chargée d'étudier ce projet fut présidée par le Royaume-Uni. La France prit sa part de pays producteur de ces cartes et fut un des rares pays à reproduire systématiquement par fac-similé toutes les cartes INT des deux séries produites par les autres pays associés au projet.

Ainsi débutait une « politique cartographique » du SHF qui consistait à éviter à l'avenir les longs travaux de compilation nécessaires pour produire des cartes françaises à partir de cartes étrangères. En concluant dès 1966 avec le service hydrographique des Pays-Bas un accord de reproduction de cartes marines par fac-similé, le SHF s'était préparé à cette orientation. D'autres accords de reproduction furent ensuite signés avec la République Fédérale d'Allemagne, l'Italie, l'Espagne, les États-Unis, le Canada, le Royaume-Uni, etc. Les accords permirent une application significative de cette nouvelle politique pour toutes les eaux étrangères couvertes par le portefeuille français.

Il était logique que la France participât ensuite activement à la conception des schémas des cartes INT à toutes échelles définis au sein des commissions hydrographiques régionales, car toutes les cartes INT avaient vocation à être reproduites par fac-similé. Le SHF se déclara prêt à produire des cartes INT partout où il avait exécuté des levés. Il donna une grande priorité à la production des cartes INT qui lui étaient attribuées. Par ailleurs, la France assura la reproduction des autres cartes INT, en général très peu de temps après leur publication par les pays producteurs.

Ces faits sont illustrés par l'évolution du portefeuille français. En 1981 le portefeuille comportait 66 cartes INT à petite échelle, dont 3 cartes INT produites par le SHF.

En 1996 le portefeuille comportait 284 cartes de compilation et 332 reproduites par fac-similé (dont 224 cartes INT). Il y avait alors 63 cartes INT produites par le SHF. Il y avait donc en tout 287 cartes INT dans le portefeuille français.

LE SHF ET LES SPÉCIFICATIONS DE L'OHI POUR LES CARTES MARINES

La France avait participé aux travaux de la NSICC au sein de la NSHC. Or les spécifications pour les cartes INT établies par la NSICC allaient tout naturellement devenir les spécifications de l'OHI pour toutes les cartes marines. La France devint membre de la commission des spécifications des cartes (CSC) qui avait pris le relais de la NSICC pour établir les spécifications des cartes en partant des travaux de cette dernière. Quand la CSC devint la commission de standardisation des cartes, la France continua à faire partie de la commission. La Conférence Hydrographique Internationale de 1982 adopta officiellement les spécifications proposées par la CSC.

La langue anglaise est la langue maritime internationale et les cartes britanniques sont les cartes le plus souvent utilisées par les navigateurs internationaux. De sorte que les abréviations retenues dans les spécifications de l'OHI pour les cartes furent presque toujours les abréviations utilisées à cette époque sur les cartes britanniques. Le SHF adhéra sans réticence à ce choix fait dans un souci d'efficacité et de l'intérêt des navigateurs.

Le SHF fut un des premiers services hydrographiques à adopter intégralement les spécifications de l'OHI tant pour la réalisation des cartes INT que pour la réalisation de nos cartes nationales. Dès le 1^{er} janvier 1984 toutes les cartes nouvellement publiées furent conformes à ces nouvelles spécifications. En 1989 parut une nouvelle édition de l'ouvrage 1D qui donne les symboles et abréviations utilisés sur les cartes marines françaises. L'ouvrage indique les normes de l'OHI pour les cartes marines ainsi que les normes proprement nationales utilisées pour les publications antérieures à 1984.

LE SHF ET LES PROJETS INTERNATIONAUX DE CARTE ÉLECTRONIQUE

Nous avons vu que la NSHC avait joué un rôle de pilote en matière de carte électronique (ECDIS : Electronic Chart Display and Information System) et que le SHF était représenté au sein des groupes de travail dont l'activité allait être orientée en priorité vers ECDIS. Un important séminaire ECDIS eut lieu au BHI en octobre 1991. A cette réunion, le SHF, comme la plupart des services hydrographiques à forte capacité technologique, était représenté par son directeur. Ce séminaire, au cours duquel on aborda les aspects institutionnels de la carte électronique, prépara en quelque sorte les résolutions concernant ECDIS adoptées au cours de la 14^e Conférence Hydrographique Internationale (1992).

La France appuya l'initiative norvégienne de création d'un centre régional pour base de données ECDIS, dont les contours géographiques varièrent dans le temps. L'ambition minimale était un centre régional de coordination de carte électronique (RENC) pour l'Europe du Nord-ouest. Le SHF souhaita que, dans les revenus des ventes de données pour ECDIS, une part importante revint aux services hydrographiques auteurs des levés. La France déclara qu'elle ne donnerait l'autorisation de numériser ses cartes ni aux industriels, ni aux centres régionaux, mais fournirait les données numériques aux centres régionaux reconnus par l'OHI, moyennant une juste rétribution. Au cours des années 1990 l'EPSHOM prépara la base de données ECDIS pour nos eaux métropolitaines.

Le SHF fut représenté dans presque tous les groupes de travail ou comités de l'OHI concernant ECDIS. Il fut particulièrement actif dans le Data Base Working Group auquel revenait en particulier la tâche de définir le format d'échange des données.

ASSISTANCE TECHNIQUE

Généralités

Au milieu des années 1960 les missions hydrographiques françaises cessèrent leurs activités sur les

côtes d'Afrique et de Madagascar, à une époque où beaucoup restait à faire pour adapter la cartographie de ces côtes aux besoins de la navigation. A ce moment aucun des pays africains ni Madagascar ne disposait du savoir-faire et des moyens matériels pour prendre le relais du SHF. L'assistance fut demandée par ces pays devenus indépendants. Elle allait revêtir principalement deux aspects : formation des personnels d'une part, expertise technique pour l'évaluation des besoins hydrographiques et l'établissement d'une capacité hydrographique nationale ou régionale d'autre part. L'expertise technique était facilitée par le fait que le SHF avait tous les éléments de la situation hydrographique et que ses personnels avaient une expérience des conditions maritimes locales. La réalisation du schéma pour l'établissement d'une structure hydrographique et sa montée progressive en puissance supposait un examen des situations administratives et des moyens maritimes propres à chaque pays, donc l'envoi d'experts dans les pays demandeurs.

Bien entendu, après le désengagement de la Grande-Bretagne et d'autres puissances européennes de leurs anciennes possessions outre-mer, la situation hydrographique dans ces pays en voie de développement était tout à fait semblable à celle que l'on rencontrait dans les pays ayant appartenu à l'Union Française. Certains de ces pays non francophones furent amenés, pour des raisons politiques, à demander une assistance technique française.

A partir de 1985, le SHF assura souvent l'assistance technique par l'intermédiaire de la Société Navale Française de Formation et de Conseil (NAVFCO) dont le statut permettait d'effectuer, avec toute la souplesse administrative nécessaire, le transfert du savoir-faire du SHF vers les demandeurs étrangers. Le détachement d'un ingénieur du SHF à la NAVFCO à partir de 1989 permit de réaliser d'importantes actions d'assistance dès le début des années 1990.

Pour soutenir l'OHI dans les programmes d'assistance technique, un ingénieur du SHF fut membre du comité FIG-OHI de coordination de l'assistance (TACC).

Formation

La formation des hydrographes fut considérée dès les années 1970 tant par l'OHI que par la Fédération Internationale des Géomètres (FIG)⁸ comme étant une affaire internationale. La France participa activement aux travaux du comité consultatif FIG-OHI pour les normes de compétence des hydrographes. Pendant de nombreuses années la France était représentée au sein de ce comité par l'Ingénieur Général BOURGOIN.

L'École des Hydrographes qui est destinée à former des officiers-mariniers de la spécialité d'hydrographe se vit attribuer, pour sa formation, le label B des normes de

(8) Au sein de la FIG, les questions d'hydrographie sont traitées dans une commission spécialisée dont la présidence a été assurée pendant huit ans par l'Ingénieur général EYRIÈS. La FIG rapproche ainsi les hydrographes gouvernementaux (services hydrographiques) et privés.

compétence FIG-OHI. L'École Nationale Supérieure des Ingénieurs des Études et Techniques d'Armement (ENSIETA) qui forme en particulier les ingénieurs des études et techniques d'armement de la branche hydrographie, reçut le label A des normes de compétence FIG-OHI. L'attribution d'un label international à ces formations n'avait pas seulement un intérêt pour les élèves français ayant suivi des cours de ces écoles, il joua également un rôle important pour la promotion de ces écoles à l'étranger.

Les élèves étrangers suivirent, en principe, les mêmes cours que les élèves français. Exceptionnellement, certains enseignements ont été dispensés spécialement à des groupes d'élèves étrangers. Tel a été le cas d'un enseignement spécifique, en anglais, destiné à des élèves indonésiens. Le manuel de l'hydrographe fut traduit en anglais, afin de répondre à ce type de demandes.

Dans la liste des élèves étrangers des écoles françaises dispensant une formation en hydrographie on relève, en particulier, des ressortissants des pays suivants : Algérie, Maroc, Tunisie, Mauritanie, Sénégal, Côte d'Ivoire, Cameroun, Bangladesh, Seychelles, Congo, Madagascar.

Dans le cadre de la coopération militaire avec la Tunisie, un ingénieur et un officier marinier hydrographe ont été détachés pendant quelques années en Tunisie. Il s'agissait d'apporter conseils et savoir-faire à un service hydrographique en cours de développement. On mit en place localement une formation pour officiers mariniers tunisiens, analogue à celle dispensée à l'École des Hydrographes.

Expertise

Des expertises, comportant l'évaluation des besoins hydrographiques, généralement suivies de propositions pour satisfaire ces besoins par des moyens nationaux, ont notamment concerné les pays suivants : Madagascar, Liban, Arabie Saoudite, Kenya, Viêt Nam, Bangladesh, Koweït.

Il faut préciser que ces études ont été menées à des stades divers. Un certain nombre d'entre elles n'ont pas encore conduit à des actions concrètes.

Cas particuliers d'assistance

L'expertise au bénéfice de Madagascar s'est exercée en 1970 dans le cadre du Programme des Nations Unies pour le développement.

Pendant de nombreuses années un officier marinier hydrographe en service détaché fut chargé de conduire la Brigade hydrographique des Seychelles. D'anciens officiers-mariniers hydrographes français assurèrent des fonctions analogues pour les sondages du fleuve Zaïre ou du lac Malawi.

À la demande de l'IFREMER, dans le cadre d'un protocole franco-indonésien en océanographie, le SHF

assura dans les années 1980 un rôle d'expert pour la définition de la capacité hydrographique de trois navires de recherches destinés à l'Indonésie, construits dans un chantier français. L'opération fut assez lourde, car il s'agissait d'acquérir le matériel concerné et ses lots de maintenance, de le mettre en route à bord des navires, de rédiger les instructions d'emploi (en anglais) et enfin d'entraîner le personnel indonésien à son bon usage.

À l'occasion du passage des navires hydrographiques français dans certaines eaux étrangères, et à la demande des pays visités, des travaux hydrographiques ponctuels furent réalisés (Seychelles, Madagascar).

Dans le cadre d'un protocole général d'aide signé en 1994 entre la France et le Bangladesh, un projet d'assistance à la création d'un département hydrographique au sein de la marine du Bangladesh a été mis en place par la société NAVFCO, avec le concours du SHOM. Une première phase qui s'est achevée en juin 1997 comprenait la livraison d'équipements scientifiques, la formation en France d'hydrographes bangladais et une assistance technique d'un an sur place, par un ingénieur et un officier marinier hydrographes du SHOM. Une deuxième phase qui portera notamment sur la production de cartes marines est en cours de négociation avec les différents partenaires concernés.

LA CARTE BATHYMÉTRIQUE GÉNÉRALE DES OCÉANS (GEBCO)

Le Prince Albert 1^{er} de Monaco proposa, au cours du 7^e Congrès Géographique International (Berlin 1899), que soit établie une carte bathymétrique générale des océans. En 1903, le Prince confia le travail de préparation de cette carte à un petit groupe de savants. La GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) était née. Il s'agit de la première série de cartes bathymétriques vraiment internationale, car elle s'appuyait sur les données en provenance de tous les pays ayant effectué des sondages océaniques. En 1910 on commença la deuxième édition de la GEBCO qui ne fut achevée qu'en 1930, car il y avait eu deux contretemps : la première guerre mondiale et la mort du Prince Albert. La troisième édition fut confiée au BHI qui devait beaucoup au Prince. L'édition fut disponible en 1955.

Les services hydrographiques nationaux reçurent de réelles responsabilités pour la préparation des quatrième et cinquième éditions de la GEBCO. Chacun des services hydrographiques volontaires responsables eut la charge d'établir les minutes bathymétriques au 1/1 000 000 de la zone que le BHI lui avait attribuée. Pour chaque minute (plotting sheet) qui lui était confiée, le service hydrographique devait rassembler toutes les données existantes dans tous les pays. La zone de responsabilité française comporte de nos jours 81 minutes. La France fut un des premiers pays à numériser la totalité des données GEBCO dans sa zone de responsabilité.

Pour la quatrième édition, la France accepta d'assurer l'impression de la GEBCO, exécutée par l'IGN, après

contrôle de toutes les minutes définitives (1/10 000 000) par le BHI et le SHF.

A partir de sa cinquième édition, la GEBCO devint une publication commune de l'OHI et de la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI). Les isobathes apparaissant sur cette édition furent interprétées par des spécialistes en géophysique marine.

La coopération entre l'OHI et la COI conduisit, notamment, à des projets de cartes bathymétriques régionales plus détaillées que la GEBCO, c'est-à-dire à des feuilles dont les échelles sont nettement plus grandes. La France participa aux projets régionaux suivants : Atlantique Oriental (IBCEA), Méditerranée (IBCM), Caraïbes (IBCCA).

Le SHF fut représenté au sein du comité directeur mixte OHI-COI de la GEBCO. En 1985, l'Ingénieur Général ROUBERTOU fut élu vice-président du comité directeur. Le SHF participa aussi aux travaux du sous-comité des noms géographiques, devenu maintenant sous-comité des noms des formes du relief sous-marin de la GEBCO. Ainsi la France prit une large part à la conception générale de la GEBCO, à l'étude de son évolution ainsi qu'à sa réalisation.

CONCLUSIONS

Selon les époques et les hommes, on constate d'importantes variations dans la coopération du SHF avec ses homologues étrangers et les organisations internationales. Même dans les périodes les plus ternes, les relations de routine, consistant pour l'essentiel en échange d'informations et de documents nautiques, n'ont jamais cessé. Conscients du rôle que la France avait joué lors de la création du BHI, les directeurs successifs ont toujours apporté au Bureau, puis à l'OHI, des concours et soutiens en rapport avec les moyens du SHF. Ils ont, sans relâche, oeuvré pour que la nature très particulière de cette organisation non politique soit préservée.

De nos jours, où se produisent de profondes mutations dans les travaux des services hydrographiques et dans la façon dont l'information nautique et cartographique est utilisée à bord des navires, la coopération s'est naturellement renforcée. Le SHOM y a déjà pris une large part et persévère dans ses efforts pour sauvegarder de légitimes intérêts, avec le souci constant des besoins du navigateur.

SOURCES

ANONYME - Notice nécrologique de l'ingénieur hydrographe général L. DAMIANI. Revue hydrographique internationale, vol. XLI, n° 1, 1964, p. 7 à 10.

BENCKER H. - Notice nécrologique de l'ingénieur hydrographe général P. VANSSAY de BLAVOUS. Revue hydrographique internationale, vol. XXIV, 1947, p. 6 à 9.

BENCKER H. - Le trentenaire du bureau hydrographique international. Revue hydrographique internationale, vol. XXVIII, n° 2, 1951, p. 73 à 80.

DIRECTION DU SHOM - Archives concernant les commissions hydrographiques régionales de 1975 à 1997.

DIRECTION DU SHOM - Rapports annuels de 1981 à 1996.

FRASER F. L. - Coopération internationale en hydrographie et techniques modernes de levés hydrographiques. Revue hydrographique internationale, vol. LXI, n° 2, 1984, p. 7 à 15.

MOITERET V. A. - Le bureau hydrographique international : 50 années de fonctionnement. Revue hydrographique internationale, vol. XLVIII, n° 2, 1971, p. 7 à 30.

MONAHAN D. - La carte générale bathymétrique des océans. Revue hydrographique internationale, vol. LIV, n° 2, 1977, p. 9 à 19.

NEWSON D. W. - La standardisation des cartes nautiques. Revue hydrographique internationale, vol. LXI, n° 2, 1984, p. 117 à 129.

PASQUAY J.-N. - La coopération franco-britannique en hydrographie. Document interne au SHOM. Communication présentée au colloque franco-britannique d'histoire maritime (Exeter - juillet 1996).

RITCHIE G. S. - Coopération internationale en hydrographie. Revue hydrographique internationale, vol. L, n° 1, 1973, p. 7 à 12.

PERSPECTIVES

Les articles qui précèdent montrent que le SHOM s'est toujours efforcé de maîtriser les techniques les plus évoluées de son domaine, de la cartographie, aujourd'hui électronique, à l'océanographie, aujourd'hui spatiale. Ils montrent surtout que cette excellence est le fruit des efforts continus et conjugués de tous ceux qui ont oeuvré en son sein, le plus souvent dans la discrétion, depuis les premiers levés hydrographiques systématiques ordonnés par Colbert jusqu'à la mise au point en cours des modèles numériques de prévision de l'océan. Il faut donc que nos jeunes ingénieurs et techniciens n'ignorent ni l'héritage légué par leurs aînés ni les devoirs dont ils seront à leur tour comptables envers leurs successeurs.

Il faut que les grands partenaires avec lesquels le SHOM est associé de plus en plus étroitement, qu'ils soient civils ou militaires, français ou étrangers, perçoivent l'ampleur de la mission du SHOM et comprennent que la place originale qu'il revendique parmi les organismes scientifiques et techniques traitant de l'océan, ainsi que parmi les organismes de la défense, n'est pas usurpée.

Il faut surtout montrer aux marins, et plus généralement aux « usagers » de la mer, que le SHOM garde le cap - malgré les vicissitudes qui ont marqué son histoire et auxquelles il ne saurait prétendre échapper à l'avenir - et qu'il continue de mettre au service de ceux qui sont en mer les valeurs permanentes des hydrographes : rigueur, qualité et précision.

« Nous devons (...) inculquer à nos compatriotes la conscience et la fierté de notre dimension maritime. Il ne s'agit pas de célébrer un passé révolu mais de montrer que nos pôles d'excellence contemporains ont des racines profondes. »

Je souhaite que ce numéro spécial des annales hydrographiques participe à ce devoir de mémoire constructif que rappelait fort judicieusement le contre-amiral François Bellec à l'occasion du colloque organisé au Sénat le 22 septembre 1997 sur la préservation et la valorisation du patrimoine maritime et fluvial de notre pays. J'espère que ce numéro du cent-cinquantième saura vous intéresser, voire vous interpeller. Si vous n'y trouvez pas le sujet qui vous tient à cœur, n'y voyez pas uniquement une omission injuste mais plutôt une invitation à contribuer vous aussi à la construction continue et collective de l'identité maritime nationale.

The preceding articles show that SHOM has always strived to master the most performing techniques in its domain, from charting, electronic nowadays, to oceanography, from space nowadays. Above all they show that this excellence is the result of the continuous and combined efforts of all those who worked within SHOM, very often discreetly, from the first systematic hydrographic surveys ordered by Colbert to the present implementation of ocean forecast digital models. Our younger engineers and technicians should ignore nothing about the legacy from their elders and the duties for which they will be accountable to their successors.

The main partners SHOM is more and more closely linked with, be they civilian or military, French or foreigners, need to perceive the full scope of SHOM mission and understand that the unique place it claims among the scientific and technical organizations dealing with the Ocean as well as among Defence organizations is not usurped.

Above all, mariners and more generally all sea " users " should be shown that SHOM steers on the course - in spite of the vicissitudes which have marked out SHOM history and which SHOM is bound to face again in the future - and that it keeps on offering to seafarers the permanent values of hydrographers : strictness, quality and precision.

" We have to (...) instil into our fellow-citizens the consciousness and the pride of our maritime dimension. The point is not to celebrate a foregone past but to show that our present poles of excellence have deep roots ".

I wish that this special issue of the " Annales Hydrographiques " takes its part in the constructive memory duty Rear Admiral François Bellec judiciously spoke about during the conference organized at the Senate on September 22nd 1997, about the preservation and valorization of our country maritime and fluvial patrimony. I hope this one hundred and fiftieth anniversary issue will interest and even challenge you. If you do not find your favourite subject in it, do not see only an unjust omission but consider that you too are invited to contribute to the continuous and collective construction of our national maritime identity.

Les colonnes de ces annales restent ouvertes, comme elles l'ont été sans interruption depuis 1848, aux navigateurs, aux hydrographes et aux océanographes, qu'ils soient praticiens ou théoriciens.

The columns of these Annales stay open - as they have been unceasingly since 1848 - to mariners, hydrographers, and oceanographers, be they practitioners or theoreticians.

Paris, le 2 septembre 1998

*L'ingénieur général de l'armement François Milard
directeur du service hydrographique et océanographique de la marine*

ERRATUM

ANNALES HYDROGRAPHIQUES 769-ZTL

Remplacer le tableau de la page 101 par le tableau ci-dessous :

	IA	IETA	Total
1970	34	18	52
1973	29	16	45
1975	31	19	50
1980	29	27	56
1985	31	25	56
1990	26	30	56
1992	28	34	62
1994	26	37	63
1996	26	39	65
1998	24	42	66





150 ANS D'ANNALES HYDROGRAPHIQUES

1848 - 1998

ANNALES HYDROGRAPHIQUES 769



9 782110 882196

ISBN 2-11-088219-0