

# TRAVAUX HYDROGRAPHIQUES EN ANTARCTIQUE MER DUMONT D'URVILLE ET TERRE ADÉLIE

(Étés australs 1998-1999 et 1999-2000)

par Didier Bénéteau, maître principal hydrographe ®, ingénieur des études et fabrication en sciences et techniques de la mer<sup>1</sup>

Ce rapport rend compte de l'activité des deux détachements SHOM/IFRTP de la mission hydrographique de l'Atlantique (MHA) constitués pour conduire des levés hydrographiques en mer Dumont D'urville et en Terre Adélie, à l'occasion des deux campagnes durant les étés australs de 1998-1999 et 1999-2000.

***Campagne « 1998-1999 » (décembre 1998 à janvier 1999) :***

- chef de détachement : premier maître hydrographe Frédéric Pinguet ;
  - adjoint : maître principal Loïc Le Hir ;
  - la MHA était alors dirigée par l'ingénieur en chef de l'armement Pierre Leca.
- 

***Campagne « 1999-2000 » (décembre 1999 à mars 2000) :***

- chef de détachement : maître principal hydrographe Didier Bénéteau ;
  - adjoint : major hydrographe Hervé Thomas ;
  - la MHA était alors dirigée par l'ingénieur en chef des études et techniques de l'armement Yves Guillam.
- 

Le rapport particulier n° 45 MHA/NP du 9 mars 2001 décrit dans le détail les travaux effectués lors de ce levé.

<sup>1</sup> SHOM, 13 rue du Chatellier, CS92803, 29228 Brest Cedex 2, France. (didier.beneteau@shom.fr)

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	17-5
1.1	La Terre Adélie, au-delà de la mer Dumont d'Urville.....	17-5
1.2	Des EPF à l'IPEV en passant par l'IFRTP .....	17-5
1.3	Des bases permanentes dédiées à l'exploration scientifique .....	17-5
1.4	Le début de l'exploration sous-marine .....	17-6
<b>2.</b>	<b>TRAVAUX ANTÉRIEURS</b> .....	17-7
<b>3.</b>	<b>PRÉSENTATION</b> .....	17-7
<b>4.</b>	<b>BESOINS À SATISFAIRE</b> .....	17-7
4.1	Objectifs des travaux à réaliser .....	17-7
<b>5.</b>	<b>CONDITIONS D'EXÉCUTION DE LA CAMPAGNE</b> .....	17-8
5.1	Préparation.....	17-8
5.2	Matériel .....	17-9
5.3	Chronologie des travaux .....	17-10
<b>6.</b>	<b>GÉODÉSIE</b> .....	17-12
6.1	Système de coordonnées utilisé pour les travaux .....	17-12
6.2	Matériel utilisé .....	17-12
6.3	Rattachement des systèmes locaux au système mondial .....	17-12
6.4	Autres travaux effectués .....	17-15
<b>7.</b>	<b>LOCALISATION DE L'ASTROLABE</b> .....	17-15
7.1	Configuration utilisée durant la campagne 1999-2000 .....	17-15
7.2	Précision du positionnement.....	17-15
<b>8.</b>	<b>MARÉE - NIVELLEMENT - CÉLÉRITÉ</b> .....	17-15
8.1	Observation de la marée.....	17-15
8.2	Nivellements - Calages .....	17-18
8.3	Célérité – Tirants d'eau .....	17-18
<b>9.</b>	<b>BATHYMÉTRIE</b> .....	17-18
9.1	Sondages .....	17-18
9.2	Traitements .....	17-19
9.3	Résultats et analyses .....	17-19
<b>10.</b>	<b>TOPOGRAPHIE - SPATIOPRÉPARATION</b> .....	17-24
10.1	Travaux de topographie .....	17-24
10.2	Travaux de calage d'images satellites .....	17-25
<b>11.</b>	<b>SITES GRAVIMÉTRIQUES</b> .....	17-25
11.1	Résultats .....	17-26
<b>12.</b>	<b>MARÉGRAPHE PERMANENT (PROGRAMME NIVMER)</b> .....	17-27
12.1	Rattachement.....	17-27
12.2	Calage.....	17-27
12.3	Résultats des rattachements.....	17-27

<b>13.</b>	<b>IMPLANTATION DE LA FUTURE PLATE-FORME DE DÉCHARGEMENT</b> .....	17-28
<b>14.</b>	<b>INFORMATION NAUTIQUE</b> .....	17-28
14.1	Instructions nautiques (IN L9) .....	17-29
14.2	Pilote de Terre Adélie .....	17-29
14.3	Cartes marines.....	17-30
14.4	Balisage .....	17-30
<b>15.</b>	<b>DOCUMENTS RÉDIGÉS – DONNÉES PRODUITES</b> .....	17-31
15.1	Documents graphiques .....	17-31
15.2	Données numériques - métadonnées.....	17-31
<b>16.</b>	<b>TRAVAUX HYDROGRAPHIQUES RESTANT A EFFECTUER EN TERRE ADÉLIE</b> .....	17-31
<b>17.</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	17-31

## GLOSSAIRE

<b>Organismes</b>	<b>Définitions</b>
BTI	Bureau Traitement d'Images
SRNC	Scientific Research National Center (Australie)
CSIRO	Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation
EOST	École et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg
EPSHOM	Établissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
IFRTP	Institut Français pour la Recherche et la Technologie Polaires
IGN/SGN	Institut Géographique National – Service de Géodésie et Nivellement
IPEV	Institut polaire français Paul-Émile Victor
IRD	Institut pour la Recherche et le Développement
IS (service)	Service Instruments Scientifiques (EPSHOM)
LCO	Laboratoire de Chimie Océanographique (EPSHOM)
MHA	Mission Hydrographique de l'Atlantique
NIVMER	Programme de mesure du niveau moyen des mers australes mis en place par la France dans le cadre du projet WOCE
OHI	Organisation Hydrographique Internationale
TAAF	Territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises
WOCE	World Ocean Circulation Experiment

<b>Matériels, systèmes, logiciels...</b>	<b>Définitions</b>
Ashtech	Système de récepteurs GPS de positionnement géodésique précis
ERS2	Satellite d'observation à images RADAR
GPS	Global Positioning System
HDOP	Horizontal Dilution Of Precision (facteurs géométriques de la précision du point)
INMARSAT	International maritime satellite organization
LPME	Écart Moyen des Lignes de Position
MLR	Distributeur de récepteurs GPS de navigation (société)
Mors	Distributeur de matériel d'océanographie (société Mors-Environnement)
MSL	Mean Sea Level (niveau moyen des mers)
Pivot	Format d'échange de données numériques bathymétriques
ROV	Remote Operated Vehicle (véhicule commandé à distance)
Seastar	Système de positionnement par GPS différentiel (corrections diffusées depuis les satellites INMARSAT)
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre
XBT	Xpendable Bathy Thermograph (sondes perdables)

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 La Terre Adélie, au-delà de la mer Dumont d'Urville

Découverte et reconnue en 1840 par Dumont d'Urville, alors à la recherche du pôle sud magnétique, à bord du navire *L'Astrolabe*, la Terre Adélie (du nom de son épouse Adèle) s'étend, au-delà du cercle polaire (66°33'39" sud) entre les deux méridiens 136° est et 142° est.

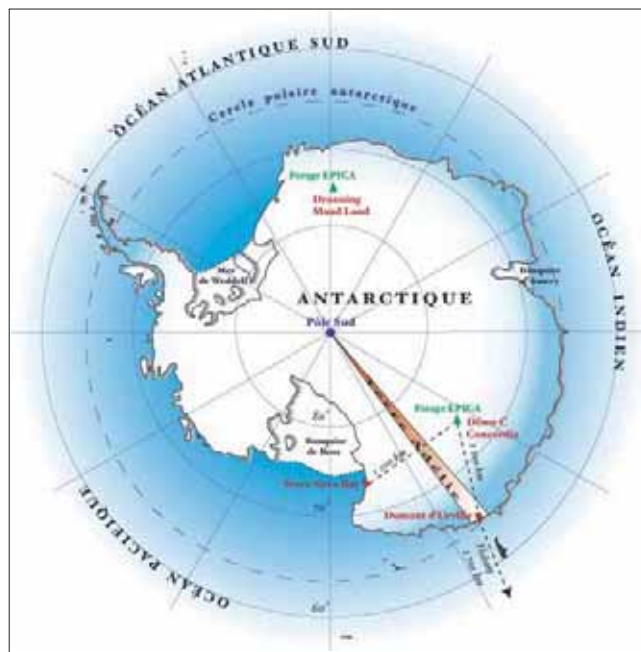


*L'Astrolabe en 1840*

C'est une « petite portion » du continent antarctique, bordée par deux « zones » australiennes, Wilkes Land à l'ouest et Georges V Land à l'est. On y accède en traversant une partie de l'océan Pacifique, depuis la Tasmanie et la mer Dumont d'Urville au nord, après avoir franchi les 40<sup>èmes</sup> rugissants et les 50<sup>èmes</sup> hurlants.

Le linéaire côtier mesure environ 280 km.

Depuis le « Traité sur l'Antarctique » conclu en 1959 entre 12 pays, ce vaste continent est protégé de tous « désirs d'exploitation économique ». Il est le lieu de grands programmes scientifiques d'observation de l'espace, de la Terre et de la faune, entretenus depuis près d'un siècle et relancés régulièrement par le calendrier des « années polaires et géophysiques internationales » (la dernière ayant eu lieu en 2007).



*La Terre Adélie sur le continent antarctique*

Depuis 1955, cet espace, au même titre que les îles Amsterdam, Saint-Paul, Crozet et l'archipel des Kerguelen fait partie des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) constituant un des pays d'outre-mer français. Les îles Éparses (Glorieuses, Juan de Nova, Europa et Bassas da India) dans le canal du Mozambique et Tromelin au nord de La Réunion sont aussi gérées par les TAAF depuis 2007.

De part sa nature particulière liée à l'épopée de la conquête des pôles ainsi qu'aux difficultés d'accès, la Terre Adélie, administrée par les TAAF a ses trois bases gérées et entretenues par l'IPEV.

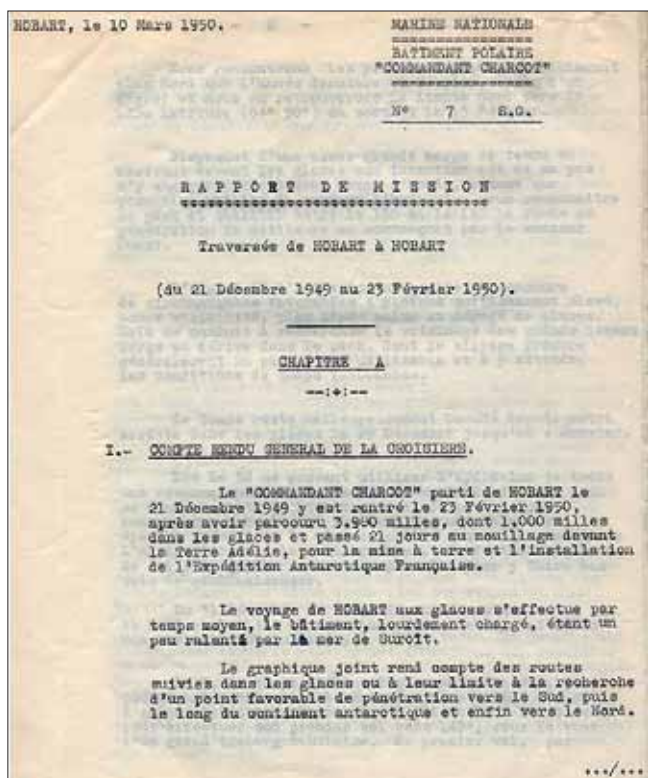
### 1.2 Des EPF à l'IPEV en passant par l'IFRTP

Ce document fait référence à des textes antérieurs au 16 janvier 2002 date à partir de laquelle l'IFRTP, précédée des expéditions polaires françaises (EPF), jusqu'en 1992, est devenu l'IPEV (Institut polaire français Paul-Émile Victor). Le terme Institut polaire est employé par défaut dans ce document.

### 1.3 Des bases permanentes dédiées à l'exploration scientifique

Depuis les années 50, la France entretient une permanence logistique et scientifique en Terre Adélie, soutenue uniquement par voie maritime durant l'été austral (décembre à mars), la banquise étant infranchissable le reste du temps. La première expédition (EPF, 1948-49) à bord du *Commandant Charcot*, ne put se frayer une route à travers la banquise pour prendre pied en Terre Adélie.

L'année suivante, il fut décidé d'établir une base à Port-Martin où le 3 février 1950, le drapeau français flotte pour la première fois sur ce continent de l'extrême.



Extrait du rapport du bâtiment polaire Commandant Charcot



Vue aérienne de la base de Port-martin en construction en 1950 et du CDT Charcot au mouillage

Le premier hivernage eut lieu en 1951. Puis, en janvier 52 à la veille du départ du navire de soutien le *Tottan*, celle-ci fut détruite par un incendie. Une équipe restreinte de sept volontaires s'est alors installée dans une cabane rudimentaire (la base Marret), montée à la hâte et prévue pour 4, sur l'île des Pétrels, à proximité de la manchotière des Empereurs. Ce fut la naissance de la base Dumont d'Urville (base principale actuelle).



Intérieur de la « base Marret » ... en 2000

Au début des années 90, l'Institut polaire lança le projet de construction d'une base franco-italienne, la station Concordia située sur l'Ilandsis au Dôme C à 1 100 km à l'intérieur du continent et 3 000 m d'altitude afin d'y effectuer notamment des recherches sur l'évolution du climat, ces recherches étant basées sur la réalisation de forages (carottages) profonds (à cet endroit, la calotte glacière a une épaisseur d'environ 2 km). Le gros du matériel étant acheminé par bateau (navire polaire et chalands) entre l'île des Pétrels et le continent, une base intermédiaire fut créée : la base Prud'homme.

L'institut demanda alors au SHOM, d'effectuer les levés bathymétriques nécessaires afin de sécuriser les accès nautiques aux bases et mieux connaître le plateau continental antarctique aux abords de la terre Adélie.

A terre, la position géodésique précise des limites est et ouest de ce « territoire » ainsi que le rattachement des différents caps, devenait incontournable, le point de départ de toute étude scientifique étant une cartographie côtière précise et à grande échelle (1/25 000<sup>ème</sup>).

Cette période (1995-2000) marqua alors la reprise des travaux hydrographiques jusque là concentrés sur la côte est dans les années 50 et interrompus en 1962.

#### 1.4 Le début de l'exploration sous-marine

De part les difficultés de mise en œuvre du matériel dans cette région hostile, depuis les années 50 les observations de la faune (mise à part quelques rares lichens au plus fort de l'été, la flore terrestre est inexistante) et des reliefs se sont concentrées sur le continent.

La fin du vingtième siècle a vu arriver de nouvelles technologies permettant d'explorer les fonds marins « sans la présence de l'homme dans le milieu » (à l'aide de ROV par

exemple). C'est ainsi que des levés exploratoires ont été également prévus pour préparer les futures missions scientifiques « immergées » du 21<sup>ème</sup> siècle.



Les caps et protubérances rocheuses non couverts de glace sont rares (cap Pépin) – janvier 1999

La notion d'océanographie a alors été intégrée dans ces deux dernières campagnes de façon à répondre à d'autres besoins que la cartographie classique pour la navigation. Les levés sont multidisciplinaires (mieux connaître la convergence antarctique, préciser les fonds de moins de 200 m, améliorer la connaissance des niveaux marins, mesures de gravimétrie absolue, ...).

## 2. TRAVAUX ANTÉRIEURS

Les premières campagnes hydrographiques, sous l'égide des EPF, de la marine nationale et du Service central hydrographique ont été effectuées entre 1950 et 1962 (Cf. *Annales Hydrographiques* n° 11 et 12).



Le premier maître hydrographe Le Doaré (tour d'horizon en 1962)

Les travaux hydrographiques « contemporains » conduits en Terre Adélie entre 1995 et 2000, l'ont été dans le cadre d'un protocole entre le SHOM, l'Institut Polaire et les TAAF. La précédente mission du SHOM (détachement mené par E. Larvor), datait de 1997 (Cf. *Annales Hydrographiques* n° 772 de 2004).



Le navire polaire Magga Dan, au mouillage aux abords de Port-Martin, en 1962

## 3. PRÉSENTATION

Ce rapport a pour but de faire la synthèse des résultats des deux dernières campagnes d'hydrographie SHOM/IFRTP en Terre Adélie afin d'inventorier les travaux réalisés et ceux à poursuivre. Il décrit plus particulièrement les activités du dernier détachement, durant la campagne 99/2000.

Il présente des résultats et des documents définitifs, détaillés par ailleurs dans le levé correspondant (S200104900, RP n° 45 MHA/NP du 9 mars 2001) ainsi que des propositions nécessaires à l'évaluation de travaux complémentaires.

Il s'attache à relater le déroulement des différentes phases (programmation, organisation, transports, travaux, difficultés, ...) pour faciliter les préparatifs d'une future mission dans ces contrées hostiles à la présence humaine.

Un détachement composé de deux techniciens supérieurs du SHOM de la mission hydrographique de l'Atlantique (MHA), le major Hervé Thomas (électronicien) et le maître principal hydrographe Didier Bénêteau, s'est rendu en Terre Adélie du 27 décembre 1999 au 12 mars 2000.

La précédente campagne, également objet de ce levé, a été effectuée du 11 décembre 1998 au 19 janvier 1999 par le maître principal Loïc Le Hir (électronicien) et le premier maître hydrographe Frédéric Pinguet de la MHA.

## 4. BESOINS À SATISFAIRE

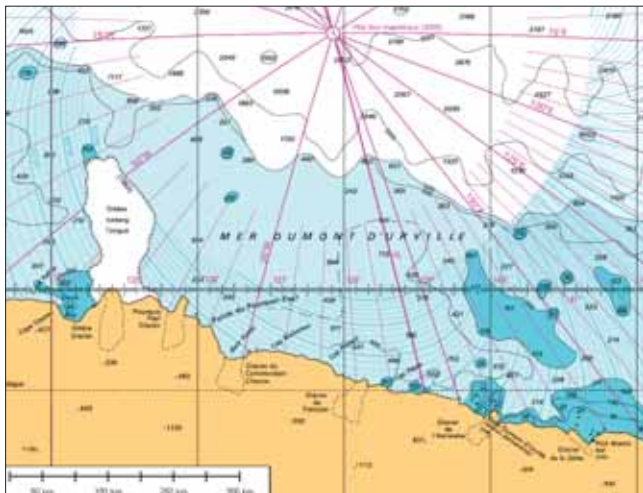
### 4.1 Objectifs des travaux à réaliser

Les principaux objectifs de la campagne 1999-2000, fixés par le SHOM, suite à une demande de l'IFRTP et du territoire des TAAF, dans le cadre du protocole étaient :

- d'achever le levé exploratoire du plateau continental aux abords de la Terre Adélie, commencé lors de la campagne 98/99,
- d'étudier des hauts-fonds engageant la sécurité de la navigation pour l'atterrissage aux environs du rocher du Débarquement (accès à la base Dumont d'Urville),
- de déterminer des sites gravimétriques au bénéfice de l'école et observatoire des sciences de la Terre de Strasbourg (EOST) sur l'île des Pétréls et sur le continent (cap André Prud'homme).

Par ailleurs, d'autres travaux étaient prévus, il s'agissait notamment :

- de confirmer l'existence de fonds inférieurs à 200 mètres au large de l'archipel de Pointe Géologie,
- d'assurer la jonction entre le levé au 1/20 000 de 1997-98 (vedette) et le levé au 1/50 000 de 1997-98 (*L'Astrolabe*), aux abords du rocher du Débarquement,
- d'achever le levé au 1/20 000 aux abords de Port-Martin,
- de réaliser une spatiopréparation pour le calage d'images satellites SPOT et ERS,
- de rattacher et de caler le marégraphe permanent (programme NIVMER).



Zone des travaux (mer Dumont d'Urville bordant la côte de Terre Adélie) – extrait CM 7591

On peut estimer que l'ensemble de ces travaux a globalement été réalisé, bien que ceux se déroulant à la mer n'aient pu l'être en totalité du fait de très mauvaises conditions météo aux moments de disponibilité de *L'Astrolabe*. En effet, sur les 13 jours où *L'Astrolabe* aurait pu sonder, 6 jours de vents à 140 km/h, ont retardé le déchargement de son fret et interdit toute sortie au large.

Néanmoins, tous les transits durant lesquels la vitesse maximale de sondage (7 nœuds par beau temps et hors pack) était

compatible avec les impératifs des autres programmes scientifiques, furent exploités.

Les autres travaux, prévus dans les instructions techniques d'origine (IT 1995) n'ont été réalisés que partiellement :

- le levé de reconnaissance le long des côtes ouest de Terre Adélie, par quelques profils exploratoires entre les brisants, l'archipel de Pointe Géologie et le cap Robert,
- sur les six sites astronomiques anciens restant à rattacher à l'ellipsoïde mondial, deux n'ont pu être abordés (pointe Alden et cap Pépin).

Les deux traversées Hobart - Terre Adélie et Terre Adélie - Hobart, à bord de *L'Astrolabe* ont par ailleurs été l'occasion d'effectuer, comme à chaque campagne, des tirs XBT au bénéfice du CSIRO (Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation) australien dans le cadre du programme WOCE (World Ocean Circulation Experiment).

## 5. CONDITIONS D'EXÉCUTION DE LA CAMPAGNE

Un protocole d'accord (n° 3/97 SHOM/EM/NP du 31/01/97), signé entre le SHOM, les TAAF et l'Institut polaire, permet aux détachements de bénéficier d'un soutien logistique, sans faille, durant les deux campagnes.

### 5.1 Préparation

La préparation de la campagne 1999-2000 a commencé au mois d'octobre 1999, durant lequel, une fois constitué, le détachement prit contact avec M. Pierre David (responsable des opérations de l'IFRTP), afin d'étudier les meilleurs créneaux entre les rotations R2 et R3 de *L'Astrolabe*, propices aux travaux envisagés.

Fin octobre, le gros du matériel était conditionné pour être acheminé par bateau (liaison marine marchande) à Hobart.

En décembre, le reste du matériel, provenant principalement du BH2 *Laplace* en mission en océan Indien, partait par avion.

Le 27 décembre 1999, au lendemain de la tempête ayant fortement perturbé les liaisons ferroviaires et aériennes fran-



Quand le pack devient infranchissable en opérations de sondage par beau temps (bulles et turbulences sous la coque du brise glace, vitesse et trajectoires erratiques)

çaises, le détachement s'envolait pour Hobart en Tasmanie où il arrivait le 29. Après récupération des caisses et installation du système d'acquisition à bord de *L'Astrolabe*, le navire polaire appareillait pour la Terre Adélie le 30 décembre à 15h00 locales.



*L'Astrolabe à quai à Hobart*



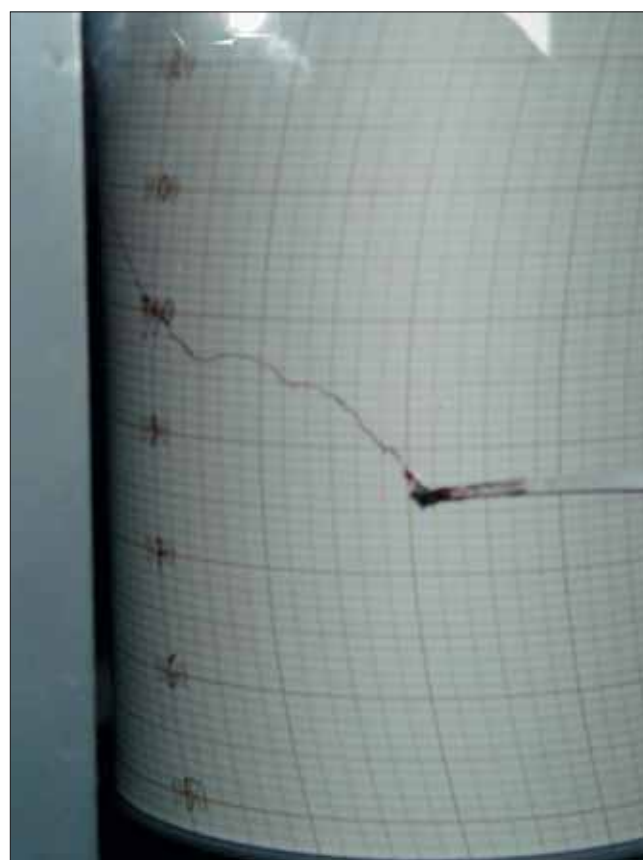
*L'indispensable hélicoptère sur L'Astrolabe à la base Dumont d'Urville*

Après 6 jours de traversée durant lesquels, les « quarantièmes rugissants » et les « cinquantièmes hurlants » furent à la hauteur de leur réputation, le navire polaire atteignait enfin le 6<sup>ème</sup> continent.

Il dû composer avec des dépressions assez creuses avant de franchir enfin le mythique cercle polaire dont le passage fût bien évidemment marqué par la délivrance du fameux diplôme.



*Par mauvais temps (> force 6) le sondeur décroche (tirant d'eau base sondeur de 4,6 m)*



*Aiguille du baromètre de L'Astrolabe ... à 966 hPa*

## 5.2 Matériel

### 5.2.1 Conditionnement – Transport

Tout le matériel a été conditionné normalement (non sous vide) à la MHA par les membres du détachement puis acheminé à destination de Hobart, comme pour les campagnes précédentes, par l'IFRTP.

Aucune perte ou casse de matériel n'est à déplorer sur les 15 caisses et colis d'un volume total de 3,2 m<sup>3</sup> pour un poids de 900 kg.

Les caisses (anciens emballages des sonars latéraux Edgerton), sont solides et pratiques. Elles constituent une très bonne protection pour le matériel informatique, électronique et optique, au vu des innombrables manutentions qu'elles ont subies durant toute la campagne.

Pour le retour, nous avons pu bénéficier d'une caisse avion de 100 kg, afin de pouvoir disposer rapidement des données acquises (stockées sur disquettes) ainsi que du matériel indispensable à d'autres équipes de la MHA.

Le reste du matériel n'est arrivé en effet que fin mai et aura donc été immobilisé durant 8 mois.



Matériel dans le conteneur « SHOM »

### 5.2.2 Fonctionnement

Le principal souci fut, d'une part de réunir l'ensemble du matériel dans les délais impartis, d'autre part de lever toute ambiguïté sur le fonctionnement des matériels et logiciels en l'an 2000. En effet, si pour certains d'entre eux, il n'y avait aucun doute sur le passage au nouveau siècle (récepteurs GPS NR103, MLR, Seastar...), pour d'autres un flou subsistait (récepteurs Ashtech, capteurs de pression Micrel, marégraphes, logiciel de marée,...) quand au fameux « bogue de l'an 2000 ».

C'est ainsi que les récepteurs Ashtech durent être mis à jour par des fichiers récupérés chez le constructeur via l'Internet. Après une série de tests on décida de programmer les marégraphes Mors en 1996, car le logiciel « marée 1.4 » ne fonctionnait pas en l'an 2000 et son remplaçant « marée 4.1 » n'était pas encore opérationnel.

Les travaux de nivellement de précision des sites gravimétriques ayant été programmés tardivement, l'achat d'un niveau électronique et d'une mire à code-barres (très efficaces sur le terrain), pu heureusement être effectué au dernier moment par le service IS de l'EPSHOM.

Durant la mission, le fonctionnement de tout le matériel fut globalement bon. À noter cependant quelques avaries ou dysfonctionnement mineurs :

- arrêts des récepteurs Ashtech en cours d'acquisition et blocages au déchargement,
- l'antenne « hautes latitudes » pour une meilleure réception des corrections différentielles du système Seastar était en avarie.

#### Remarques :

- la mise en route de cette mission (2 mois) fut un peu courte, en effet, pour appréhender efficacement ce type de campagne, qui se déroule dans des lieux et conditions inhabituels, il convient de commencer à s'y préparer au plus tard dès le mois de juin précédant l'été austral ;
- les huiles des théodolites n'ont de ce fait pas pu être remplacées (par des huiles antigel, comme le préconisaient les rapports des premières expéditions, le délai étant de six mois auprès du constructeur), mais les températures relativement clémentes durant les périodes de travail (- 15°C au minimum), et la « sortie » des appareils (optiques et électroniques) une heure avant de commencer les mesures ont permis des séances de travaux dans d'assez bonnes conditions ;
- les piles et batteries étaient vérifiées avant chaque sortie et le jeu de rechange conservé « au chaud » sur les opérateurs.

### 5.3 Chronologie des travaux

La chronologie des travaux et événements principaux durant les deux campagnes est listée dans les tableaux suivants :

#### Chronologie de la campagne 98/1999

DATES	Travaux principaux, faits marquants
Du 29/11 au 04/12	Départ de Brest pour rallier Hobart en Tasmanie, embarquement à bord de <i>L'Astrolabe</i> et installation du matériel.
Du 05 au 21/12	Appareillage pour l'Antarctique, réalisation, du 10 au 11, du premier profil exploratoire du plateau continental (méridien 142° est), arrivée de <i>L'Astrolabe</i> à la base Dumont d'Urville, rattachement du cap Bienvenue le 14, début du levé au 1/20 000, au nord de Port-Martin, transit vers le glacier Mertz pour y déposer des géologues, recherche par plongeur du marégraphe mouillé à Port-Martin lors de la campagne 97/1998, mesures GPS géodésiques au cap de la Découverte.
Du 25 /12 au 03/01	Profil exploratoire aux abords du cap Pépin, débarquement impossible à cause de la fonte du glacier. Le 27, départ de <i>L'Astrolabe</i> vers Hobart avec la moitié du détachement (sondage sur le méridien 140° est)
Du 04 au 17/01	Mesures géodésiques au cap Jules puis au rocher X permettant un vol hélicoptère jusqu'à la limite ouest de la Terre Adélie, retour de <i>L'Astrolabe</i> , en sondage sur le méridien 138° est, trajectographie GPS en hélicoptère, entre le glacier du Français et la pointe Ebba.
Du 19 au 30/01	Retour du détachement vers Hobart en sondant sur le méridien 141° est, reconditionnement du matériel et arrivée à Brest le 30 par voie aérienne civile.

**Chronologie de la campagne 99/2000**

<b>DATES</b>	<b>Travaux principaux, faits marquants</b>
Du 30/12 au 06/01	Traversée de Hobart à la base Dumont d'Urville (concours au CSIRO pour tirs XBT). Réalisation du profil exploratoire du plateau continental, méridien 139° est.
Du 06 au 14/01	Sortie en mer au profit du laboratoire océanologique de Banyuls, mouillage de marégraphes à Dumont d'Urville et Port-Martin, compléments bathymétriques du levé au 1/20 000 au nord de Port-Martin, durant les nuits, routes libres entre Pointe Géologie et Port-Martin. <i>L'Astrolabe</i> bloqué à quai à DDU le 11 pour mauvais temps.
Du 15 au 31/01	Implantation de 3 sites gravimétriques pour l'EOST sur l'île des Pétrils, reconnaissance et positionnement de 6 points de calage pour les images SPOT et ERS (radar), (cap Prud'homme, îles des Pétrils et d'Ifo), pré nivellement pour l'implantation de la future plate-forme de déchargement, piste du Lion, profil exploratoire du plateau continental, méridien 136° est. Marégraphe permanent en avarie.
Du 01 au 19/02	Route libre exploratoire au large de la côte ouest, implantation, nivellement et positionnement du site gravimétrique au cap Prud'homme, <i>L'Astrolabe</i> bloquée à quai par le mauvais temps durant 5 jours, implantation et nivellement système de calage du marégraphe permanent, positionnement point de calage pour image satellite SAR sur île des Manchots, début levé exploratoire des fonds inférieurs à 200 m au NNE de la base Dumont d'Urville, recherche brisants, départ de <i>L'Astrolabe</i> pour Hobart, reconnaissance hélico sur rocher du Débarquement, nivellement, site gravimètre cap Prud'homme, trajectographie hélico du glacier de <i>L'Astrolabe</i> .
Du 20 au 28/02	Profil exploratoire plateau continental, méridien 137° est, <i>L'Astrolabe</i> bloquée à l'abri des icebergs échoués au nord du rocher du Débarquement.
Du 29/02 au 04/03	Conditionnement et embarquement de tout le matériel, recherches sur récif Charcot, sur 27 (PA) et sur brisant au nord ouest rocher du Débarquement, fin levé exploratoire principal des fonds inférieurs à 200 m, route libre devant le rocher Janet.
Du 04 au 12/03	Démontage du matériel d'acquisition, départ de l'anse du Pré (île des Pétrils) le 4 au matin par vents de 45 nœuds et une mer forte, tirs XBT pour le CSIRO, transit vers Hobart, arrivée à Hobart le 9 en fin de journée, fermeture des caisses, départ de Hobart le 11 en début d'après midi par voie aérienne, arrivée à Brest le 12 en fin de journée.

Les tableaux ci-dessous présentent la comptabilité de l'utilisation des moyens durant la campagne.

**Moyens utilisés durant la campagne SHOM/IFRTP 1999/2000**

Durée totale de la mission (de Brest à Brest) en jours .....	77
Durée de présence en Terre Adélie (jours).....	59
<b>Travaux effectués - Emploi des moyens</b>	
Distance parcourue en sondage (km) .....	1463
Superficie totale sondée (km <sup>2</sup> ) .....	956
(sur la base d'une ouverture de faisceau de 30° et une moyenne des fonds par profil)	
Nombre de jours de travaux à la mer : .....	15
Nombre d'heures hélicoptère type Lama : .....	5,5
Nombre d'heures de travaux en plongée : .....	7
Bathycélérimétrie (tirs Sippican) : .....	14
Nombre de jours d'observation de la marée :	
à Dumont d'Urville .....	55
à Port-Martin .....	29
Nombre de sessions de mesures GPS géodésie : .....	30
Nombre de nivellements de précision .....	10
Nombre de mesures de calage pour le marégraphe permanent .....	176
<b>Emploi du personnel</b>	
Nombre de personnes (en Terre Adélie) : .....	2
Préparation à la MHA par le détachement (journée/homme) : .....	26,5
Exécution (y compris voyage avion et transit aller et retour) (journée/homme) : .....	110
Calculs/Traitement et Rédaction en Terre Adélie (journée/homme) : .....	44

Le récapitulatif des moyens humains mis en œuvre durant les deux campagnes est donné ci-après en « journée/homme » (UO : unité d'œuvre), personnel hydrographe et assimilé.

### Récapitulatif des moyens humains

Campagne	Nombre de jours (de Brest à Brest)	Préparation (UO)	Exécution (UO)	Traitement et rédaction (UO)	Totaux (UO)
Campagne 98/99 (2 personnes)	122 (2 x 61)	40	80 (2 x 40)	42+87 (1999)	<b>249</b>
Campagne 99/2000 (2 personnes)	154 (2 x 77)	26,5	110	44 + 17 (2000) 70 (2001)	<b>267,5</b>
<b>2 campagnes Totaux</b>	<b>276</b>	<b>66,5</b>	<b>190</b>	<b>260</b>	<b>516,5</b>

## 6. GÉODÉSIE

Pour les travaux à la mer, le système géodésique WGS 84 a été principalement utilisé compte tenu des systèmes de positionnement disponibles (GPS et GPS différentiel).

Pour les travaux de géodésie Ashtech et classiques, sur l'île des Pétrils, à Port-Martin, cap Jules, île Ifo et cap Prud'homme, c'est le système ITRF94 (époque 95.1) qui a été utilisé.

Les résultats obtenus ont cependant été transformés suivant les besoins dans le système « Pointe Géologie - Perroud 1950 » ou « Port-Martin Perroud 1950 ».

### 6.1 Système de coordonnées utilisé pour les travaux

Les travaux à la mer ont été traités et rédigés, en projection UTM fuseau 54 - zone sud, rapportée au système géodésique WGS 84 en adoptant pour toutes les transformations de coordonnées ellipsoïdiques entre les systèmes géodésiques locaux (connus) et le WGS 84. Les paramètres de passage déterminés lors de la campagne d'hydrographie 1995/96 (cf. *Annales hydrographiques n° 772*) sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Site de Pointe Géologie (Perroud 1950/WGS 84)		Site de Port-Martin (Perroud 1950/WGS 84)	
Tx	+324,8 m	Tx	+217,8 m
Ty	+153,6 m	Ty	-219,8 m
Tz	+172,1 m	Tz	+105,9 m

### 6.2 Matériel utilisé

L'équipe disposait d'un couple de récepteurs portables Ashtech Z12 et utilisait le récepteur fixe GPS permanent dont l'antenne est installée sur le pilier IGN à la base Dumont D'Urville.

Le fonctionnement des récepteurs portables fut correct avec cependant quelques blocages durant l'acquisition ou au vidage (problèmes dus aux chocs thermiques, passage de -15°C à +18°C).

L'expérience a montré que, du fait de la configuration des satellites et de celle du récepteur GPS permanent (programmé



Île des Pétrils – Pilier GPS permanent

pour une cadence d'acquisition de 30 secondes à raison d'un archivage journalier limité par la taille des fichiers), les durées de session d'une heure étaient trop courtes pour atteindre une bonne précision (inférieure à 0,1 m), les sessions ont donc été prolongées chaque fois que possible.

### 6.3 Rattachement des systèmes locaux au système mondial

#### 6.3.1 Présentation

Les systèmes géodésiques locaux en Terre Adélie sont associés aux rares émergences rocheuses sortant de la calotte glaciaire (caps, îles ou nunataks) qui supportent leur réseau de points et sont, de ce fait, presque tous indépendants. Ils ont fait l'objet, en 1951 et 1952, d'observations astronomiques pour fixer leur point fondamental, puis déterminer et orienter leur base.

Les transits de *L'Astrolabe* ne nous ont hélas menés, en 2000, qu'à Port-Martin, au cap Jules et au rocher Janet.

Les durées de séjour furent souvent écourtées par l'arrivée soudaine du vent catabatique et pour des raisons de sécurité, l'hélicoptère ne pu s'éloigner à plus de 10 km de la base sans la présence du bateau.



*Cap du rocher Janet en 2000*

En conséquence, les travaux de rattachement des points anciens se résument pour la campagne 1999-2000 à :

- Port-Martin                    station sur l'île des Manchots (point M5, emplacement de l'ancien signal en bois couché sur le sol),
- cap Jules                        station sur les points J6 et J3,
- île Ifo                            station sur le point « IFO EX-CENTRÉ »,
- cap Prud'homme            station sur « MORAINE EXCENTRÉE ».

Durant la campagne 1998/1999, les points suivants ont été rattachés :

- nunatak du rocher X        station sur le cairn rocher X,
- cap Bienvenue                station sur le point B1,
- cap de la Découverte        station sur le point D6.

Du fait des conditions particulières (vent, température, délais,...) inhérentes aux travaux dans ces régions, les modes opératoires ont parfois été allégés (mesures météo, durées de sessions) afin de pouvoir acquérir et rapporter à tous prix la mesure. Ainsi, la précision des résultats n'est-elle pas toujours celle attendue.



*Cap Jules en 2000*



*Cap Prud'homme en 2000*



*Cap de la Découverte en 1999 (arrivée du vent catabatique)*



Court séjour au cairn du rocher X, lieu symbolique à la limite ouest de la Terre Adélie (5 janvier 1999, F. Pinguet)

### 6.3.2 Résultats

Une fiche géodésique a été rédigée pour chaque point. Les coordonnées des nouveaux points géodésiques ont été produites dans le référentiel où elles ont été obtenues sur le terrain, (système ITRF94-EPOCH 95.1).

Dans le cadre du comité scientifique pour la recherche en Antarctique, conformément aux IT, le présent rapport ainsi que les fichiers résultats des sessions Ashtech ont été envoyés à l'IGN, afin de calculer les coordonnées très précises (avec les éphémérides exactes) et les compensations fines entre les nouveaux points, destinées à compléter les observations faites les années précédentes et améliorer ainsi les connaissances géodésiques en Terre Adélie.

Les rattachements des points anciens ont néanmoins permis de confirmer les paramètres de passage (Tx, Ty, Tz) des sites de Pointe Géologie et de Port-Martin et d'en calculer de nouveaux, pour les sites des caps de la Découverte, Jules, Bienvenue et du rocher X.

Ces paramètres sont issus de la méthode de calcul, rappelée ci-dessous (identique à celle utilisée pour la campagne 97/98) :

- transformation des coordonnées géographiques en coordonnées trirectangles d'un point connu dans les deux systèmes (n° 1 Perroud 1950 et n°2 ITRF 94-EPOCH 95-1) avec le logiciel Geometre (utilisant la base de données Geolib),
- comparaison des coordonnées trirectangles et déduction des décalages (Tx, Ty, Tz), (n° 2 moins n° 1).

Les coordonnées des anciens points proviennent de l'ouvrage N° S-III.1 - Astronomie et géodésie en Terre Adélie (Perroud 1951-52).

#### Analyse :

- archipel de Pointe Géologie (côte ouest), on note une dispersion progressive normale des écarts en x et y, en s'éloignant de l'archipel (donc du point fondamental P3) vers l'ouest (maximale au rocher X à 150 km) mais une bonne cohérence (atteignant 10 m) en bordure d'archipel sur l'île Ifo à 13 km ;

- Port-Martin – cap de la Découverte (côte est), la cohérence est très bonne (de l'ordre du mètre dans les trois dimensions), à noter que le cap de la Découverte a été rattaché en 1951 au réseau de Port-Martin, par procédé stadimétrique ;
- cap Bienvenue et cap Jules (côte est), si les Tz sont très proches, les Tx et Ty sont très éloignés ;
- au cap Jules, à 42 km de Pointe Géologie, les points J6 et J3 donnent des résultats médiocres (durées d'observation courtes) mais cohérents entre eux ;
- au cap Bienvenue, à 23 km de Pointe Géologie, les calculs donnent des décalages sensiblement différents de ceux adoptés en Tx mais très éloignés en Ty et Tz.

### 6.3.3 Conclusion

#### Paramètres de passage

Il est impossible d'établir une règle de variation des paramètres de passage (hors abords immédiats du point fondamental de chaque réseau) le long des côtes de Terre Adélie. En effet, les différents systèmes locaux sont tous indépendants et leur détermination a été soumise (à l'époque) aux incertitudes sur la déclinaison magnétique (fortes altération sur les mesures d'azimut magnétique, nécessaire en l'absence de ciel dégagé) dues à la proximité immédiate du pôle magnétique.

Il est de plus très probable que la forte variabilité spatiale de la déviation de la verticale (présence de canyons profonds aux fronts des glaciers) ait accentué ces incertitudes.

Compte tenu de la précision des observations, les paramètres adoptés ou conservés sont résumés dans le rapport particulier n° 45 MHA/NP du 9 mars 2001 et certains commentés ci-après.

#### Rappel :

$(x,y,z)$  ITRF94 =  $(x,y,z)$  Perroud50 + (Tx, Ty, Tz).

**Archipel de Pointe Géologie** : pas de changement par rapport à ceux adoptés en 1996, précision moyenne décroissante de 1 à 10 m en Tx et Ty et stable, (1 m) en Tz, dans un rayon de 1 à 10 km autour de l'île des Péterls.

**Port-Martin** : pas de changement par rapport à ceux adoptés en 1998, le site du cap de la Découverte peut être englobé dans ce système (Perroud-Martin).

**Cap Jules** : les Tx et Ty sont précis à 5 m et le Tz à 2 m.

#### Altitude

La cote du zéro des altitudes (EPF52) par rapport à l'ellipsoïde GRS 80 a également été contrôlée sur les différents points anciens lorsque leur altitude était mentionnée dans l'ouvrage EPF (Astronomie - Géodésie - Cartographie n° S-III.1 - Terre Adélie 51-52 - Perroud.)

Les résultats sont cohérents entre eux au mètre près et s'éloignent peu des deux valeurs d'origine déterminées à Port-Martin et dans l'archipel de Pointe Géologie.

Le zéro des altitudes étant assimilé au niveau moyen et les mesures d'altitude origine (1952) ayant souvent été faites par nivellement géodésique depuis le niveau de la mer, cela explique les dispersions observées. Les deux cotes du zéro des altitudes EPF52 par rapport à l'ellipsoïde GRS80 (-44,57 m à Port-Martin et -43,57 m dans l'archipel de Pointe Géologie)

sont donc confirmées et conservées. Elles devraient pouvoir s'extrapoler jusqu'aux limites est et ouest de la Terre Adélie mais aucune série de mesures complète ne permet de l'affirmer pour le moment.

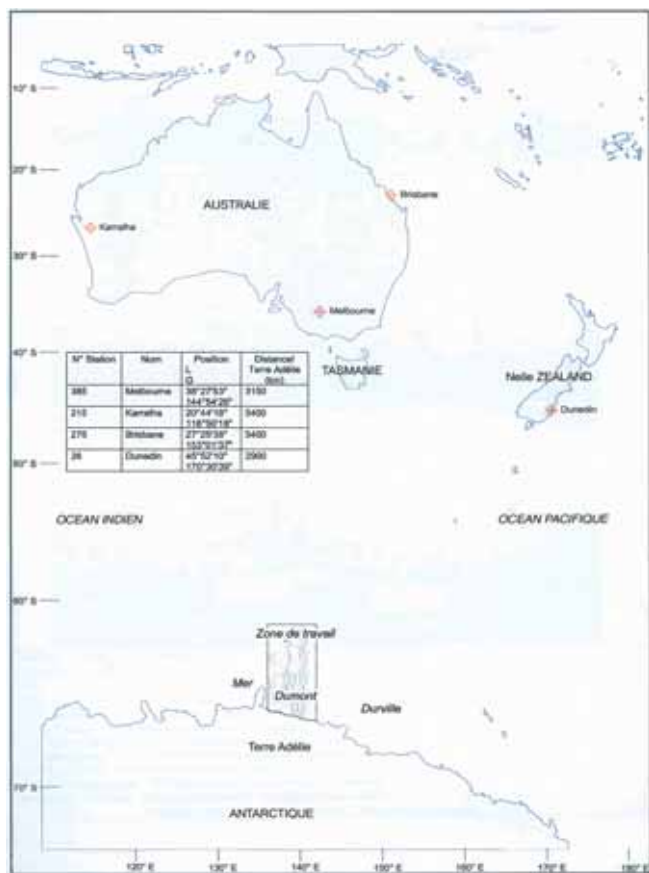
#### 6.4 Autres travaux effectués

- Le positionnement en DGPS Ashtech de points de calage pour les images SPOT et ERS2 a été effectué en mode statique ou statique rapide ;
- le rattachement à l'ellipsoïde mondial du marégraphe permanent a été réalisé par nivellement optique depuis le site du GPS permanent et contrôlé par nivellement Ashtech direct ;
- le positionnement et le nivellement de quatre sites gravimétriques ont été réalisés par les mêmes méthodes ;
- un point de référence et un profil topographique ont été réalisés à l'Ashtech, au niveau et à la mire invar, sur la piste du Lion pour l'implantation de la future plate-forme de déchargement des navires.

### 7. LOCALISATION DE L'ASTROLABE

La localisation a été assurée en GPS naturel (campagne 98/99) et à l'aide du GPS différentiel, système Seastar, (durant la campagne 99/2000) pour tous les levés. La réception des corrections différentielles via le satellite INMARSAT a été correcte dans l'ensemble malgré des « sauts » inexplicables surtout en fin de campagne.

L'antenne de réception « spéciale hautes latitudes » n'a pas été utilisée car en avarie dès le début de la mission.



Stations différentielles australiennes et néo-zélandaises

Des cibles ont été effectuées aussi souvent que possible, montrant une précision (2DRMS à 95%) de l'ordre de 25 m, en mode différentiel et de 50 m en mode naturel.

Le système différentiel Seastar apporte dans ce cas, une amélioration du positionnement, d'un facteur 2 par rapport au « GPS naturel » mais ne suffirait pas pour effectuer des levés à une échelle plus grande que le 1/20 000<sup>ème</sup>. Cela est dû à l'éloignement important des stations différentielles australiennes et néo-zélandaises (3 000 km pour les plus proches).

#### 7.1 Configuration utilisée durant la campagne 1999-2000

L'acquisition était réalisée sur un PC portable Contura (relié à un récepteur GPS NR103), avec le logiciel XYplot.

Le guidage du bâtiment était assuré par un deuxième récepteur GPS NR103 utilisé en mode « homing ou track » suivant les cas.

Durant les sondages, le nombre de satellites reçus simultanément a toujours été supérieur à 8.

La localisation du système différentiel Seastar était archivée toutes les 10 secondes quelle que soit l'échelle prévue pour la rédaction (qui peut le plus peut le moins, on ne sait pas si l'on reviendra un jour dans cette région!), la vitesse fond de L'Astrolabe variant de 3 à 8 nd.

Au traitement de la localisation, les paramètres, pour détecter les valeurs « hors seuil » aux échelles prévues ont été adoptés et les sauts en « naturel » ont pu être invalidés grâce à l'abondance des tops.

L'antenne GPS était installée au sommet du mât de L'Astrolabe (sous la girouette et l'anémomètre). Un mâtereau d'un mètre permettrait lors des prochaines missions de dégager l'antenne des aériens et diminuer les sauts de localisation.

#### 7.2 Précision du positionnement

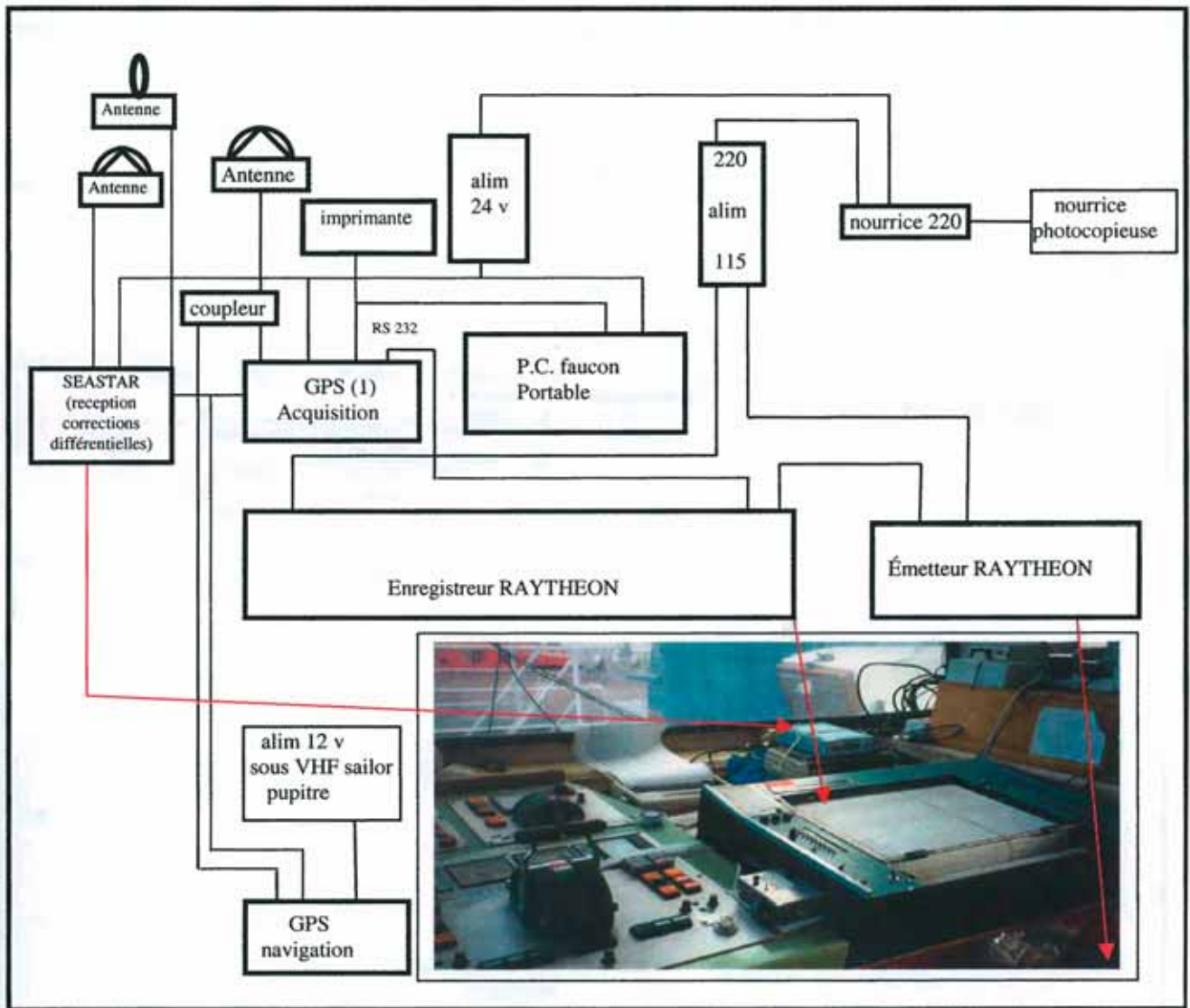
Compte tenu de tous les éléments analysés précédemment, la précision de la localisation a été de +/- 25 mètres durant toute la campagne 1999-2000 et de +/- 50 m durant la campagne 1998-1999.

### 8. MARÉE - NIVELLEMENT - CÉLÉRITÉ

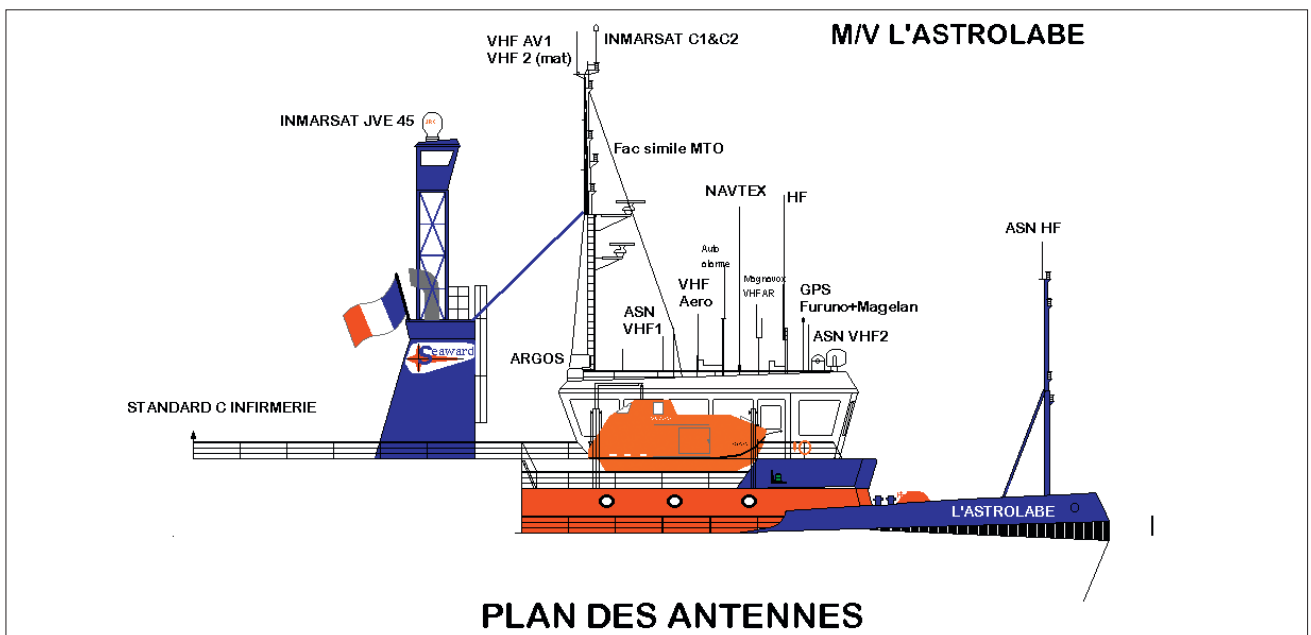
#### 8.1 Observation de la marée

Les observations de la marée, concernant les deux campagnes, réalisées à l'aide de marégraphes immergés de type Mors-OT et doublés de capteurs de pression immergés (Mirel) sont récapitulées dans le tableau suivant :

Situation géographique	Période
Enrochement piste du Lion de la base Dumont d'Urville	11/12/1998 au 16/02/1999
Enrochement piste du Lion de la base Dumont d'Urville	07/01/2000 au 28/01/2000
Enrochement piste du Lion de la base Dumont d'Urville	28/01/2000 au 02/03/2000
Port-Martin	09/01/2000 au 07/02/2000



Installation du matériel à la passerelle de L'Astrolabe (sondeur raythéon grands fonds, récepteur GPS NR103, récepteur Seastar, PC d'acquisition, PC Sippican, centrale température et salinité du CSIRO)



Compte tenu des conditions topographiques « non conventionnelles », rencontrées dans ce type de campagne, l'adaptation pratique « esprit système D » doit être permanente et efficace.



*Mesures de tirant d'air « cornière »  
(rocher Jacobsen)*



*Mesures de tirant d'eau « sabot de mire » (socle scellé sur la roche  
par plongeur)*



*Nivellement à la mire à code-barres et « à la boule de billard »*



Niveau NA3003 et mire à code barre à travers les rookeries sur l'île des Pétrels (janvier 2000)

Les appareils ont tous été récupérés et ont bien fonctionné sauf les capteurs de pression Micrel qui n'ont fonctionné que 3 à 4 jours.

Une concordance a été réalisée entre Port-Martin et Dumont d'Urville, elle confirme à quelques cm près le résultat obtenu en 1950. Le zéro concordant à Port-Martin se situe à 7 cm sous le zéro des sondes de Dumont d'Urville.

Le capteur Micrel mouillé l'année précédente à Port-Martin a été retrouvé de justesse en plongée (il ne restait plus que le cylindre inox de 5 cm de diamètre et 10 cm de long). Le câble en kevlar, reliant sa cage à la côte était coupé et coincé sous 3 mètres de glace. Ce capteur ne contenait hélas lui aussi que quelques jours de mesure. Ce type de capteur est habituellement utilisé par les chalutiers pour connaître le « profil » de la profondeur atteinte par le chalut durant le trait qui en général ne dure pas plus d'une dizaine d'heures.

## 8.2 Nivellements - Calages

### 8.2.1 Nivellements

Tous les nivellements (sites gravimétriques et repères de marée) ont été effectués au niveau électronique (NA3003) et à la mire à code-barres qui se sont révélés très efficaces et précis. En effet, étant donné les conditions climatiques et les fortes dénivelées, il était nécessaire de pouvoir faire « vite et bien ».

L'appareil a été étalonné sur place à plusieurs reprises, par la méthode « des deux mires équidistantes » et entre deux repères connus (nivelés avec un niveau classique) pour les sites gravimétriques).

Étant donné la présence de nombreux « tubes scellés », sur l'île des Pétrels la méthode « boule de billard » a été utilisée avec succès.

Tous les repères contemporains des deux sites (Port-Martin et Dumont d'Urville) ont été retrouvés et sont en bon état. Néanmoins, le mât de pavillon de Port-Martin qui était un amer et aidait à retrouver le repère B a disparu.

### 8.2.2 Calages

Le calage des marégraphes a été effectué par des mesures de tirant d'air et tirant d'eau :

- à Port-Martin, par rapport au repère A,
- à Dumont d'Urville, par rapport au repère H et une mire de nivellement fixée sur un support (sabot de mire, scellé sous l'eau), en guise d'échelle de marée, installée pour le calage centimétrique du marégraphe permanent.

Le site de ce dernier ayant été déglacé très tardivement, le site du « portique » a été utilisé jusqu'au 14 février. Les résultats des calages sont de bonne qualité à Dumont d'Urville et de qualité moyenne à Port-Martin.

Les pressions brutes ont été réduites de la pression atmosphérique enregistrée à la station Météo France de Dumont d'Urville.

La densité pour le calcul des hauteurs d'eau a été déterminée au retour du détachement en métropole par le laboratoire de chimie océanographique de l'EPSHOM (LCO), à partir de 9 échantillons prélevés durant les mesures.

## 8.3 Célérité – Tirants d'eau

### Mesure de la célérité

La célérité a été calculée par la section océanographie appliquée du centre militaire d'océanographie (CMO/OA) à l'EPSHOM, à partir d'une vingtaine de tirs Sippican (XBT T5 et T7 et XCTD 1000), encadrant les périodes de sondage.

Suite aux méthodes de calcul et de prolongation des profils jusqu'au fond, la précision attendue de la mesure de célérité est de 0,5 m/s soit 0,1% de la profondeur.

Comme pour les autres campagnes, moyennant une étroite collaboration, le détachement pu profiter des installations Sippican/MK12 installées à bord par le CSIRO pour effectuer ses tirs, en échange de quoi, les 2/3 des tirs durant le trajet aller retour de *L'Astrolabe* entre Hobart et Dumont d'Urville furent effectués par le détachement au profit du CSIRO.

Les tirants d'eau récapitulés dans le rapport particulier étaient en moyenne de 4,5 m. Le décalage de 0,2 m entre les échelles de TE (quille) et la base sondeurs EDO a été appliqué.

## 9. BATHYMÉTRIE

### 9.1 Sondages

Les sondages ont été effectués à l'aide du sondeur Raythéon équipé de la base EDO-12 kHz (installée en permanence sur *L'Astrolabe*). Ce matériel, robuste et éprouvé depuis longtemps au SHOM a bien fonctionné. On peut toutefois regretter l'enregistrement, uniquement analogique (sur bande) qui oblige à numériser manuellement toutes les sondes au retour du détachement en métropole.

Remarque : pour les prochaines campagnes, il sera possible de disposer utilement (pour les fonds allant de 15 à 300 m) du sondeur entièrement numérique installé sur *L'Astrolabe* par

l'IFRTP, moyennant un interfaçage SHOM et un étalonnage, (des comparaisons avec le Raytheon, en temps réel, ont déjà permis de constater la cohérence des deux sondeurs sur fonds plats).

Le transducteur EDO possède une ouverture de faisceau de 30°, ce qui permet une insonification théorique d'environ 0,53 fois la profondeur (P).

Durant les sondages, les fonds ont varié de 3 900 m à 15 m, et la précision de la sonde brute, au delà de la précision intrinsèque du sondeur, donnée par le constructeur (basée sur la fréquence et l'échantillonnage), dépend en grande partie de la résolution de la numérisation manuelle de la bande (0,5 mm) elle-même liée aux échelles adoptées.

Étant donné les reliefs tourmentés rencontrés aux abords des côtes (vallées glaciaires, hauts-fonds,...), et les « décrochements » fréquents du signal sur les pentes raides, une échelle « partant de la surface » était d'usage.

En conséquence, la précision des mesures brutes de la sonde a été estimée à 0,03 P et correspond à une erreur de +/- 0,45 m à 15 m (plus petite sonde enregistrée lors du levé) :

Toutes les sondes ont été réduites :

- de la célérité,
- du tirant d'eau,
- de la marée réelle mesurée à Dumont d'Urville - piste du Lion (à l'exception de deux profils exploratoires du plateau continental, les n° 139 et RL 100-2 (marégraphes non installés), mais il n'existe pas de sonde inférieure à 200 m sur ces profils).

Compte tenu de tous les éléments supra, la précision globale du « Z » de la sonde est récapitulée dans le tableau en bas de page.

## 9.2 Traitements

### 9.2.1 Localisation

La localisation a été traitée en plusieurs étapes qui ont consisté à « alléger » les fichiers bruts, les mettre au format de la chaîne de traitement (un profil = une session), détecter les valeurs hors seuil ainsi que les « sauts » et les invalider manuellement pour enfin valider la localisation par analyse des tracés.

### 9.2.2 Sonde

Le traitement de la sonde a été réalisé suivant la méthode manuelle classique, (numérisation des bandes de sonde) pour les deux campagnes à l'aide des logiciels habituels (chaîne de traitement TRADOC).

Tous les tracés des documents définitifs ont été effectués à l'aide du logiciel ARGOS, à l'exception des documents de localisation (non fournis, mais montrant néanmoins, pour les besoins de traçabilité, les routes suivies dans le cas des recherches sur les brisants).

## 9.3 Résultats et analyses

Les sondages effectués ont été classés en 4 catégories, liées à 4 zones et 4 échelles de traitements différents. Néanmoins, les données numériques ont été constituées en deux lots séparés caractérisant l'un le positionnement en GPS naturel (campagne 98/99) et l'autre un positionnement en GPS différentiel (campagne 99/2000).

### 9.3.1 Levé exploratoire du plateau continental aux abords de la Terre Adélie

#### 9.3.1.1 Résultats

Ce levé est composé de deux parties.

La première, débutée durant la campagne 98/99, a été effectuée presque en totalité si l'on considère l'objectif principal qui était de délimiter le plateau continental antarctique aux abords de la Terre Adélie. Les profils n° 136 et n° 137 n'ont cependant pas été complètement effectués, compte tenu des mauvaises conditions météo.

En effet, à chaque rotation entre la Tasmanie et la Terre Adélie, *L'Astrolabe* devait « slalomer » en moyenne entre 3 dépressions. Des options de vitesse et de route, incompatibles avec les sondages ont donc dû être prises.

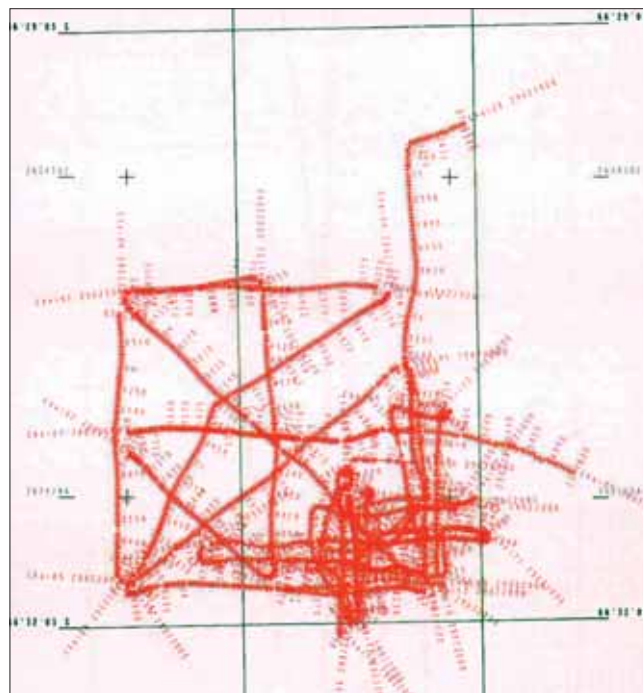


Schéma de la localisation d'un sondage type de brisants

Afin de parfaire l'homogénéité de ce levé exploratoire, il conviendrait de compléter ces deux profils inachevés. Bien que l'intérêt hydrographique actuel au nord de cette zone soit

Sonde Brute	Célérité	Tirant d'eau	Marée	Précision globale
+/- 0,03 P	+/- 0,001 P	0,1 mètre (négligeable pour ce levé)	0,05 mètre (négligeable pour ce levé)	<b>+/- 0,031 P</b>

faible (plaine abyssale très plate par 3 800 m de fond) et que ces tronçons soient loin de la route habituelle de *L'Astrolabe* et des très rares navires croisant dans ces parages.

L'autre partie qui consistait en la reconnaissance de l'isobathe de 200 mètres au nord nord-est de la base Dumont d'Urville a été effectuée à 80 %. Des problèmes de moteur n'ont pas permis de terminer l'investigation des zones isolées, inférieures à 200 m, plus au nord de l'isobathe principale, ni de conclure sur la continuité des fonds inférieurs à 200 m, entre cette zone et les côtes de la Terre Adélie.

### 9.3.1.2 Analyse hydrographique

#### Critiques des cartes marines en service

La comparaison du levé avec les cartes marines 6101, 6061 et la minute GEBCO australienne n° 543 de janvier 1984, a été effectuée.

Le résultat du contrôle de la carte 6101 est porté sur une carte renseignée (Cr 6101).

Étant donné le caractère exploratoire de ce levé, la critique des sondes n'a été effectuée qu'aux abords immédiats des profils.

Le classement et la caractérisation de ce levé sont indiqués plus loin.

#### Documents rédigés

Les instructions préconisaient une rédaction de ce levé à l'échelle 1/100 000<sup>ème</sup>, mais afin de diminuer le nombre de documents (format A0), de 23 à 3 et avoir une vue d'ensemble de la zone, 1 seul document graphique à l'échelle 1/500 000<sup>ème</sup> (partie large) et 2 documents graphiques à l'échelle 1/100 000<sup>ème</sup> (partie côtière) ont été rédigés. Cependant, les traitements ont été réalisés à l'échelle convenue, 1/100 000<sup>ème</sup>.

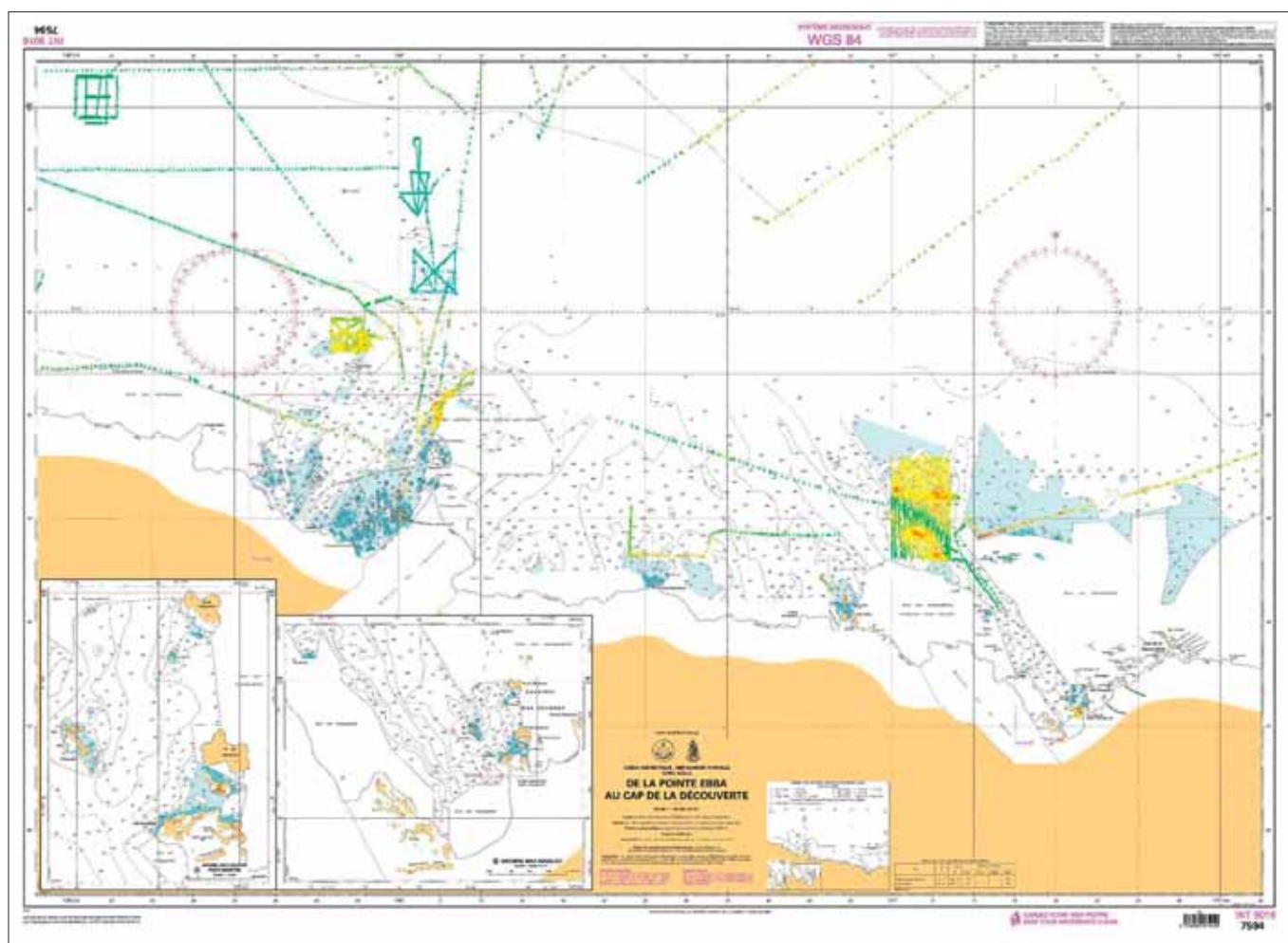
### 9.3.1.3 Analyse morphologique

#### Partie large

La limite du plateau continental géologique aux abords de la mer Dumont d'Urville, (fonds de 2 500 m) est maintenant mieux connue. Elle correspond globalement à celle qui se dessinait sur la minute GEBCO australienne n° 543 de janvier 1984. Les fonds de 3 900 m (plaine abyssale) rencontrés à la latitude 63° sud, remontent en pente douce jusqu'à 2 500 m à la latitude de 65°10' sud, dans la partie est, et bien avant (64°30' sud), dans la partie ouest.

Quelques plateaux (peut-être les traces d'anciennes moraines de langues glaciaires, tel le Dibble Iceberg Tongue plus à l'ouest) existent par endroits :

- fonds de 400 m par 65° S et 136° E ;
- fonds de 400 m par 65°30' S et 138° E.



### Partie côtière

Les sondages ont permis de confirmer la présence de fonds inférieurs à 200 mètres au nord nord-est du glacier de *L'Astrolabe* avec des fonds minimums de 113 mètres.

De nombreux « petits » icebergs, dont le tirant d'air avoisine les 30 m, sont échoués dans cette zone et renforcent ainsi l'hypothèse (le tirant d'eau d'un iceberg « venant de naître » est de 7 à 9 fois son tirant d'air) de l'existence de fonds moindres dont le danger pour la navigation ne peut cependant être prouvé.



*Berg échoué, vélé par le glacier de L'Astrolabe  
(le glacier de L'Astrolabe est un des plus petit de l'Antarctique)*

Ces conclusions sont issues de l'étude des bandes de sonde (absence de reliefs abrupts), des résultats bathymétriques (présence d'une structure en longueur, de fonds de 150 m culminant à 113 m), bordant la fosse au sud sud-ouest de la zone et de la grande expérience et bonne connaissance des parages, des commandants de *L'Astrolabe*.

Cette zone de fonds inférieurs à 200 m n'est apparemment pas reliée au socle continental « adélien » par des fonds de moins de 200 mètres, (cap Jules, archipel Max Douguet et hauts-fonds plus au nord), car le profil effectué le plus au sud-est comporte une sonde minimum de 205 m. Un grand profil longitudinal (orienté nord-ouest/sud-est), programmé mais non effectué faute de temps devait confirmer cette discontinuité.

Au nord du 66<sup>ème</sup> parallèle, les zones isolées, inférieures à 200 m, confirmées par la compilation de toutes les cartes françaises et étrangères couvrant cette région, n'ont pas été sondées.

### 9.3.2 Levé de reconnaissance le long des côtes de Terre Adélie

#### 9.3.2.1 Résultats

Tous les transits, le long des côtes de la Terre Adélie, durant lesquels la vitesse n'était pas imposée par d'autres programmes, ont été valorisés pour compléter les connaissances bathymétriques:

- au nord du rocher du Débarquement, où la jonction entre le levé (1999-18), au 1/20 000<sup>ème</sup> vedette de 1998 et le levé exploratoire au 1/50 000, n'a cependant pu être achevée du fait de l'encombrement permanent d'icebergs échoués dans cette zone,

- au sud ouest du cap de Margerie où des profils ont été effectués à faible vitesse devant le glacier de la Zélée dans une zone vierge de tout sondage,
- devant le rocher Janet, à l'ouest de l'archipel de Pointe Géologie, où une route libre a été réalisée lors de l'approche à environ 1 000 m de la côte,
- le long de la côte ouest où trois profils ont été effectués jusqu'aux abords du glacier du Français,
- le long de la côte est où un profil a été effectué depuis Port-Martin jusqu'aux abords du cap Gray.

Au final, 12 documents graphiques à l'échelle 1/50 000<sup>ème</sup> ont été rédigés (traitements à la même échelle).



*Cap du « rocher Janet »*

#### 9.3.2.2 Analyses

Ces profils de reconnaissance ont permis d'augmenter sensiblement la densité des sondes présentes sur les trois cartes en service (6101, 6100 et 6285), de connaître un peu mieux les abords des caps, de trouver quelques nouveaux hauts-fonds et d'en préciser certains.

Les sondes inférieures à 40 m les plus significatives sont récapitulées dans le tableau page suivante.

Ce levé a été comparé avec le levé Larvor (1999-18). Malgré le relief très accidenté par endroits, la cohérence est bonne (de l'ordre de 2 mètres par fonds inférieurs à 50 mètres).

La critique des cartes marines concernées, (6101, 6285 et 6100) est effectuée aux abords immédiats des profils, sur les cartes renseignées du même nom.

Le classement et la caractérisation de ce levé sont indiqués plus loin.

#### 9.3.3 Levé au 1/20 000<sup>ème</sup> au large de Port-Martin

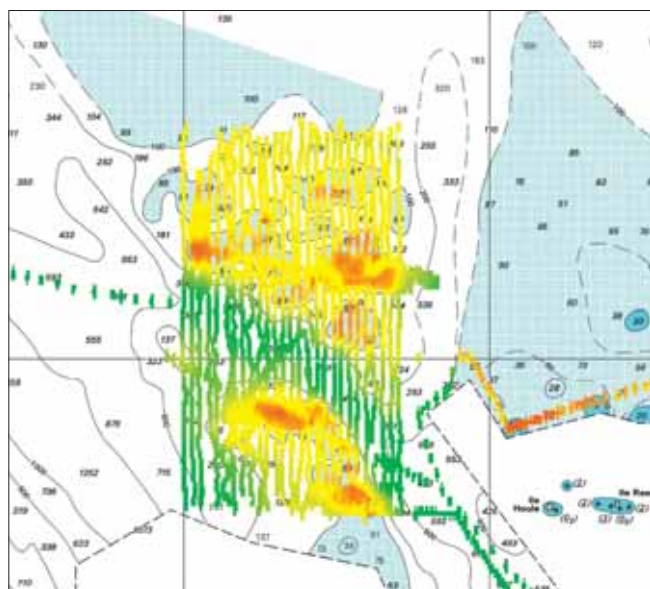
A l'extrémité est de la zone reconnue à l'échelle 1/50 000<sup>ème</sup>, en 1998, ce levé de reconnaissance, prescrit par les instructions techniques était destiné à préciser les hauts-fonds trouvés durant le levé 99-18, en 1998, lors des transits de *L'Astrolabe*.

## Reconnaissance le long des côtes de Terre Adélie – Nouveaux hauts-fonds

Sondes du levé 99/2000 inférieures à 40 m	Position WGS84		Sondes du levé Larvor (1999-18)	Position WGS84		Sondes carte marine	Observations
	Latitude	Longitude		Latitude	Longitude		
22.0 m	66°34'23,2" S	140°04'41,1" E	27.7 m	66°34'27" S	140°04'48" E	27.5 m	Nord rocher du Débarquement
17.3 m	66°40'51,9" S	141°10'52,2" E	néant	/	/	néant	A l'est du levé au 1/20 000 <sup>ème</sup>
20.5 m	66°31'42,0" S	139°54'24,0" E	néant	/	/	néant	Proximité ancien récif « Charcot »
15.7 m	66°45'48,0" S	140°54'30,0" E	néant	/	/	22 m	Proximité cap Jules

Ils se situent dans la zone où les bateaux (pour le moment *L'Astrolabe* est le seul navire à emprunter cette route) « bifurquent » vers Port-Martin ou continuent vers l'est.

Débuté pendant la campagne 98/99, il restait à effectuer des profils de vérification et « resserrer » quatre hauts-fonds.



### 9.3.3.1 Résultats

Ce levé de reconnaissance est achevé. Il donne lieu à la confirmation de la présence de hauts-fonds allant de 25 à 41 mètres dont les sommets principaux sont récapitulés dans le premier tableau page suivante.

Ce levé annule et remplace, dans ses limites, les sondes (rares) de la carte marine 6100 ; son classement et sa caractérisation sont indiqués plus loin.

### 9.3.3.2 Analyse

La cohérence avec le levé Larvor 99-18 est très bonne. La zone est traversée par une « faille » de 400 m de profondeur en moyenne, orientée NW-SE, séparant les deux zones de hauts-fonds.

Compte tenu des remontées rencontrées juste à l'est de la zone, la présence de fonds moindres à proximité immédiate de ce levé n'est pas à exclure.

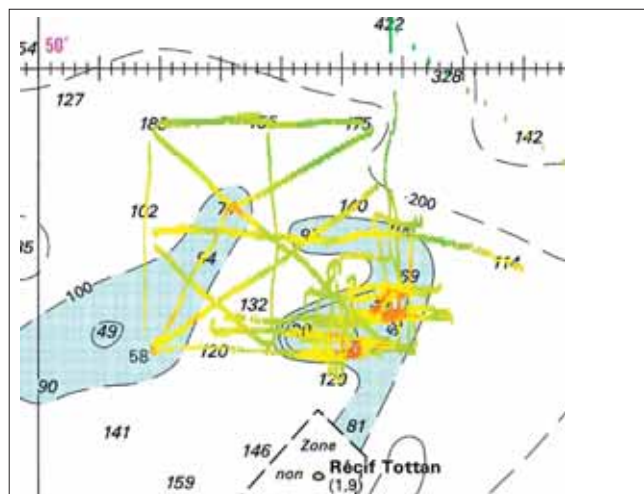
### 9.3.4 Recherches des hauts-fonds, brisants et récifs

Les instructions demandaient de statuer sur la présence de hauts-fonds et brisants portés sur la carte 6285, aux abords de l'archipel Pointe Géologie.

#### 9.3.4.1 Résultats

Les brisants et hauts-fonds ont été recherchés à l'exception du «36PA» en L : 66°24,0'S et G : 139°53,8'E.

Compte tenu des fonds rencontrés dans les périmètres de recherche (de 1 000 m à 100 m), une zone d'environ un nautique de rayon a été sillonnée méthodiquement en enregistrant le fond, de façon à garantir l'absence des brisants et hauts-fonds recherchés à l'intérieur de celle-ci.



Exemple de recherche du récif Charcot

Les résultats sont portés sur la carte renseignée 6285 et récapitulés dans le deuxième tableau page suivante.

#### 9.3.4.2 Analyse

De nombreux morceaux d'icebergs de couleur «gris foncé» flottent souvent en surface dans cette zone (assez proche de la zone de vélage du glacier de *L'Astrolabe*) ; leur inertie apparente, due à leur masse importante, fait que la mer du vent y déferle.

Par mauvais temps, ces blocs sombres ont pu être facilement confondus avec des récifs, par des navigateurs.



### 9.3.5 Caractérisation et classement des levés

Les levés ont été classés suivant la norme de l'OHI (Organisation Hydrographique Internationale) PS44 (Publication Spéciale n°44, 4<sup>ème</sup> édition – avril 1998) et caractérisés suivant la norme sur les levés bathymétriques en vigueur au SHOM.

Leur caractérisation et leur classement sont récapitulés dans le dernier tableau.

#### Levé au 1/20 000 au large de Port-Martin - Hauts-fonds

Sondes définitives (levé au 1/20 000)	Position (WGS 84)		Sondes (levé 99-18)	Position (WGS 84)	
	Latitude	Longitude		Latitude	Longitude
25.1 m	66°41'50,4" S	141°05'51,7" E	néant	/	/
32.9 m	66°40'43,1" S	141°03'12,6" E	35.3 m	66°40'42,6" S	141°03'10,2" E
40.6 m	66°39'03,0" S	141°05'54,0" E	néant	/	/
32.0 m	66°38'36,2" S	141°00'23,6" E	néant	/	/

#### Recherche de hauts-fonds, brisants et récifs

Nature Nom	Cartes concernées	Position (CM) L et G	Résultat de la recherche	Observations	Décision
Récif Charcot	6285 6100	66°31,1' S 139°54,2' E	Fonds de 1 000 m Avec un 20,5 m au sud-est Pas de récif	Recherché en hélicoptère en 1998	À supprimer, à remplacer par une sonde de 20,5 m
Brisants	6285	66°24,2' S 140°02,9' E	Fonds de 900 m Pas de brisant	A environ 30 km au nord de la base Dumont d'Urville	A supprimer
Haut-fond 27 m	6285 6100	66°28,0' S 140°04,8' E	Fonds de 1 000 m Pas de haut-fond	A environ 22 km au nord de la base Dumont d'Urville	A supprimer
Récif découvrant	6285 6100	66°19,5' S 139°23,6' E	Fonds de 750 m Pas de récif découvrant	A environ 27 km au nord nord-est du Rocher Janet	A supprimer
Haut-fond 36 m	6285	66°24,0' S 139°53,8' E	Recherche non effectuée (2 profils passant à environ 2 km au nord et au sud de cette sonde n'ont rien décelé, fonds de 900 m)	A environ 30 km au nord de la base Dumont d'Urville	/

#### Caractérisation et classement des levés

Levés	Exploration du plateau continental	Exploration le long des côtes de Terre Adélie	Recherches de brisants et hauts-fonds	Exploration au large de Port-Martin
Échelles de traitement	1/100 000	1/50 000	1/5 000	1/20 000
Caractérisation SHOM	<b>Zones incomplètement hydrographiées</b>		<b>Zones raisonnablement hydrographiées</b>	
Classement OHI (PS44)	Malgré une bonne précision de leur positionnement, tous ces levés dits « exploratoires » sont à classer dans l'ordre 3 de la norme des levés hydrographiques de l'OHI. La précision de la position des sondes entre dans la catégorie D (meilleure que 100 mètres). La précision de la sonde entre dans la catégorie F (inférieure à 2 % de la profondeur).			

## 10. TOPOGRAPHIE - SPATIOPRÉPARATION

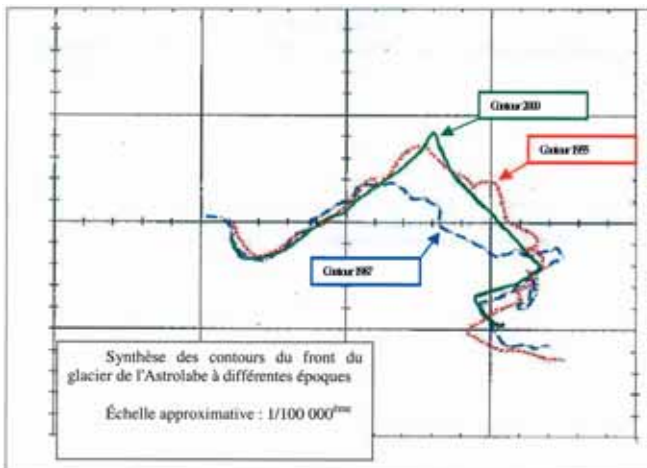
### 10.1 Travaux de topographie

Afin de dessiner sur la future carte, un contour récent du glacier de L'Astrolabe, une pseudo trajectographie a été réalisée par hélicoptère en février 2000.



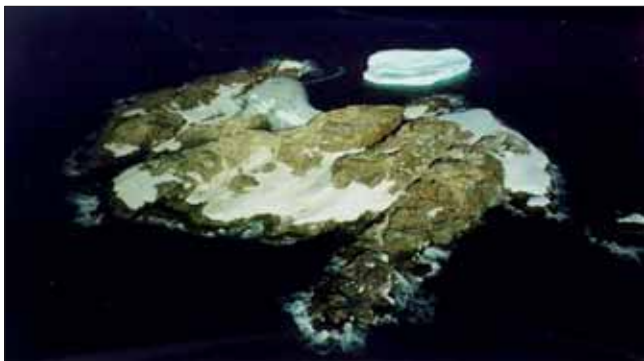
Front du glacier de L'Astrolabe

Le positionnement des bords et du front du glacier a été réalisé en GPS naturel, recalé en temps différé par les corrections (d L et d G), déterminées simultanément sur un point connu de l'île des Pétrels. Le schéma suivant récapitule ce positionnement ainsi que les contours anciens.



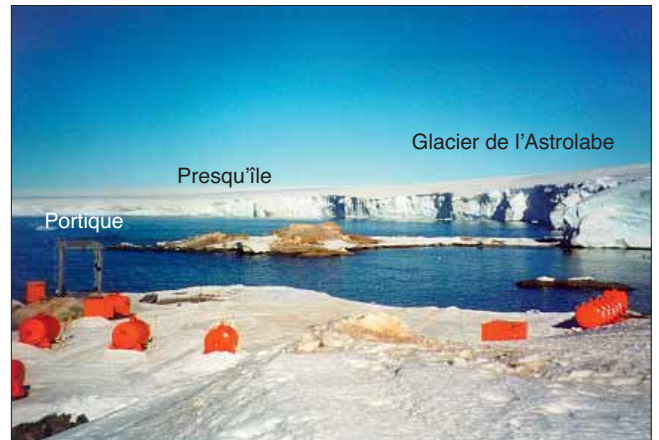
Par ailleurs, deux détails topographiques portés sur la carte 6285, ne sont pas conformes à la réalité terrain :

- l'île Ifo est constituée d'un seul bloc et non de trois, comme représentés actuellement sur la carte ;



Nord-ouest / île Ifo / 200 m d'altitude

- aux abords du cap Prud'homme, l'îlot se trouvant au SSE du cap à 170 m, est relié au continent par un socle rocheux non submergé d'environ 30 m de large et forme par conséquent une presqu'île (voir photo), ce détail n'a pas été décelé sur la scène SPOT car la presqu'île était recouverte de glace au moment de l'enregistrement de l'image.



Nord-ouest / cap André Prud'homme / 500 m



La base du cap Prud'homme, au départ des raids vers la station Concordia

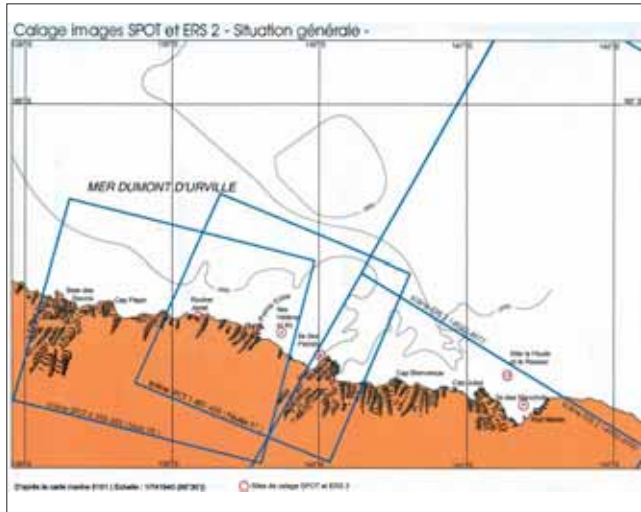
- d'autre part, au cours des transits le long des côtes, on aperçoit souvent, au raz de l'eau la roche sur une épaisseur de quelques mètres, sous la bordure de la calotte glaciaire (exemple ci-dessous au cap Pépin).



## 10.2 Travaux de calage d'images satellites

### 10.2.1 Spatiopréparation SPOT

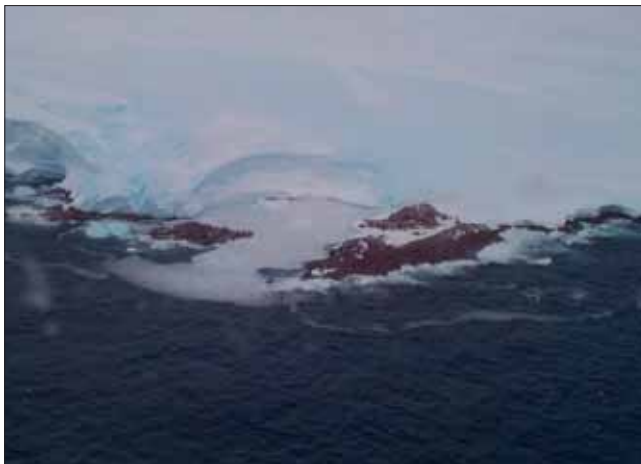
L'un des objectifs du détachement était la spatiopréparation, à partir de plusieurs zooms préparés en concertation avec le BTI (bureau traitement d'images), concernant deux scènes SPOT (n°4 398-488-mars 98 et n°1 401-488-février 87). L'une d'entre elles (1987), concernant l'archipel de Pointe Géologie, possédait déjà des points de calage déterminés lors de la campagne 95/96 au niveau de l'île des Péterels.



La couverture totale des deux scènes (qui se chevauchent à 50 %) s'étend du glacier du Français à l'ouest, au glacier de L'Astrolabe à l'est.

Parmi les 5 sites de calage envisagés au départ, en raison des mauvaises conditions météorologiques, seulement deux d'entre eux furent retenus pour leur appartenance commune aux deux scènes :

- le rocher Janet



Nord / rocher Janet / 3 000 m (altitude 500 m)

- l'île Ifo

Sur le zoom intéressant les îles Ifo et Hélène, un pixel situé à la pointe NW de l'île Ifo a été identifié et positionné en GPS géodésique. Le contour de cette pointe a également été déter-

miné par quelques points en mode statique - rapide. Compte tenu du temps disponible sur place et de la configuration des lieux (présence d'une banquette de glace presque tout autour de l'île), il n'a pas été possible d'effectuer la trajectographie souhaitée du nord de l'île.

Parallèlement, le point géodésique ancien (IFO excentré) situé sur un des sommets de cette île a fait l'objet d'un rattachement GPS géodésique au système mondial ITRF94.



Exemple de « banquette » de glace entourant les îles

### 10.2.2 Spatiopréparation ERS – Images SAR

Le principe SAR (Synthetic Aperture Radar) est basé sur un système de télédétection actif permettant la détection de reliefs et d'aspérités sur la surface terrestre tout en s'affranchissant de la couverture nuageuse et de l'opacité nocturne. Testé avec succès sur les côtes souvent masquées de la Guyane française, un essai en milieu glaciaire a alors été prévu. Cartographier le milieu littoral inaccessible à l'homme deviendrait alors possible en toutes circonstances moyennant cependant le calage de l'image par quelques points d'appui au sol.

C'est pourquoi, suite à une demande du BTI, afin de pouvoir étudier les premières images radar (SAR) des côtes de Terre Adélie du satellite ERS2, des points de calage ont été identifiés et positionnés sur l'île des Péterels (angles de bâtiments) dans l'archipel de Pointe Géologie ainsi que sur l'île des Manchots dans l'archipel Max Douquet.

Des photographies et des images vidéos ont été recueillies afin d'aider à l'interprétation (voir exemples ci-après).

Un dossier de spatiopréparation, similaire à celui de SPOT a donc été rédigé.

Des détails topographiques exposés à l'ouest (car passage du satellite toujours à l'ouest de la Terre Adélie), ont été décrits.

## 11. SITES GRAVIMÉTRIQUES

Le détachement était également chargé de définir, matérialiser, positionner et niveler des sites gravimétriques (destinés à recevoir un gravimètre absolu et portable) pour le compte de l'EOST. C'est ainsi que 4 sites ont été créés (3 sur l'île des Péterels et 1 sur le continent au cap Prud'homme).

### 11.1 Résultats

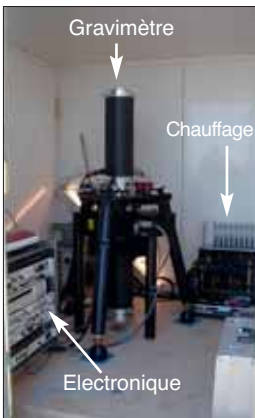
Une fiche géodésique a été rédigée pour chaque point ainsi qu'une fiche de gravimétrie pour le site GRAV zéro (absolu-FG5).



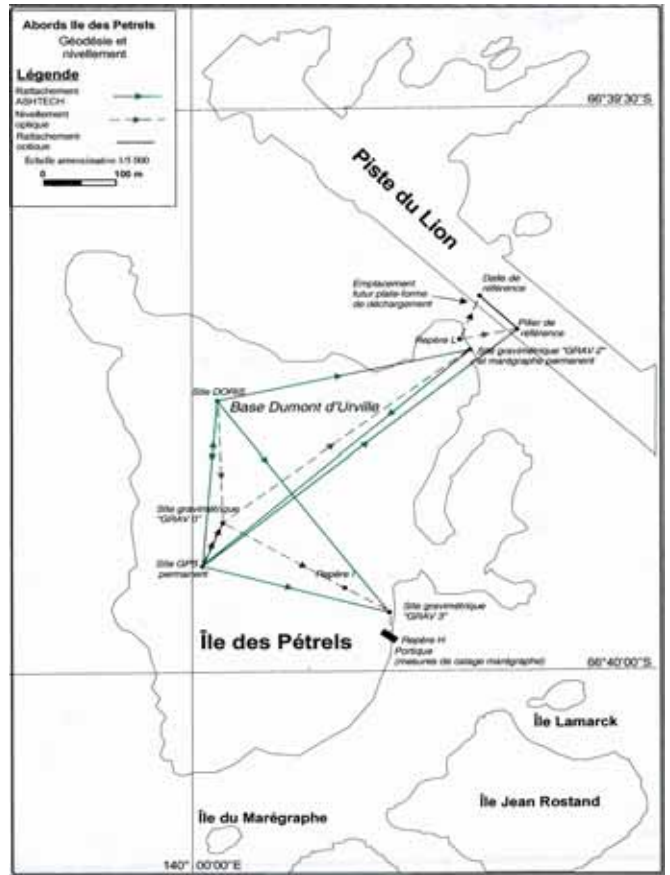
Île des Manchots, versant nord-ouest



Île des Pétrils bâtiment n° 42 (dortoir d'hiver)



Gravimètre absolu en place dans son Shelter thermostaté, points GRAV 0 (zéro) et GRAV1



Sites gravimétriques FG5 sur l'Île des Pétrils (février 2000)



Site gravimétrique GRAV 4 (secondaire) sur le continent au Cap Prud'homme (sous le portique février 2000)

## 12. MARÉGRAPHE PERMANENT (Programme NIVMER)

Le programme NIVMER mis en place dans le cadre du projet WOCE vise à étudier les variations à long terme du niveau moyen dans l'océan Pacifique sud à l'aide d'un réseau (ROSAME) de marégraphes installés dans les îles subantarctiques, en Terre Adélie, en Australie et en Nouvelle Zélande.

La France, par l'intermédiaire de l'IRD de Nouméa et du SHOM, est partenaire dans ce projet.



Capteur du marégraphe permanent

Un marégraphe permanent de type Mors (modèle DP060-2 à quartz) est installé en Terre Adélie, sur l'île des Péterels, depuis 1997.

### 12.1 Rattachement

Cependant, cet appareil dont les mesures sont envoyées en temps réel (toutes les 30 minutes) en France (institut de mécanique de Grenoble) via ARGOS, n'était jusqu'à présent pas rattaché à un référentiel mondial ni aux niveaux locaux (zéro hydrographique et zéro des altitudes).

L'équipe SHOM 99/2000 a donc procédé au calage et au rattachement de cet appareil. Il n'est pas installé à l'endroit prévu en 1996, le socle ayant été arraché par les glaces, mais à proximité du local « pompe à eau de mer » qui en abrite d'ailleurs l'électronique.

En arrivant début janvier, « l'englaçage » du site autour du capteur du marégraphe ne permettait pas d'effectuer de mesures (banquise de 3 mètres d'épaisseur).

En attendant la fonte de la glace, un repère de nivellement installé à proximité depuis 1996 fut rattaché à l'ellipsoïde de référence (GRS 80, système mondial ITRF94-EPOCH 95.1) par nivellement optique depuis un repère intermédiaire et contrôlé par nivellement GPS géodésie.

### 12.2 Calage

Dès que le site fut déglacé, (en forçant légèrement la nature à l'aide de pioches et de saumure), fin janvier, le plongeur de l'IFRTP installa un « sabot » immergé, destiné à recevoir une mire à graduation centimétrique afin de réaliser des mesures précises de calage (l'utilisation d'une sonde lumineuse n'étant dans ce cas pas possible et de toute façon moins précise).

Malheureusement, le capteur du marégraphe fut endommagé (coupure du câble) le 28 janvier 2000, par la dérive de gros « glaçons » dans le chenal. Ce n'est qu'au 14 février que le capteur, réparé par le service technique de l'IFRTP, fut remis en place en plongée. Afin de parvenir à effectuer le calage durant les dix jours restants avant le départ. La décision de programmer l'acquisition du marégraphe à 5 minutes fut prise mais empêcha de ce fait la transmission instantanée des données en métropole.

A l'occasion de cette réparation, l'extrémité du tube d'alimentation de la centrale de désalinisation fut consolidée par l'adjonction de blocs de béton par hélicoptère. L'équipe SHOM apporta son « aide nautique ».

La précision du résultat du calage est de +/- 0,7 cm.

Le calage en heure, du marégraphe et de la montre de l'opérateur, était vérifié avant chaque série de mesures.

Avant et après les problèmes du capteur, des séries de mesures ont été effectuées pour caler les marégraphes du SHOM situés à proximité immédiate.

Sans nécessiter une précision de calage aussi grande, ces appareils qui ont fonctionné du 7 au 28 janvier et du 28 janvier au 02 mars 2000 ont néanmoins été calés avec des écarts types respectifs de 2 et 1 cm. La période commune avec le marégraphe permanent est longue et les mêmes mesures pourraient donc servir à le caler moyennant un accès aux valeurs (qui ne sont pas archivées à la base Dumont d'Urville).

Il faudra alors considérer deux périodes. En effet, le capteur du marégraphe permanent a pu prendre une place différente à 2 ou 3 centimètres près lors de sa réinstallation dans le réceptacle en béton scellé sur le fond (graviers, dévers,...).

Les paramètres de pression, température et densité ont été mesurés durant toute la période.

Les effets de la température sur le quartz du marégraphe sont corrigés en permanence par la température de l'eau de mer mesurée au capteur. Des vérifications au thermomètre seau ont été effectuées durant les calages (moyenne de -1,5°C).

Remarque : La variation de la densité (eau plus ou moins douce), ainsi que celle de l'épaisseur de la banquise, tout au long de l'année doit contribuer à modifier légèrement la pression de la colonne d'eau au niveau du capteur et de ce fait fausser un peu les mesures.

### 12.3 Résultats des rattachements

Compte tenu de ces éléments et uniquement durant la période de calage, (du 14 au 27 février 2000), le zéro instrumental (électronique) du marégraphe permanent était situé, par rapport aux niveaux principaux, aux valeurs récapitulées dans le tableau page suivante.

### Rattachements du marégraphe permanent

	Ellipsoïde mondial GRS80	Zéro hydrographique (Dumont d'Urville piste du Lion)	Zéro des altitudes EPF52 assimilé au niveau moyen	Site de gravimétrie absolue (GRAV zéro-FG5)	Observation
Cote du zéro instrumental du marégraphe permanent	- 49,52 m	- 4,77 m	- 5,95 m	- 41,87 m	Précision +/- 1 cm

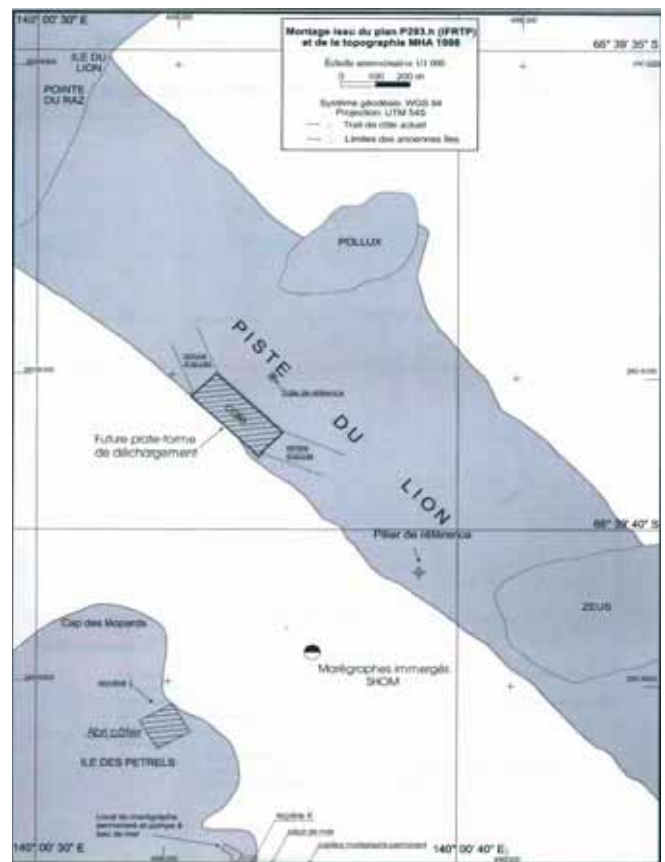
Les repères ayant servi aux rattachements sont décrits dans la fiche d'observatoire de marée « Dumont d'Urville - piste du Lion MHA du 09 mars 2001 ».

### 13. IMPLANTATION DE LA FUTURE PLATE-FORME DE DÉCHARGEMENT

Afin de fixer les bases de la future plate-forme de déchargement le long de la piste du Lion, nécessaire à *L'Astrolabe* ou à d'autres navires, un nivellement et un positionnement de repères ont été effectués pour déterminer l'axe, l'orientation et les limites de la plate-forme ainsi que le niveau de celle-ci par rapport à celui prévisible de la hauteur maximum de la surface de l'eau.

Le gradient bathymétrique de l'enrochement de la piste du Lion avait été déterminé par le levé effectué en 1998 (minute 99-18-9) à l'échelle 1/1 000<sup>ème</sup>.

Les résultats provisoires de tous les travaux ont été fournis à l'IFRTP en juin 2000 afin de préparer la campagne suivante. Une formation en topographie classique a été dispensée à la MHA à un technicien de l'IFRTP début septembre 2000 afin de pouvoir retrouver rapidement les repères sous la glace en début de campagne 2000/2001 et commencer ainsi les travaux de terrassement.



Site d'implantation de la future plate-forme (janvier - février 2000)



### 14. INFORMATION NAUTIQUE

Étant donné les tirants d'eau des rares navires pouvant fréquenter la zone, les sondes trouvées lors de ces levés n'ont pas fait l'objet d'avis urgents aux navigateurs. Par ailleurs un contrôle de l'état des amers et une actualisation de la documentation nautique ont été effectués.



Travaux sur le marégraphe permanent de la base Dumont D'Urville



Jalonnage en « trimatic » pour la plongée

Plongeur en action (eau à -1,5 °C)

#### 14.1 Instructions nautiques (IN L9)

En concertation avec le chef du district de Terre Adélie (représentant les TAAF mais également chef de la station Météo France de Dumont d'Urville), le responsable des opérations (IFRTP), le responsable de la station radio et le commandant de *L'Astrolabe*, une proposition de mise à jour des *Instructions Nautiques L9* a été faite (voir RP).

Les corrections sont d'ordres scientifiques, hydrographiques, générales ou toponymiques. Elles émanent des remarques formulées par les principaux intéressés à la lecture de l'ouvrage L9.

Elles ne remplacent pas mais complètent les corrections proposées dans les rapports précédents.

#### 14.2 Pilote de Terre Adélie

Le *Pilote de Terre Adélie* est un document rédigé par Paul-Émile Victor dans les années 60. Il a servi de socle à l'élaboration du chapitre concernant la Terre Adélie dans les IN L9, en 1963. Il reste une des deux références nautiques historique en la matière. Le SHOM en détient un exemplaire.

A part une mise à jour toponymique, la suppression des brisants et quelques détails, il y a peu de corrections à apporter au *Pilote de Terre Adélie*.

Cependant, tous les extraits de cartes mentionnant des sondes seraient à remplacer par des planches à jour.



Extrait du Pilote de Terre Adélie

Dans l'archipel de Pointe Géologie, l'arasement des îles et îlots à l'emplacement de la piste du Lion a complètement modifié les vues de côte pour l'atterrissage ... des navires (en moyenne, un seul petit avion par an se pose sur la piste).

Une prise de vue du rocher Janet a été réalisée en mars 2000 à un nautique de la côte, elle figure dans le dossier de spatiopréparation SPOT elle complète les planches du Pilote.

### 14.3 Cartes marines

Les éléments modifiant les cartes marines en service ont été reportés sur les cartes renseignées.

### 14.4 Balisage

Les balises matérialisant les axes des voies recommandées définies en 1998 ont beaucoup souffert des conditions climatiques polaires.

A Port-Martin, le seul amer artificiel, (mât de pavillon) figurant sur la carte marine et encore présent en 1998 a disparu en 2000.

Le RP dresse un inventaire de ces amers et de leur état à l'époque du levé.

En concertation avec le CDT de *L'Astrolabe* et le chef des opérations IFRTP, des priorités de réfection du balisage ont été définies :

1 sur le rocher du Débarquement où il n'y a plus de repère pour effectuer les relèvements précis, d'approche à la voie d'accès à la base Dumont d'Urville,

2 sur le récif Amélie où la balise matérialisait l'axe et le relèvement constant pour l'accès au cap Prud'homme.

De conception « maison », un ensemble composé de deux « spival », (pilotis de construction métallique), surmonté d'un axe fin destiné à une bonne visée et possédant un « pas de vis » adapté à une antenne GPS, un prototype de balise a été confectionnée pour le rocher du Débarquement (sa couleur et sa forme n'ont rien à voir avec le système conventionnel mais sont adaptées à la spécificité du milieu et la visibilité). Elle sera fixée lors d'une opportunité météo (accès uniquement possible en hélico).

Celle du récif Amélie sera du même modèle, mais ne sera mise en place que pendant les campagnes d'été, elle sera démontée en fin de campagne afin d'éviter sa destruction systématique, à chaque hiver par la banquise.



Prototype de balise « spéciale Terre Adélie »



Reconnaissance du site sur le rocher du Débarquement

## 15. DOCUMENTS RÉDIGÉS – DONNÉES PRODUITES

### 15.1 Documents graphiques

#### 15.1.2 Bathymétrie

- Les documents bathymétriques rédigés pour ce levé sont :
- 16 documents graphiques de bathymétrie allant de l'échelle 1/20 000<sup>ème</sup> à l'échelle 1/500 000<sup>ème</sup> ;
  - 1 document graphique de recherche au 1/20 000<sup>ème</sup> ;
  - 3 cartes renseignées.

#### 15.1.3 Documents divers

- 15 fiches géodésiques ;
- 2 fiches d'observatoire de marée ;
- 1 fiche de gravimétrie ;
- 2 dossiers de spatiopréparation (dont une K7 vidéo pour aider à l'interprétation des images radar ERS2) ;
- le projet de fiche de levé ;
- la carte marine 6100, utilisée par les commandants de *L'Astrolabe* depuis 6 ans et comportant des annotations et sondes « précieuses » mesurées lors des différents transits le long des côtes, a été confiée au détachement afin qu'il la fasse parvenir à l'EPSHOM.

### 15.2 Données numériques - métadonnées

Les données numériques bathymétriques représentant 14 017 sondes validées, ont été livrées en deux lots afin de séparer le positionnement en GPS naturel de celui en GPS différentiel.

## 16. TRAVAUX HYDROGRAPHIQUES RESTANT A EFFECTUER EN TERRE ADÉLIE

Afin d'entretenir et faire progresser la connaissance scientifique en Terre Adélie, il conviendrait d'y poursuivre l'hydro-

graphie car plusieurs programmes d'océanographie commencent à se développer.

En effet, si les axes principaux des accès à la base Dumont d'Urville sont maintenant assez bien connus ainsi que l'accès à Port-Martin, compte tenu de la spécificité des navires pouvant fréquenter la zone, les autres sites, intéressant les scientifiques (principaux caps, proximité des glaciers,...), sont loin de présenter les garanties nécessaires en matière de sécurité de la navigation, l'analyse des besoins doit donc être poursuivie en liaison avec l'IFRTP et les TAAF.

## 17. CONCLUSION

*L'Astrolabe* qui manœuvre avec une grande habileté pour sonder au milieu des icebergs énormes, les nivellements et mesures géodésiques à travers les rookeries (seuls espaces non englacés), sous les piqués des skuas, la compétence et le soutien permanents des équipes de l'IFRTP ainsi que le dévouement du personnel des TAAF resteront une expérience inoubliable vécue par les deux détachements de la mission hydrographique de l'Atlantique et certainement une de leurs campagnes hydrographiques les plus enrichissantes.



*Berg dans le couchant ou tabulaire 1*



*Aperçu général des sondages réalisés au cours de ce levé*

À l'issue de cette dernière campagne contemporaine du SHOM en Terre Adélie, les deux commandants de *L'Astrolabe*, Yvon Guédes et Gérard Daudon, fortement impliqués dans les travaux hydrographiques ont été proposés pour recevoir le bouton du SHOM.

Cette distinction leur a été remise le 14 septembre 2004 lors d'une cérémonie à Brest.

Au regard des instructions techniques prescrites, les travaux restant à effectuer sont listés dans le tableau ci-après.

Depuis une cinquantaine d'années les ornithologues, glaciologues et autres scientifiques français se sont intéressés aux parties émergées de la Terre Adélie mais les biologistes et les océanographes de tous horizons veulent maintenant en explorer le domaine sous-marin.

Durant la campagne 99-2000, les plongeurs du centre océanologique de Banyuls (CNRS) équipés d'un ROV de fabrication irlandaise mis en œuvre par une société australienne, ont rapporté des images montrant l'étonnante richesse de la

Types de travaux	Zone	Description	Remarques
<u>Bathymétrie</u> Levé exploratoire du plateau continental	Large Terre Adélie	Compléments profils sur méridiens est 136 et 137	Intérêt hydrographique moindre
Reconnaissance de l'isobathe 200 m	Large glacier de <i>L'Astrolabe</i>	Terminer la reconnaissance des sondes isolées inférieures à 200 m Faire un profil longitudinal de contrôle	Préciser la « fin » des fonds de 200 m au nord de la Terre Adélie Infirmier le rattachement de ce plateau aux côtes adéliennes
Levé des abords de l'archipel de Pointe Géologie	Abords rocher du Débarquement	Poursuivre l'étude des fonds inférieurs à 40 m et assurer la jonction entre les deux zones (&5.1)	Rendre l'accès à la base Dumont d'Urville totalement sûr mais zone encombrée en permanence par des icebergs échoués Pour découvrir de nouvelles structures
Levé de reconnaissance le long des côtes	Côte ouest  Côte est	Poursuivre au delà du cap Pépin et resserrer progressivement Préciser les abords nord-est des îlots la houle et le ressac	Pour rendre plus sûre la sortie de Port-Martin vers l'est L 66°24,0' S G 139°53,8' E
Recherches de hauts- fonds et brisants	Nord rocher du Débarquement	36 m	
<u>Géodésie</u> Pointe Alden Cap Pépin	/	/	Achever de rattacher la partie est de la Terre Adélie au système mondial afin d'étudier les variations de niveaux
<u>Topographie</u> Spatiopréparation	Du Cap Pépin à la Pointe Ebba	Calage scène SPOT 4 398 488	Sauf opportunité sur le terrain calage pas nécessaire
<u>Marégraphie</u>	Dumont d'Urville et Port-Martin	Observer la marée à DDU et le long des côtes de Terre Adélie	Pour pouvoir continuer le calage du marégraphe permanent et mieux définir le niveau moyen

faune et de la flore de ces eaux et cela juste au pied du glacier de *L'Astrolabe*.

Des campagnes de pêche sont également prévues prochainement.

Compte tenu des projets existants au sein de la communauté scientifique européenne et mondiale, il apparaît primordial que le SHOM reste associé à l'aventure hydro-océanographique en Terre Adélie et aux abords du continent Antarctique.

Les acteurs humains de ce levé au cours des deux campagnes



*MP Loïc Le Hir en compagnie de manchots Adélie  
(Dumont d'Urville - janvier 1999)*



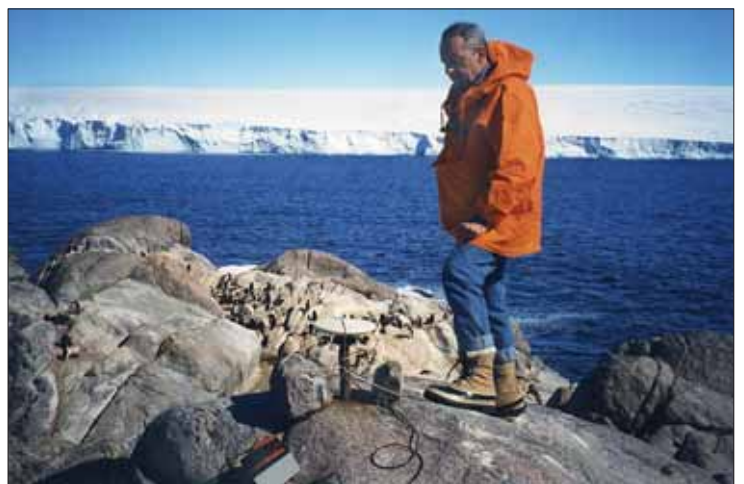
*Le MP Frédéric Pinguet au cap Bienvenue( décembre 1998)*



*Didier Belleoud, notre aide hydrographe occasionnel en 2000 et  
médecin de la 50<sup>ème</sup> expédition en Terre Adélie,  
à côté du buste de PEV (Paul-Émile Victor)*



*Le MJR Hervé Thomas en « aide scaphandrier »  
(Dumont d'Urville - février 2000)*



*Le MJR Hervé Thomas sur l'île d'Ifo  
(spatiopréparation par moins 10°C - février 2000)*



*Le MJR Thomas et le MP Bénéteau cassent la glace pour accéder au repère de nivellement (Dumont d'Urville – février 2000)*



*Le MP Bénéteau à Port-Martin, sur l'ancienne base ensevelie sous 5 m de glace (janvier 2000)*



*Le MP Didier Bénéteau en nivellement sur l'île des Pétrels (février 2000)*

**Les autres acteurs : pas de flore terrestre en Terre Adélie, mais une faune variée**



*Jeunes manchots empereurs, encore dans la manchotière (décembre 1998)*



*Manchots Adélie intrigués par l'antenne GPS*



*Skua guettant un bébé manchot en difficulté pour en faire son déjeuner*



*L'insouciance d'un jeune phoque de Weddell, loin des chasseurs arctiques!*



*Manchots Adélie dans le soleil « rasant » en fin d'été austral (mars 2000)*



*Manchot Adélie construisant son nid de pierre (mars 2000)*

Clichés insolites



*Monstres d'acier remorquant le Raid sur 1 100 km, du Cap Prudhomme à la station Concordia, (février 2000)*



*L'hélicoptère, outil indispensable (février 2000)*



*à 2 m au-dessus de l'eau et à 40 m au-dessous de la surface du glacier de L'Astrolabe*



*Antenne GPS dans son « cocon de glace », base Dumont d'Urville (février 2000)*



*Les deux seules cabanes de Port-Martin restées debout (janvier 2000)*



*L'Astrolabe à quai à la base Dumont d'Urville*



*La base Dumont d'Urville, avant de s'endormir pour le long hiver austral (mars 2000)*