

GUIDE DES BOUÉES DE MESURE DÉRIVANTES

AVANT-PROPOS

A sa quatrième session (Genève, 11-20 novembre 1985), lors de l'examen des futures publications relatives au SMISO, le Comité de travail mixte COI-OMM pour le Système mondial intégré de services océaniques (SMISO) a été d'accord pour estimer qu'il faudrait établir un guide des procédures opérationnelles de collecte et d'échange de données océanographiques au moyen de bouées dérivantes, en prenant pour modèle la version révisée, mise au point conjointement par la COI et l'OMM, du Guide des procédures opérationnelles de collecte et d'échange de données océanographiques (BATHY et TESAC) (Guide n° 3 de la série des Manuels et guides de la COI) ; ce document reprendrait les informations figurant déjà dans le Guide des services de localisation et de collecte de données utilisant le Service Argos (Rapport n° 10 de la série des rapports sur la météorologie maritime et les activités océanographiques connexes de l'OMM), mais il aurait une plus vaste portée, dans la mesure où l'on y donnerait toutes les précisions sur la transmission des données recueillies au moyen de bouées dérivantes, leur introduction dans le SMT et leur archivage. Il a en outre été décidé que cette tâche serait entreprise conjointement par le Comité de travail mixte pour le SMISO, le Comité de travail de la COI sur l'IODE et le Groupe de coopération pour la mise en oeuvre des programmes de bouées dérivantes (DBCP) qui venait d'être créé.

L'établissement du guide a été confié à M. G. Hamilton, chef de la Division des systèmes de données du National Data Buoy Centre des Etats-Unis d'Amérique, qui a été nommé rapporteur et qui a aimablement accepté de se charger de cet important travail.

Le Guide des bouées de mesure dérivantes se propose de fournir aux communautés météorologiques et océanographiques du monde des informations à jour sur les caractéristiques techniques des bouées dérivantes, sur leur mise en oeuvre ainsi que sur la télémesure, le traitement et la diffusion des données recueillies par les bouées. Il devrait éclairer les pays qui n'utilisent pas encore ce type de technologie dans l'observation des océans et se demandent s'il correspond à leurs besoins.

Nous saisissons cette occasion pour remercier, au nom de la COI et de l'OMM, M. Hamilton des efforts et du temps qu'il a bien voulu consacrer à la préparation de ce guide.

T.D. Potter,
pour le Secrétaire général de l'OMM

M. Ruivo,
Secrétaire de la COI

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION.	1
2. CADRE GENERAL	1
2.1 Historique des bouées dérivantes	1
2.2 Expériences et opérations menées à l'échelle internationale et par les Etats membres.	2
2.3 Responsabilité des organismes internationaux.	3
3. MATERIEL DES BOUEES DERIVANTES.	4
3.1 Corps de la bouée.	4
3.2 Capteurs	5
3.3 Equipement électronique.	8
3.4 Ancres flottantes.	9
4. MISE EN OEUVRE DES BOUEES DERIVANTES.	10
4.1 Soutien logistique	10
4.2 Techniques de mise à l'eau	11
5. TELEMESURE, TRAITEMENT ET DIFFUSION DES DONNEES	14
5.1 CLS/Service Argos.	14
5.2 Terminaux locaux d'utilisateurs (LUT).	19
5.3 Disponibilité des données en temps réel.	20
5.4 Qualité des données.	21
5.5 Archivage des données.	24
6. COUT DE L'EXPLOITATION DES BOUEES	27
6.1 Matériel	27
6.2 Soutien logistique et mise à l'eau	27
6.3 Traitement des données	28
 ANNEXES	
I Références.	29
II Description des programmes de bouées exécutés par les pays membres.	31
III Points de contact nationaux désignés par les Etats membres pour les programmes de bouées dérivantes.	61
IV Liste des sigles/abréviations	65

1. INTRODUCTION

La compréhension que nous avons de l'océan et du milieu marin ainsi que du rôle qu'ils jouent dans les mécanismes météorologiques et climatiques, est en relation directe avec les moyens dont nous disposons pour observer leur structure et leurs variations. Bien que les méthodes traditionnelles nous aient dans le passé permis d'obtenir des mesures d'une précieuse utilité des paramètres marins, la nécessité croissante où nous sommes de disposer de données en temps réel, ou quasi réel pour l'ensemble de la planète, nous oblige à exploiter au maximum tous les progrès technologiques réalisés dans le domaine des capteurs, des plates-formes, des systèmes d'observation et de la télémésure.

Les faits témoignent abondamment des progrès accomplis en matière de systèmes de prévision numérique. Toutefois, l'amélioration de la prévision opérationnelle risque fort d'être considérablement freinée par l'insuffisance des données recueillies actuellement et la médiocre qualité de certaines d'entre elles.

Les bouées dérivantes ont beaucoup contribué, lors de la Première expérience mondiale du GARP (PEMG), à améliorer l'analyse et la prévision du temps dans les régions marines pour lesquelles les données sont rares et ont à nouveau démontré leur efficacité à l'occasion d'expériences et opérations plus récentes. La question de l'utilisation des bouées dérivantes à l'appui des services de météorologie maritime est traitée dans le document cité à l'Annexe I sous le numéro 8. Les données recueillies par les bouées dérivantes offrent en outre ce précieux avantage qu'elles révèlent la répartition des courants de dérive et l'ampleur de leurs variations. Les bouées dérivantes jouent donc un rôle capital dans l'étude de la circulation océanique.

Le nombre, l'utilisation et les capacités des bouées dérivantes continuent de se développer et des programmes opérationnels de contrôle de qualité commencent à se mettre en place. CLS/Service Argos a maintenant établi un centre de traitement Argos pour les Etats-Unis d'Amérique, afin d'accélérer la livraison des données aux usagers. Le fait que les bouées dérivantes remplissent un rôle de plus en plus important du point de vue tant des océanographes que des météorologistes et le développement de la coopération au sein de la communauté des sciences de l'environnement ont conduit à la création du Groupe de coopération pour la mise en oeuvre des programmes de bouées dérivantes. Le Comité de travail mixte COI/OMM pour le SMISO et le Comité de travail de la COI sur l'IODE ont été d'accord pour considérer qu'il fallait entreprendre, en collaboration avec ce dernier, l'élaboration d'un guide des techniques de gestion, de traitement et d'archivage des données recueillies par les bouées dérivantes. Sans faire double emploi avec le Guide des services de localisation et de collecte de données utilisant le Service Argos (Rapport n° 10 de la série des rapports sur la météorologie maritime et les activités océanographiques connexes de l'OMM (7)), le guide envisagé était censé reprendre le contenu sous forme résumée, avec les mises à jour nécessaires, et s'y référer en tant que de besoin. Nous nous sommes efforcés ci-après de nous conformer à ces exigences.

2. CADRE GENERAL

2.1 HISTORIQUE DES BOUEES DERIVANTES

Les premières mesures opérées à l'aide de bouées dérivantes dont l'histoire fait état eurent pour auteur Léonard de Vinci (1452-1519), qui cherchait à déterminer la vitesse de l'eau dans les rivières. Il s'agissait d'un dispositif simple consistant en une tige lestée et un flotteur, qu'il lâcha dans un cours d'eau et dont il mesura le déplacement en aval après un laps de temps donné. Il parvint ainsi à obtenir suffisamment de données pour calculer le débit réel du cours d'eau.

Les bouées dérivantes ont maintenant un long passé dans le domaine de l'océanographie, où elles ont été utilisées surtout pour mesurer les courants ; toutefois, leur emploi a pâti de la difficulté qu'il y avait à les suivre.

L'apparition de systèmes fiables de satellites comme NIMBUS et EOLE, qui sont capables de suivre les plates-formes de surface à l'échelle de la planète, a ouvert des possibilités inégalées de mesure des courants océaniques profonds et des paramètres de l'environnement. Au cours des 10 dernières années, la technologie des satellites a connu un développement tel que l'on peut aujourd'hui, à l'aide de plates-formes équipées de matériel électronique relativement bon marché, obtenir des séries continues de données en temps réel.

Avec le lancement, à la fin de 1978, du satellite TIROS-N, il est devenu possible de mouiller de vastes réseaux opérationnels de bouées dérivantes transmettant leurs messages par l'intermédiaire du système Argos. Actuellement, les réseaux du type de celui qui a été mis en place dans l'hémisphère austral pour les besoins du Programme sur les océans tropicaux et l'atmosphère globale (TOGA) continuent de fonctionner par l'intermédiaire du système Argos et fournissent des données à des fins tant pratiques que scientifiques. Les bouées dérivantes mises au service de TOGA sont beaucoup plus fiables que les dispositifs dérivants utilisés dans le cadre de la PEMG.

2.2 EXPERIENCES ET OPERATIONS MENEES A L'ECHELLE INTERNATIONALE ET PAR LES ETATS MEMBRES

Le Programme sur les océans tropicaux et l'atmosphère globale (TOGA) et l'Expérience sur la circulation océanique mondiale (WOCE) font partie du Programme mondial de recherches sur le climat (PMRC). Ce dernier a été créé par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Conseil international des unions scientifiques (CIUS), en vue de déterminer dans quelle mesure il est possible de prévoir le climat et jusqu'à quel point l'homme influe sur lui. Etant donné le rôle de l'océan dans les variations climatiques, la Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'Unesco et le Comité scientifique de la recherche océanique (SCOR) du CIUS ont été à leur tour amenés à participer au PMRC.

2.2.1 Programme sur les océans tropicaux et l'atmosphère globale

Trois objectifs scientifiques ont été assignés à ce programme, à savoir : (a) décrire les océans tropicaux et l'atmosphère du globe en tant que système variable en fonction du temps, afin de déterminer dans quelle mesure ce système est prévisible sur des périodes allant de quelques mois à plusieurs années, et comprendre les mécanismes et les processus qui sont à la base de sa prévisibilité ; (b) étudier la possibilité de modéliser le système couplé océan-atmosphère aux fins de la prévision de ses variations ; et (c) établir les bases scientifiques de la conception d'un système d'observation et de transmission des données pour la prévision opérationnelle, si cette possibilité est démontrée par les modèles.

Les dispositifs dérivants sont employés surtout parce qu'ils permettent de recueillir des données dans des zones écartées où les navires ont rarement l'occasion de passer et d'obtenir des informations sur la circulation océanique profonde. Les systèmes de bouées dérivantes contribuent de manière irremplaçable à alimenter le programme TOGA en données sur la pression en surface, la température de l'air en surface, la température de la mer en surface et les courants proches de la surface.

2.2.2 Expérience sur la circulation océanique mondiale

L'expérience WOCE, qui est en cours de planification, consistera en une étude de la répartition des variables océaniques à l'échelle du globe, qui conduira à une amélioration sensible des estimations relatives à la circulation océanique mondiale. Il s'agit de recueillir un ensemble de données tel que la WOCE

soit à la circulation océanique ce que la PEMG a été à la prévision météorologique. Cette série de données sera utilisée pour stimuler l'élaboration des modèles dont on a besoin pour prédire les changements climatiques.

Pour faire tourner les modèles de la circulation océanique, il faut, entre autres, des données sur : (i) la topographie des fonds marins, considérés comme limite inférieure du système ; (ii) la répartition des vitesses, des températures, de la salinité et d'un certain nombre de substances chimiques, considérées comme paramètres de départ, et (iii) la structure générale des flux, variables suivant les saisons, de quantité de mouvement, d'énergie, d'humidité et de gaz à l'interface océan-atmosphère, qui caractérisent la limite supérieure du système.

Les bouées dérivantes fourniront des données d'une précieuse utilité pour la WOCE. Elles comprendront des flotteurs en eau profonde suivis par des moyens acoustiques, des bouées dérivantes à flottabilité neutre, qui remontent en surface pour émettre en direction des satellites, et des bouées dérivant en surface.

2.2.3 Activités nationales

On trouvera la description des programmes des pays membres à l'Annexe II du présent document.

2.3 RESPONSABILITE DES ORGANISMES INTERNATIONAUX

A sa trente-deuxième session (1980), le Conseil exécutif (alors dénommé Comité exécutif) de l'OMM a décidé, compte tenu des excellentes conditions dans lesquelles s'était déroulé le programme de bouées dérivantes durant l'année opérationnelle de la PEMG, de charger le Secrétaire général de faire exécuter les études nécessaires en vue de l'intégration à court ou à long terme des bouées dérivantes au sein du Système mondial d'observation de la Veille météorologique mondiale (VMM). Il a été unanime à estimer qu'il fallait entretenir et stimuler encore l'enthousiasme et la dynamique suscités par l'emploi des bouées dérivantes au cours de la PEMG. Il a noté en outre qu'à sa onzième session le Conseil exécutif de la COI avait reconnu l'extrême utilité que les bouées dérivantes présentaient pour les services océanographiques et les programmes de recherche.

La coordination et la coopération internationales ont donc été encouragées dans un certain nombre de domaines, entre autres :

- (i) Echange d'informations concernant l'évolution des bouées dérivantes et leurs applications.
- (ii) Echange de données opérationnelles.
- (iii) Dialogue international entre les communautés océanographiques et météorologiques concernant l'exploitation des bouées à des fins aussi bien scientifiques qu'opérationnelles, compte tenu des intérêts de tous les groupes d'utilisateurs, nombreux ou non.
- (iv) Etude des incidences juridiques de différents aspects de l'utilisation des bouées - récupération, signalisation, dédouanement, etc. - et coordination dans ce domaine.
- (v) Elaboration d'un système composite pratique d'observation météorologique sur la base de l'expérience acquise au cours de la PEMG.
- (vi) Coordination des contrats concernant le traitement des données (en particulier avec CLS/Service Argos).

L'OMM organise la Réunion sur le Contrat tarifaire global Argos depuis 1981. Depuis 1984, la COI s'est jointe à elle et les deux organisations apportent à cette Réunion tout le soutien administratif et autre voulu. Ce contrat a entraîné une très nette diminution des tarifs, laquelle a sans aucun doute contribué à la rapide accélération des mouillages de bouées dérivantes à l'appui des programmes de l'OMM et de la COI.

Enfin, des voix s'étant élevées pour réclamer l'instauration d'un mécanisme général de planification et de coordination des activités dans ce domaine, une Réunion préparatoire commune OMM/COI a été organisée en 1985 en vue de mettre au point une action de coopération internationale pour la mise en oeuvre des programmes d'observation par bouées dérivantes à vocation météorologique et océanographique. A sa trente-septième session, en juin 1985, le Conseil exécutif de l'OMM a entériné la recommandation de cette Réunion préparatoire tendant à établir un Groupe de coopération pour la mise en oeuvre des programmes de bouées dérivantes (DBCP). Il a en outre été d'accord pour estimer que la constitution de réseaux de bouées dérivantes au service de la VMM et du PMRC devait être entreprise sans retard et qu'il convenait à cette fin de mettre le DBCP en état de commencer ses travaux. Quant à la COI, elle a depuis longtemps reconnu que les bouées dérivantes sont un instrument extrêmement utile à la réalisation des objectifs du SMISO et des programmes de surveillance continue des océans et, à sa dix-neuvième session (mars 1986), le Conseil exécutif de la COI a décidé de coparrainer le DBCP avec l'OMM.

Le DBCP se réunit une fois l'an, au moment de la Réunion sur le Contrat tarifaire global Argos, qui se tient en général dans la deuxième quinzaine du mois d'octobre.

3. MATERIEL DES BOUEES DERIVANTES

Le matériel doit absolument faire l'objet d'un contrôle de qualité rigoureux. Cela vaut pour tous les instruments embarqués sur les bouées (capteurs, processeurs, émetteurs, etc.). Découvrir une défaillance grave juste avant le mouillage peut coûter très cher et faire perdre beaucoup de temps ; en tout état de cause, toute défaillance à ce stade est à considérer comme grave. Les pannes qui se déclarent peu après le mouillage coûtent encore plus cher, parce que d'ordinaire elles rendent l'accès aux données impossible soit matériellement (pannes d'émetteur), soit économiquement, dans la mesure où son coût est alors supérieur à celui de la bouée elle-même.

3.1 CORPS DE LA BOUEE

La forme du corps d'une bouée dérivante dépend en premier lieu des fins auxquelles celle-ci est destinée. Si elle doit servir à l'acquisition de données de météorologie maritime en temps réel, il importe que l'antenne se maintienne au-dessus de l'eau pour émettre dans les meilleures conditions possibles en direction du satellite. C'est pour cette raison que le corps de la plupart des bouées utilisées dans le cadre de la PEMG était de type simple à perche et collier de flottaison. Il convient aussi, entre autres critères, de prévoir un profil bas, pour réduire au minimum la force d'entraînement du vent et la traînée exercée à la surface sur la partie inférieure de la bouée de manière à ce que celle-ci subisse le moins possible les effets des courants de surface, lorsqu'elle est équipée d'une ancre flottante. Le corps des bouées consiste généralement en une coque de fibre de verre ou d'aluminium remplie de polyuréthane. L'alimentation en énergie est traditionnellement assurée par des batteries alcalines, au manganèse ou au lithium. On trouvera la description des bouées utilisées par différents pays dans les actes de la Conférence technique de l'OMM sur l'automatisation des observations marines et de la collecte de données océanographiques (6).

Le largage par avion est un moyen de mouillage souple et rapide, mais qui pose des problèmes avec les bouées de dimensions habituelles. En effet, la trappe de parachutage doit normalement être ouverte en vol et cela peut être dangereux par mauvais temps. On s'oriente vers la fabrication d'une bouée de la taille des Sonobuoy, qui serait en mesure d'accomplir un grand nombre des tâches confiées aux bouées de grandes dimensions. Une Sonobuoy est une bouée équipée pour détecter les sons sous l'eau et les transmettre par radio. Avec la mise au point d'une bouée qui aurait exactement la forme et les dimensions d'une Sonobuoy ordinaire (soit un cylindre de 15 cm sur 91 cm, largable à partir d'avions équipés à cette fin), le mouillage des bouées dérivantes deviendrait bon marché dans la mesure où il pourrait être associé à d'autres opérations.

On s'est dès les premiers mouillages beaucoup interrogé sur la précision des mesures de courants effectuées par les bouées dérivantes. C'est pour étudier ce problème que le SCOR a récemment créé le Groupe de travail 88, dont le mandat est le suivant :

- (a) Elaborer des procédures permettant de déterminer la capacité de différents systèmes de bouées dérivantes de suivre les courants ;
- (b) Analyser les résultats de l'application de ces procédures obtenus par des chercheurs du monde entier et faire rapport à ce sujet ;
- (c) Se tenir informé des récents progrès scientifiques et technologiques réalisés en matière de bouées dérivantes.

Les études techniques sur les bouées dérivantes ont conduit à un résultat intéressant, à savoir l'élaboration de modèles numériques espace-temps susceptibles de faciliter la conception des systèmes de bouées dérivantes. Ce type de modèles permet de simuler les mouvements du corps d'une bouée et de déterminer les paramètres de construction qu'il est indispensable de prendre en compte pour définir la conception d'ensemble. Il peut également servir à prévoir les mouvements des bouées ainsi que les forces qui s'exercent au sein du système constitué par la bouée, la ligne de suspension et l'ancre flottante.

Les modèles numériques espace-temps permettent de simuler un milieu caractérisé par un train de vagues bidimensionnel unique et régulier ; un vent uniforme et stable ; et un courant stable. Comme le modèle soumet la bouée à un train continu de vagues de hauteur constante - ce qui ne se produit presque jamais en mer -, les mouvements qui animent la bouée et les forces qui s'exercent sur elle sont supposés conservatifs. L'exemple des bouées dont le mouillage s'est opéré dans de bonnes conditions et qui fonctionnent de manière satisfaisante donne à penser que cette hypothèse est correcte.

Lors de ses discussions sur la modélisation numérique du comportement des dispositifs dérivants, le Groupe de travail 88 du SCOR a été d'avis que, bien que les modèles construits à ce jour soient assez élaborés, leur aptitude à rendre compte de la manière dont les bouées dérivantes réagissent sous l'effet des multiples forces qui s'exercent sur elles, n'était pas encore incontestablement établie. Il est possible d'utiliser les mesures du comportement des dispositifs dérivants effectuées en mer dans les conditions réelles, avec un nombre suffisant de résultats fiables, pour tester ces modèles, ainsi que pour définir des principes de construction empiriques.

3.2 CAPTEURS

Les capteurs utilisés sur les bouées dérivantes servent le plus souvent à mesurer la température de la mer en surface et la pression barométrique. Bien que les capteurs de ce type soient en usage depuis plusieurs années et que l'on ait eu l'occasion de se familiariser avec eux, notamment dans le cadre de la PEMG, pour les besoins de laquelle on avait mouillé plus de 300 bouées ainsi équipées, de

nombreuses précautions restent nécessaires de la part des fabricants aussi bien que des utilisateurs de bouées pour que les mesures obtenues soient précises et sûres. Pour mesurer la pression barométrique avec un degré de précision suffisant pour le calcul des vents géostrophiques, il faut porter une minutieuse attention au choix du capteur et à la configuration de la prise d'air. Une précision de 1 hPa sur l'ensemble de la vie d'une bouée reste difficile à atteindre, et encore plus difficile à vérifier.

La mesure de la température de l'eau sur la coque de la bouée près de la surface est assez simple et les techniques courantes donnent une précision de $\pm 0,1$ °C. Un fabricant a rencontré des problèmes de fiabilité, parce que le boîtier du capteur de température était construit dans un matériau qui réagissait électrochimiquement au contact de la coque de la bouée et se corrodait, d'où une réduction de la durée de vie du capteur. D'autres ont évité ce genre de problème en plaçant le capteur de température à l'intérieur de la bouée, en contact thermique avec la coque de métal. La précision réelle des mesures de température effectuées en mer à partir de bouées est difficile à évaluer dans la mesure où les capteurs embarqués sur les bouées ont des constantes de temps différentes et ne sont pas placés à la même profondeur que les autres capteurs classiques.

Les capteurs de température de l'air sont eux aussi opérationnels à présent ; ils sont utilisés sur les bouées du réseau TOGA dans l'hémisphère Sud et l'expérience montre qu'ils sont sûrs et précis.

Un important travail de mise au point a été consacré aux systèmes de mesure de la température de l'eau au-dessous de la surface, qui sont désormais censés fonctionner de manière sûre durant plusieurs mois. La principale difficulté consiste à préserver l'étanchéité des modules de pression et de température le long de la chaîne. D'autre part, les morsures de poissons sur la chaîne de thermistances peuvent réduire la capacité de mesure du système. Tout cela n'empêche pas que des observations précises ont été faites jusqu'à des profondeurs de 600 m.

La mesure de la vitesse du vent à partir des bouées dérivantes est désormais possible, encore que les capteurs existants ne soient fiables que quelques mois seulement. Ces systèmes ont fait l'objet de vérifications à côté de bouées ancrées et lors d'expériences sur le terrain. Les comparaisons qui ont été effectuées ont montré que les mesures de la vitesse du vent relevées par des bouées dérivantes dans le voisinage d'un ouragan et à partir d'avions cadraient sensiblement (2). Différentes techniques de mesure de la direction du vent sont actuellement opérationnelles, ce qui est important s'agissant des bouées dérivantes utilisées pour la prévision météorologique dans les zones tropicales.

D'après les essais et travaux d'évaluation dont ils ont fait l'objet, les systèmes permettant de mesurer les vagues à partir des bouées dérivantes donnent d'excellents résultats et promettent d'être bientôt opérationnels. Etant donné la similarité quant aux dimensions et aux caractéristiques de pilonnement des bouées dérivantes classiques et des bouées de houle comme Waverider, qui sont actuellement disponibles sur le marché, ces systèmes, qui ont fait leurs preuves sur le terrain, peuvent être aisément adaptés pour utilisation sur bouées dérivantes polyvalentes. Il est possible aussi, le cas échéant, d'utiliser en dérive libre des bouées de houle disponibles sur le marché équipées d'émetteurs de télémétrie.

L'une des principales difficultés que l'on rencontre avec les capteurs embarqués sur bouées dérivantes consiste à déterminer la précision de ces appareils dans les conditions de service normales. Ces bouées sont généralement mouillées dans des zones écartées, où les sources de données traditionnelles utilisables aux fins de comparaison sont fort rares. Les caractéristiques d'échantillonnage des capteurs montés sur bouées se modifient parfois si radicalement entre le moment où la bouée est encore à bord du navire chargé du largage et celui où elle est à l'eau que les comparaisons sont difficiles, même lorsque l'on applique des procédures spéciales. Tel capteur qui fonctionnait parfaitement au

moment du lancement peut accuser une dérive plus ou moins insidieuse dans les mois qui suivent. C'est pourquoi il ne faut, lors de l'élaboration des programmes de bouées dérivantes destinés à des zones écartées, négliger aucune possibilité de se procurer des données permettant de vérifier le fonctionnement des capteurs.

Le tableau 1, qui a été partiellement emprunté au document cité sous le numéro (5) à l'Annexe I et enrichi par le rapporteur, est conçu pour servir de guide des normes de fonctionnement des capteurs. La précision totale du système est celle qu'il est raisonnablement possible de maintenir après le mouillage au moyen d'un programme de contrôle de la qualité des données effectué dans un délai opérationnel. Ces chiffres sont inspirés d'une multiplicité de normes nationales et internationales, modifiées en fonction des résultats des contrôles de qualité opérés sur les données recueillies par les bouées.

L'Appendice D du Rapport final de la première session du Groupe de travail sur les mesures de surface de la Commission des instruments et méthodes d'observation de l'OMM (CIMO), tenue à Munich du 13 au 16 avril 1987, contient les normes de précision applicables aux mesures météorologiques de surface ainsi que des suggestions quant aux caractéristiques de fonctionnement des capteurs correspondants des stations météorologiques automatisées. Ces normes de précision, qui sont légèrement plus rigoureuses que celles que nous proposons dans le tableau ci-après, sont sans doute quelque peu optimistes en ce qui concerne les bouées dérivantes en service depuis de nombreux mois.

Tableau 1

Normes minimales de fonctionnement des capteurs
embarqués à bord des bouées dérivantes
météorologiques de modèle courant

	Gamme de mesure	Résolution	Durée de l'observation	Période d'observation	Précision totale du système
<u>Variables</u>					
Pression barométrique	900 1050 hPa	0,15 hPa	4 s	1-10 mn	± 1 hPa
Température atmosphérique	-40° à 50 °C	0,1°	Continu	Continu	± 1 °C
Température de la mer en sur- face et au- dessous de la surface	- 5° à 35 °C	0,16 °C	Continu	Continu	0,5 °C
Vitesse du vent	0-40 m/s	1 m/s ou 10 %	1 s	10 mn	± 1 m/s ou 10 %
Direction du vent	0-360°	10°	1 s	10 mn	± 15°
Hauteur signi- ficative des vagues	0-20 m	0,1 m	0,67 s	20 mn	± 0,5 m
Période des vagues	2-20 s	1 s	0,67 s	20 mn	± 1 s

Précision du système. Les chiffres positifs ou négatifs signifient que, dans 99,7 cas sur 100, l'erreur ne dépassera pas la valeur indiquée. Ces degrés de précision concernent le système et portent par conséquent aussi bien sur le traitement des signaux que sur les erreurs de mesure proprement dites. Les différentes fourchettes de précision peuvent paraître très étroites, mais la longue expérience que l'on a de la comparaison des mesures recueillies au moyen de capteurs installés par paires sur des bouées ancrées permet d'affirmer que les chiffres indiqués sont réalistes. La meilleure méthode de contrôle de qualité que l'on puisse utiliser pour les systèmes de mesure automatiques largués dans des milieux marins où les conditions météorologiques sont dures et sur lesquels on ne dispose que de peu de données, consiste à comparer les résultats de plusieurs capteurs identiques montés sur une même plate-forme. Avec les systèmes à capteur unique, la qualité des données tend à baisser et les degrés de précision recherchés deviennent difficiles à atteindre.

Vents. La période recommandée par l'OMM à des fins météorologiques pour la détermination du vent moyen en mer est de 10 minutes. Les essais ont montré qu'une moyenne calculée sur 8 à 10 minutes et une durée d'observation de 1 à 4 secondes étaient acceptables. Mais il peut être nécessaire pour certaines expériences de calculer les moyennes sur une période différente. En ce qui concerne les rafales, il faut faire en sorte d'inclure dans la période de détermination des moyennes des pics de vent de 4 à 8 secondes.

Les normes de précision adoptées pour les bouées dérivantes utilisées dans le cadre de TOGA sont les suivantes :

Pression barométrique	± 1 hPa
Température de la mer en surface et au-dessous de la surface	± 0,1 °C
Vitesse du vent	± 1 m/s ou 10 %

3.3 EQUIPEMENT ELECTRONIQUE

On trouvera ci-après la description de l'appareillage électronique courant pour bouées dérivantes construit par Polar Research Laboratory (PRL), de Carpinteria (Californie). Soixante-quatre bouées PRL avaient été mouillées pour les besoins de la PEMG et, actuellement, 40 sont régulièrement en service dans le cadre du réseau TOGA. Les bouées construites par d'autres fabricants peuvent fort bien être différentes et il ne s'agit ici que d'un exemple. Dans les bouées PRL, chacun des capteurs est interrogé une fois par cycle de transmission, en l'occurrence une fois par minute. La durée nominale d'interrogation est de 60 secondes pour la pression barométrique et de 160 millisecondes pour la température de l'air et de l'eau. La vitesse moyenne du vent peut être calculée sur une durée quelconque au choix, la durée recommandée par l'OMM étant de 10 minutes.

La charge utile comprend un microprocesseur qui assure la commande du système, l'acquisition et le traitement des données, une alimentation en énergie à tension stabilisée, des capteurs et un émetteur UHF. L'ensemble est équipé de circuits CMOS à faible consommation d'énergie. Le microprocesseur saisit les données par l'intermédiaire du sous-système analogique d'un convertisseur analogique-numérique ou d'une interface numérique, en assure le traitement, le calcul des moyennes et la mise en forme en tant que de besoin. Il comporte un logiciel piloté par menu qui permet la sélection de différents capteurs qui sont des options standard et de modes multitraitement. Une référence de tension de haute précision est incorporée au système.

L'unité de contrôle du microprocesseur donne la séquence de base des échantillonnages et des cycles de transmission. La base de temps pour toutes les

séquences est donnée par un oscillateur à quartz d'une stabilité minimale de 10^{-9} sur l'ensemble de la gamme de températures considérée. Bien qu'un tel degré de stabilité soit superflu en ce qui concerne le cycle de transmission à la vitesse de transmission binaire des données, il est nécessaire de maintenir la précision pour la pression barométrique pendant les 60 secondes que dure l'interrogation.

L'émetteur UHF émet un signal stable de 401,65 MHz. Il est commandé par un oscillateur à quartz à compensation de température (TCXO) qui maintient la fréquence d'émission à l'intérieur d'une fourchette de $\pm 1,2$ kHz sur l'ensemble de la gamme de températures considérée. Le TCXO est isolé thermiquement à l'intérieur de la bouée, de manière à ce que les modifications de fréquence associées aux changements de température soient inférieures à 10^{-8} Hz sur 20 minutes.

Le système d'alimentation en énergie des bouées TOGA comprend cinq blocs de piles alcalines au plomb de 18 volts qui constituent une réserve de courant de 25 %, ainsi qu'une alimentation en énergie à tension stabilisée.

La consommation courante de la bouée est de 2,5 milliampères (mA), sa consommation de pointe en cours de transmission étant en général inférieure à 530 mA. Le système d'alimentation en énergie est conçu pour assurer le fonctionnement de la bouée pendant un an. Il est possible d'équiper les bouées de 11 blocs de piles au lieu de cinq pour en accroître la durée de service ou pour alimenter des capteurs supplémentaires.

La liste des constructeurs d'émetteurs (PTT) agréés est publiée régulièrement dans le bulletin de CLS/Service ARGOS.

3.4 ANCRÉS FLOTTANTES

Les bouées dérivantes sont censées rendre beaucoup mieux compte des courants océaniques lorsqu'elles sont équipées d'une ancre flottante ou drogue, qui a pour fonction d'accroître la surface occupée transversalement par le système à la profondeur à laquelle on veut mesurer les courants. Les formes d'ancres les plus répandues sont les parachutes et les panneaux.

Le mouvement de dérive d'une bouée est la résultante de la force d'entraînement du vent et de la traînée due au mouvement relatif de la bouée, de l'ancre et de la ligne de suspension dans l'eau. Lorsque l'ancre est placée à une profondeur où le courant est sensiblement différent de celui qui règne dans la couche de mélange supérieure, la situation devient beaucoup plus complexe. Les différences de direction entre les courants de la couche de surface et ceux qui circulent à la profondeur où se trouve l'ancre peuvent également conduire à des erreurs importantes dans le courant apparent à la profondeur de l'ancre.

Le parachute est une forme d'ancre intéressante, dans la mesure où il est relativement bon marché et léger et où il est peu encombrant avant l'emploi, malgré une surface considérable une fois déployé. En outre, grâce à la longueur de ses suspentes, il permet à la bouée de suivre assez librement le mouvement des vagues sur le plan vertical. En revanche, non seulement le parachute est difficile à déployer, mais il ne reste ouvert que si le mouvement de dérive est suffisant et l'on ne sait jamais si, une fois qu'il s'est refermé, les suspentes ne vont pas s'emmêler et l'empêcher de se rouvrir. La plupart des ancres flottantes de ce type utilisées à ce jour ont été déployées à plus de 30 m de profondeur.

Les panneaux ressemblent à une voile rectangulaire suspendue par un film fixé à sa vergue supérieure. Ils offrent l'avantage de rester déployés même lorsqu'ils sont immobiles par rapport à l'eau. Ils sont en outre relativement peu encombrants et faciles à emballer avec la bouée, lorsque leurs lisières sont moins longues que la coque de cette dernière. Leur principal inconvénient tient à la résistance qu'ils opposent aux mouvements verticaux et qui a pour effet, lorsque

la mer est agitée, de soumettre la bouée, la ligne de suspension et l'ancre elle-même, à des efforts considérables. Pour remédier à cette difficulté, il est nécessaire de prévoir une ligne de suspension présentant une élasticité suffisante. Le même problème se pose, de manière peut-être plus gênante encore, avec les parachutes.

Il existe beaucoup d'autres types d'ancres flottantes, entre autres, la manche (cylindre vertical de toile maintenu ouvert par des cerceaux aux extrémités), diverses formes en matériau rigide et de longues cordes garnies de lests à leur extrémité libre. Les chaînes de thermistances utilisées pour mesurer la température au-dessous de la surface se comportent un peu comme des ancres flottantes.

Le problème le plus gênant avec les ancres flottantes est qu'elles se détachent avant la fin de la durée de service de la bouée. Dans bien des cas, il est impossible de déterminer avec certitude en quel point du parcours de la bouée l'ancre s'est perdue. On a cherché à mettre au point, suivant différents principes, un capteur capable d'indiquer si l'ancre est toujours fixée à la bouée, mais les résultats ne sont pas absolument probants.

4. MISE EN OEUVRE DES BOUEES DERIVANTES

4.1 SOUTIEN LOGISTIQUE

Il est indispensable, quelle que soit par ailleurs l'efficacité des systèmes de télémessure utilisés pour recueillir, traiter et analyser les données relatives à des zones écartées, d'acquérir, d'étalonner et d'amener à pied d'oeuvre des plates-formes capables d'observer l'environnement dans des régions du globe d'accès difficile. Il importe, pour réduire les difficultés, que la coordination soit assurée par un organisme opérationnel unique. Cette forme d'organisation a pour principal avantage de rendre possible une utilisation aussi rationnelle et efficace que possible des ressources et, le plus souvent, de permettre d'assurer les livraisons en temps voulu. Pour exécuter ce travail de coordination, l'organisme en question doit être habilité à répartir les tâches, être informé des moyens de largage disponibles, être en contact avec les institutions participantes et avoir connaissance des calendriers de livraison des systèmes de capteurs ainsi que de la date et du lieu où ces systèmes doivent être mis à l'eau.

Outre les facteurs qui jouent lorsqu'il s'agit simplement d'expédier un système de capteurs sur le terrain, il faut aussi tenir compte du mécanisme de largage ou de mise en place de la station d'observation. Là aussi, la coordination en matière de conception et de techniques de mouillage est payante, dans la mesure où elle rend possible la formation d'un groupe spécialisé dans cette tâche, lequel formera, le moment venu, d'autres spécialistes. Par exemple, le conditionnement des bouées dérivantes, la procédure de vérification du système et le matériel de largage sont fondamentalement identiques, que le mouillage soit effectué à partir d'un navire ou d'un avion. La principale différence réside dans le matériel de parachutage nécessaire en cas de largage aérien. Un système commun de largage automatisé simplifie considérablement le travail sur le terrain et permet de réussir les mises à l'eau. Il est en fait plus difficile de travailler à partir des navires, car chaque navire a ses propres priorités et ses propres équipements, et sur chacun d'entre eux le pont est aménagé différemment. Cela est vrai même des navires appartenant à la même catégorie. En revanche, à bord des avions, la standardisation est plus poussée. La procédure de largage est à peu près la même pour un appareil C130 ou C141. Les principaux facteurs qui limitent l'utilisation des avions sont leur capacité de charge, leur rayon d'action et leur coût de fonctionnement. Dans la région arctique, la plupart des zones peuvent être desservies par des C130 ou des C141 et, lorsque la charge utile est plus petite, beaucoup peuvent l'être dans de bonnes conditions par d'autres appareils.

Cela étant, pour exploiter le plus efficacement possible les moyens de largage disponibles, il faut que, dans tous les cas, les opérations soient rigoureusement coordonnées par un organisme unique, qui dirige et surveille de très près les activités logistiques. C'est, par exemple, ce type de mécanisme que le National Data Buoy Centre des Etats-Unis d'Amérique (NDBC) a mis en train pour assurer la mise à l'eau, dans l'ensemble de l'hémisphère Sud, d'un nombre important de bouées dérivantes pour les besoins de TOGA. Toutes les bouées ont été mouillées par des navires de différentes nationalités recrutés à titre occasionnel. Avant de lancer l'opération, le NDBC a négocié des mémorandums d'accord avec les pays participants. Des centres de regroupement ont été établis en Australie, en Nouvelle-Zélande, en Afrique du Sud, au Royaume-Uni et en Amérique du Sud. C'est là que les bouées sont livrées, soit par des entreprises de transports de surface, soit par la Military Sealift Command ou la Military Airlift Command. En fait, cet effort de coordination permet à lui seul de réduire au maximum le coût de l'ensemble de l'opération.

4.2 TECHNIQUES DE MISE A L'EAU

On dispose, pour transporter les plates-formes vers les centres de regroupement éloignés et pour procéder au mouillage proprement dit, de deux types de moyens, les navires et les avions, qui ont fait leurs preuves et sont d'un bon rapport coût-efficacité. On trouvera des exemples d'instructions pour le largage des bouées par ces deux méthodes dans le document cité à l'Annexe I sous le numéro 4.

4.2.1 Mouillage à partir de navires

Pour les largages opérés à partir de navires, il n'existe pas d'autre règle que de faire passer la bouée par-dessus bord sans l'endommager et sans blesser le personnel. Les navires se sont révélés extrêmement efficaces pour le mouillage des bouées dérivantes. Le facteur le plus déterminant et le plus imprévisible dans ce type d'opération est le temps. L'observation d'une certaine souplesse dans le choix des emplacements facilite l'opération, dans la mesure où elle permet au navire d'éviter les zones dangereuses tout en s'acquittant de sa tâche en un minimum de temps. Cet aspect est à prendre en compte lors de l'attribution des tâches et, lorsque cela est possible, les opérations de mise à l'eau doivent être aménagées en fonction de l'itinéraire normal des navires. Le largage peut s'effectuer soit directement à partir du pont arrière du navire, soit à l'aide d'un pont roulant ou d'un bossoir (cf. figures 1 et 2). Les bouées dérivantes peuvent supporter une chute libre d'une hauteur d'environ 12 m sans que leur fonctionnement en soit affecté et il est préférable de les descendre manuellement, dans la mesure où l'emploi d'une grue ou d'un bossoir tend à accroître les risques d'endommagement en cours d'opération.

Le Bureau australien de météorologie s'est rendu compte que l'équipage d'un navire n'a ni le temps ni l'envie de se plonger dans de volumineux traités sur les procédures de largage et que la forme la plus efficace de présentation des instructions à l'intention des navires occasionnels est encore la simple fiche illustrée reproduite à l'Annexe II.

4.2.2 Largage à partir d'avions

L'avion est un précieux outil de reconnaissance de l'environnement. Divers types et classes d'appareils ont été utilisés au cours des ans aux fins d'études océanographiques et géophysiques, d'opérations de reconnaissance météorologique et de soutien logistique. Les avions ont joué un grand rôle dans le largage des bouées dérivantes, à commencer par les C141 qui ont été utilisés pendant la PEMG, en 1978 et 1979. Plus récemment, on a procédé à des expériences opérationnelles de mouillage de systèmes de bouées dérivantes à l'avant d'ouragans formés (2).

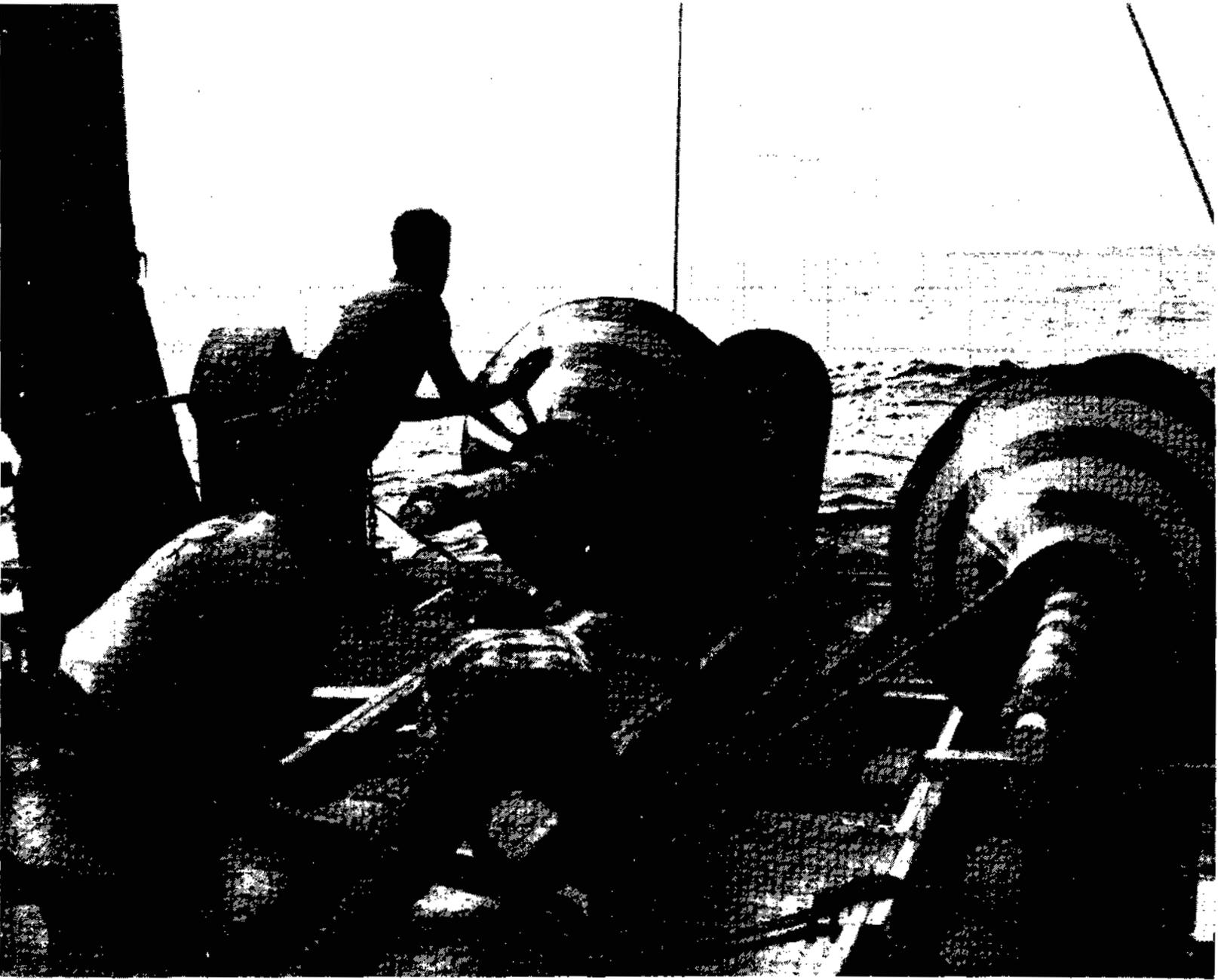


Figure 1. Mouillage d'une bouée à partir du pont arrière d'un navire

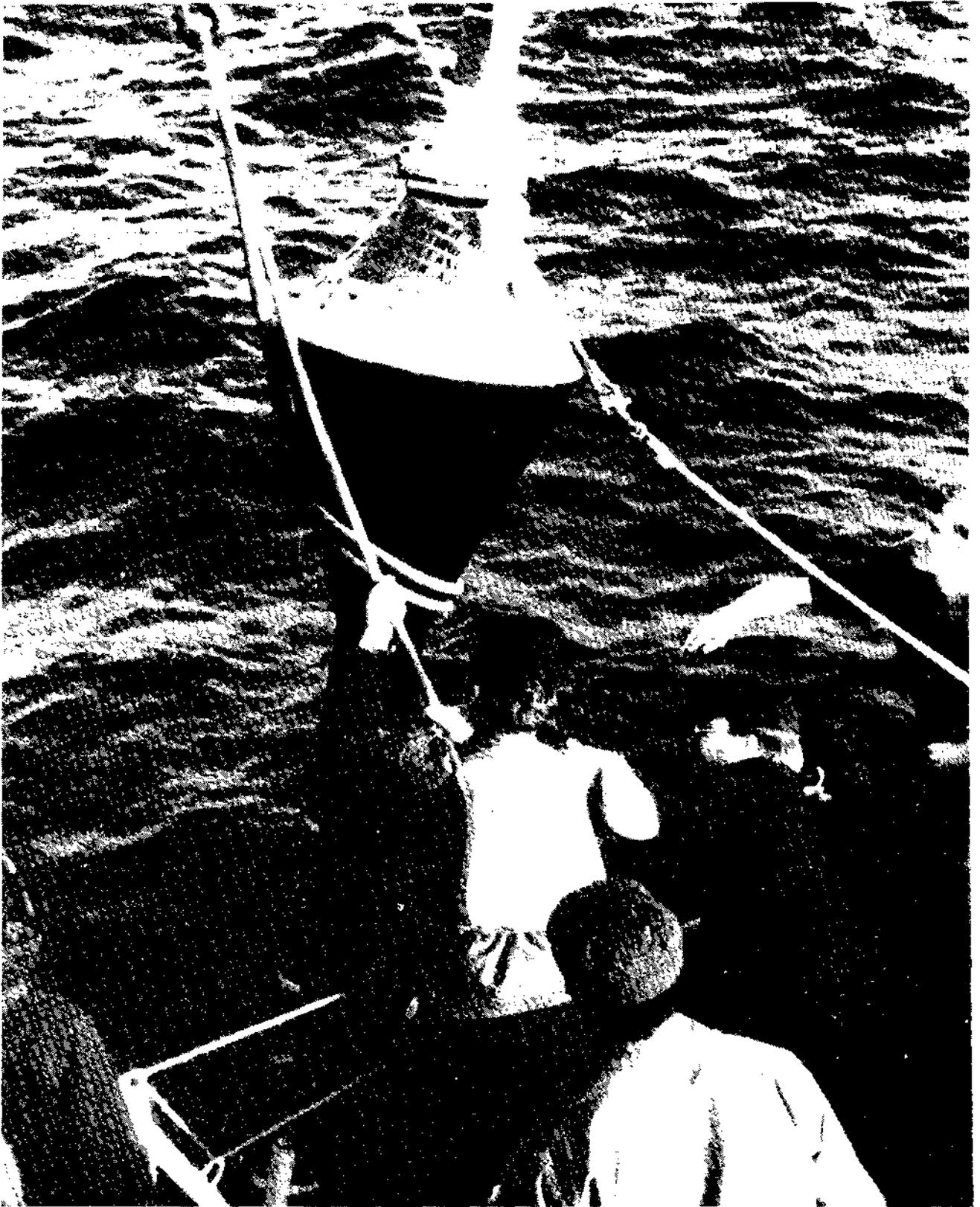


Figure 2. Mouillage d'une bouée à l'aide d'un bossoir

Les avions sont un instrument de travail qui se caractérise par sa souplesse et sa rapidité d'action, pour lequel il existe des procédures de largage normalisées et du personnel spécialement formé et qui offre, dans certains cas, des possibilités de lecture in situ des données et de vérification du fonctionnement des capteurs par comparaison avec les données de base enregistrées par la bouée à bord de l'appareil. Des procédures, décrites dans le document cité dans la note (4) de l'Annexe I, ont été élaborées et agréées par la US Air Force pour le largage des bouées dérivantes à partir d'appareils de type C130 et C141 (cf. figures 3 et 4). Les bouées de petites dimensions peuvent être lâchées par la trappe de départ et/ou la porte de sortie de pratiquement n'importe quel type d'appareil. Les activités de mise au point en cours pourraient déboucher sur un système largable dont la mise à l'eau pourra se faire au moyen des lanceurs utilisés pour les Sonobuoy de dimensions courantes dont il a été question dans la partie 3.1, ce qui simplifiera considérablement la logistique et les opérations de mouillage.

Les procédures de parachutage de bouées et autres charges sont extrêmement techniques et leur mise au point exige un travail considérable d'essai et d'évaluation. Il faut non seulement tenir compte de la sécurité des équipages, mais évaluer les caractéristiques de vol (navigation) pour chaque catégorie d'objet largué. Ces évaluations sont achevées en ce qui concerne les bouées dérivantes destinées aux zones envahies par les glaces et les bouées du type PEMG ainsi que pour le matériel de type Sonobuoy. La PEMG a donné l'impulsion et permis de mobiliser les fonds nécessaires pour ce qui est des bouées de grandes dimensions. Quant au système de largage de Sonobuoys, son élaboration progressive et son agrément sont le fruit de l'utilisation qui en a été faite à des fins opérationnelles par la Marine nationale américaine.

5. TELEMESURE, TRAITEMENT ET DIFFUSION DES DONNEES

5.1 CLS/SERVICE ARGOS

5.1.1 Objet du système Argos

Le système Argos a principalement pour objet de localiser des plates-formes fixes ou mobiles et de collecter les données relatives à l'environnement qu'elles émettent. Il est le fruit de la coopération entre le Centre national d'études spatiales (CNES, France) et la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, Etats-Unis d'Amérique) et doit assurer un service opérationnel pendant toute la durée du programme de satellites TIROS/NOAA, c'est-à-dire au moins jusqu'à la fin de 1996.

L'exploitation du système est confiée à la société CLS, filiale du Centre national d'études spatiales (CNES, France) et de l'institut français d'océanographie, IFREMER, créée au début de 1986. CLS exploite le Centre de traitement français (FRGPC) de Toulouse et est chargée des relations avec l'ensemble des utilisateurs à l'exception de ceux de l'Amérique du Nord. La société Service Argos Inc., filiale américaine de CLS, exploite le Centre de traitement des Etats-Unis (USGPC) installé à Landover, Maryland, et est chargée des relations avec tous les utilisateurs des Etats-Unis et du Canada. Tout nouveau programme utilisant le système Argos doit être officiellement approuvé par le Comité mixte CNES-NOAA des opérations Argos.

Le système Argos comprend :

- (i) Une série de plates-formes fixes ou mobiles, exploitées en mer, sur terre ou dans les airs, qui transmettent de façon indépendante. Chacune d'elles comporte des capteurs, un équipement électronique de traitement et un émetteur Argos.

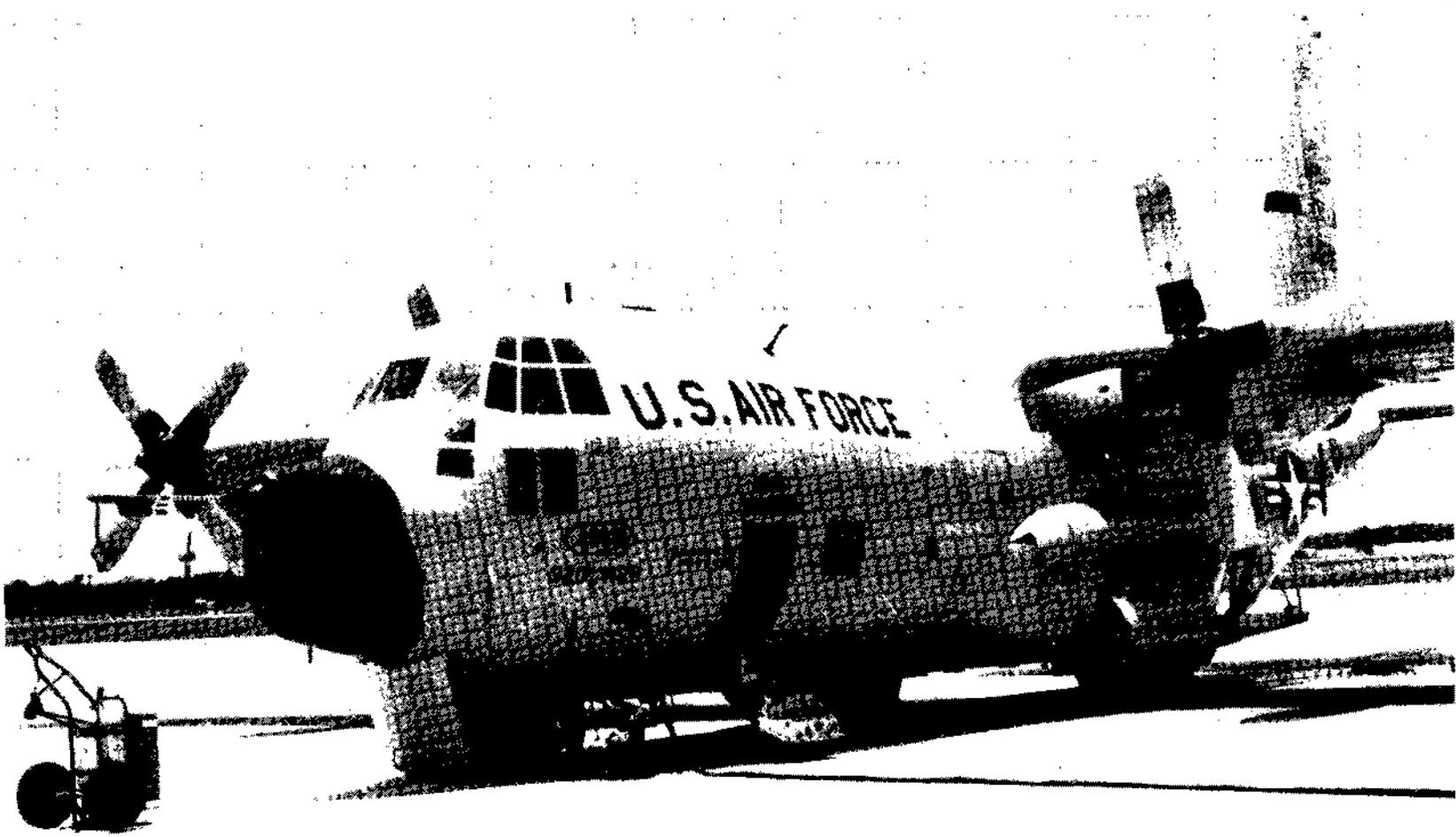


Figure 3. Un appareil C130

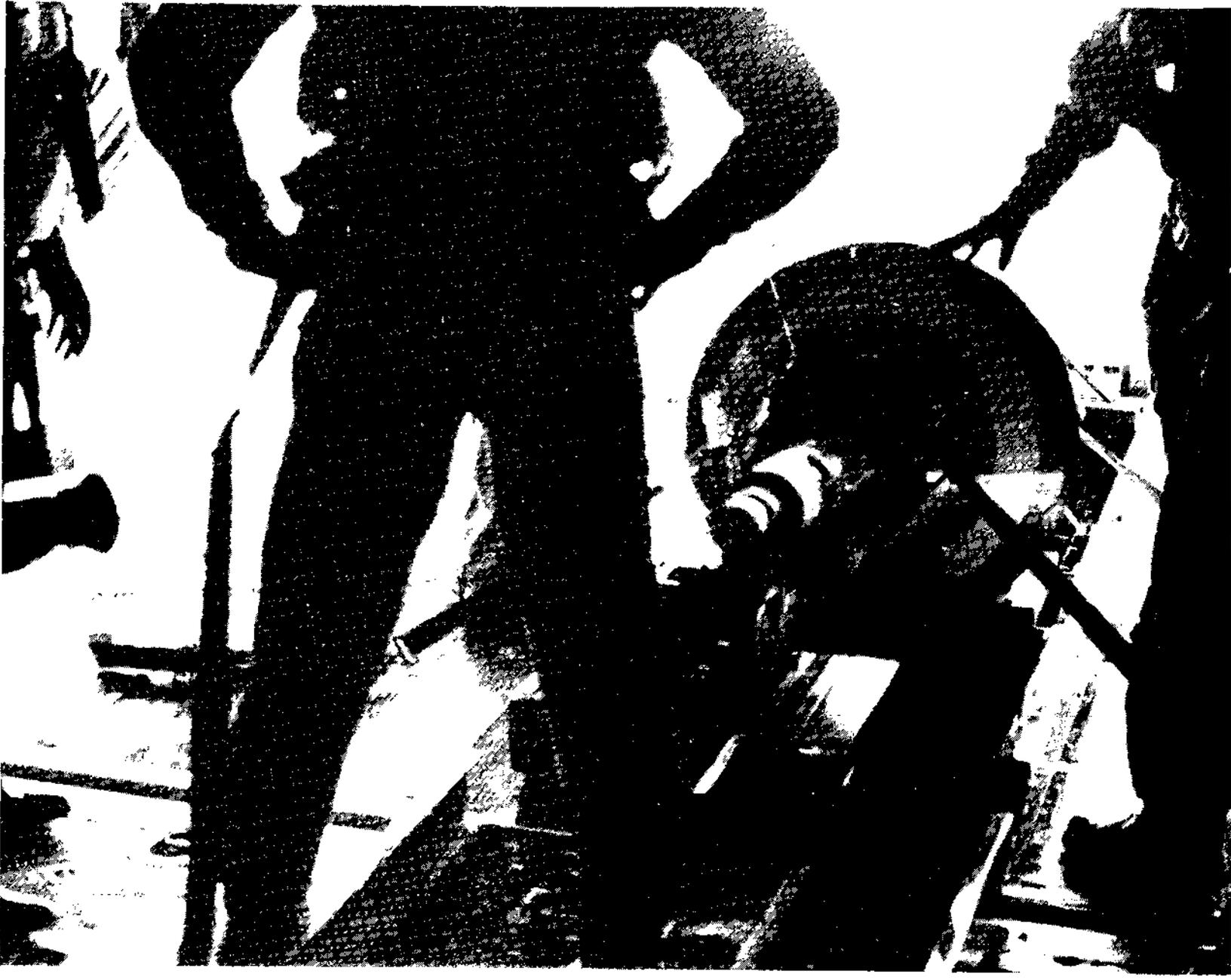


Figure 4. Bouée prête pour le parachutage

- (ii) Deux satellites NOAA simultanément en orbite, équipés chacun d'un système embarqué de collecte de données et de localisation (DCLS), qui reçoivent de façon aléatoire les messages de l'émetteur puis séparent, datent et mettent en forme les données avant de les retransmettre aux stations au sol.
- (iii) Des stations au sol et deux centres de traitement situés à Toulouse (France) et à Landover, Maryland (Etats-Unis), où les données sont récupérées, traitées et transmises aux utilisateurs. Chacun de ces deux centres est capable d'assurer le traitement de la totalité des données en cas de défaillance de l'autre.

On trouvera dans le document cité à l'Annexe I sous le numéro 7 une description complète du mode d'utilisation du système Argos.

5.1.2 Emetteurs argos

Un émetteur comprend toujours une antenne, un modulateur de radiofréquences et un amplificateur, une logique d'émission de messages, une interface avec les capteurs, un oscillateur ultra-stable et une source d'énergie.

Les spécifications techniques des radiofréquences sont les suivantes :

- (i) Fréquence de transmission : toutes les plates-formes émettent sur la même bande de fréquence, soit $401,650 \text{ MHz} \pm 3,2 \text{ kHz}$.
- (ii) Séquence de transmission : chaque plate-forme émet à intervalles réguliers. Le rythme de répétition des bouées dérivantes est actuellement compris entre 60 et 120 secondes. La durée d'une émission dépend de la longueur du message mais est toujours inférieure à une seconde (360 à 920 millisecondes).
- (iii) Puissance rayonnée : la puissance rayonnée de crête est inférieure à 2 W, ce qui permet d'utiliser des sources électriques de faible puissance telles que piles et même cellules solaires.
- (iv) Technique de modulation : l'onde porteuse est une onde MDP bivalente en bande L modulée par un signal MIC de 400 Hz.

La stabilité de l'oscillateur de l'émetteur peut être définie à court, moyen et long terme. Elle est extrêmement importante pour la précision de la localisation et doit être conforme aux normes pour qu'il soit possible d'utiliser le système Argos.

5.1.3 Système Argos de collecte des données et de localisation (DCLS)

Le système Argos de collecte des données et de localisation embarqué à bord des satellites se compose de récepteurs qui reçoivent les messages émis par les plates-formes situées dans le champ de visibilité du satellite. La séparation des messages dans le temps est obtenue par la non-synchronisation des émissions et par des périodes de répétition différentes. La séparation des messages en fréquence est obtenue par le décalage des fréquences porteuses des diverses plates-formes par effet Doppler. Le système embarqué Argos peut recevoir simultanément jusqu'à quatre messages (huit sur le satellite NOAA K et les suivants), à condition qu'ils soient séparés en fréquence.

Tous les émetteurs de plates-formes doivent être agréés par CLS/Service Argos, ce qui garantit leur compatibilité avec l'équipement embarqué Argos et évite les interférences entre plates-formes. L'homologation d'un nouveau modèle se fonde à la fois sur l'étude d'un dossier technique et sur des essais. C'est le

fabricant qui demande l'homologation d'un modèle d'émetteur et CLS/Service Argos de Toulouse qui effectue les tests. Une fois ceux-ci passés avec succès, le fabricant reçoit un certificat d'homologation de son émetteur.

En supposant que l'axe de visée soit de 5° au-dessus de l'horizon, un satellite voit à chaque instant une zone du globe d'environ 5.200 km de diamètre. Avec le déplacement du satellite, la trace au sol de ce cercle correspond à une bande de 5.200 km de large qui s'enroule autour de la terre et passe à chaque orbite au-dessus des pôles nord et sud.

5.1.4 Stations au sol

Le NESDIS (National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Etats-Unis d'Amérique) exploite actuellement deux stations d'acquisition de données et de commande (CDA), l'une située à Wallops Island, Virginie (Etats-Unis) et l'autre à Gilmore Creek, Alaska (Etats-Unis). Grâce à un accord de coopération passé entre le NESDIS et le Centre de météorologie spatiale (France), les données stockées parviennent à Lannion (France).

Les stations CDA et celle de Lannion retransmettent les données qu'elles reçoivent au service de traitement des données du NESDIS de Suitland, Maryland (Etats-Unis), par l'intermédiaire de satellites géostationnaires. Grâce à ces trois stations de télémétrie, les satellites ne perdent le contact avec le sol que pendant la durée d'une révolution par jour.

A Suitland, les données Argos sont séparées de celles fournies par d'autres équipements du satellite et transmises aux centres de traitement Argos de Toulouse et de Landover via des liaisons permanentes de données.

5.1.5 Système Argos de traitement des données

Les centres de traitement Argos effectuent les tâches suivantes :

- (i) Décodage des messages émis par les plates-formes et traitement des données fournies par les capteurs.
- (ii) Calcul de la position des plates-formes à partir de l'effet Doppler sur les fréquences et des données orbitales.
- (iii) Stockage de tous les résultats du traitement dans des fichiers informatiques.

Le traitement des données des capteurs par les centres informatiques Argos se décompose en trois étapes :

- (i) Prétraitement des données consistant essentiellement à condenser les messages identiques puis à les dater en temps universel coordonné (TUC).
- (ii) Traitement standard des données consistant à convertir les chiffres binaires en unités définies par l'utilisateur, les données de chaque capteur étant traitées séparément.
- (iii) Traitement spécial des messages émis par les plates-formes qu'un traitement standard ne permet pas de convertir en unités définies par l'utilisateur : chaque procédure spéciale de traitement est intégralement définie par l'utilisateur et concerne l'ensemble du domaine couvert par les données du capteur.

Pour être compatibles avec le logiciel de traitement des centres informatiques Argos, les données doivent remplir les conditions ci-après :

- (i) La partie du message de l'émetteur qui contient les données peut contenir de un à huit blocs de 32 bits chacun.
- (ii) Une plate-forme peut être équipée de un à 32 capteurs.
- (iii) Chaque capteur peut émettre entre un et 32 bits, pour autant que les conditions susmentionnées soient respectées.
- (iv) Si les données doivent être diffusées par l'intermédiaire du SMT, leur format doit être conforme au logiciel de codage météorologique des centres de traitement Argos.

Les données météorologiques codées selon la forme symbolique de l'OMM FM 14-VIII DRIBU, ne sont pas stockées mais transmises directement à la Direction de la météorologie nationale à Paris et au National Weather Service (Etats-Unis) qui sont responsables de leur diffusion via le SMT.

5.2 TERMINAUX LOCAUX D'UTILISATEURS (LUT)

Un LUT est un système de réception des données satellitaires qui permet à un utilisateur de recevoir en temps réel des données fournies par des plates-formes équipées de capteurs et d'un émetteur transmettant par l'intermédiaire du système Argos de collecte des données et de localisation embarqué à bord de satellites NOAA.

La longueur des messages émis par les plates-formes varie en fonction du nombre de capteurs. La localisation se calcule à partir de l'inverse de l'effet Doppler sur la fréquence porteuse de la plate-forme obtenue par le satellite. Ce dernier reçoit et traite les données des plates-formes, les combine avec des données fournies par d'autres instruments et des informations relatives à l'effet Doppler et les retransmet immédiatement sur l'une des deux fréquences VHF assignées au trajet descendant.

Le LUT assure quatre fonctions principales, à savoir, acquisition, stockage, traitement et diffusion des données. Il peut acquérir des données transmises par tout émetteur situé simultanément dans son champ de visibilité et dans celui du satellite.

A chaque passage du satellite, le LUT peut recevoir et traiter les données provenant d'un maximum de 200 émetteurs. La position de l'émetteur peut être déterminée avec une précision de 1 à 2 km et la longueur maximale du message transmis est de 256 bits.

CLS/Service Argos assure actuellement la récupération et le traitement des données pour le monde entier. Le LUT a pour mission de recevoir, décommuter, traiter et diffuser les données du système DCLS en temps réel pour les plates-formes situées dans son champ de visibilité.

Les premiers LUT ont été mis au point à la fin des années 70. Ils utilisaient des mini-ordinateurs assurant à la fois le traitement et la collecte des données et le contrôle directionnel des grandes antennes de poursuite.

De nombreuses améliorations techniques apportées à la conception des antennes, aux préamplificateurs, aux récepteurs, aux microprocesseurs et aux modes de communication des données ont permis de réduire la taille de ces systèmes et d'en améliorer les performances. On dispose actuellement de systèmes à antennes fixes et assemblages modulaires qui peuvent être installés et mis en service par un seul technicien en moins de deux heures. Le coût d'un LUT est d'environ 35.000 dollars des Etats-Unis l'unité.

5.3 DISPONIBILITE DES DONNEES EN TEMPS REEL

La notion de "temps réel" est souvent mal interprétée (suivant que le lecteur/auteur est un chercheur ou un prévisionniste, un météorologue ou un océanographe) et il convient peut-être d'en donner une définition stricte, valable au moins dans le présent contexte.

DEFINITION : La disponibilité en temps réel suppose que les données soient accessibles en temps utile pour servir à la modélisation numérique et à la prévision météorologique en haut mer. En ce qui concerne le large (bouées dérivantes), cela signifie généralement que les données doivent être disponibles dans les trois heures environ qui suivent l'observation, mais ce délai peut varier suivant le centre de prévision.

Les données fournies par les bouées dérivantes et traitées par CLS/Service Argos sont introduites dans le Système mondial de télécommunications (SMT) par les centres de télécommunication de Paris et de Washington. Ce mode de diffusion suppose que les conditions suivantes soient remplies :

- (i) Les données fournies par les capteurs doivent présenter un intérêt sur le plan de l'environnement et leur introduction dans le SMT est subordonnée à l'approbation officielle d'Argos.
- (ii) Les données doivent être transmises selon la forme symbolique appropriée de l'OMM, à savoir FM 14-VIII DRIBU, FM 13-VIII Ext. SHIP, ou FM 63-VIII Ext. BATHY.
- (iii) Les données transmises par les plates-formes doivent être codées dans l'ordre spécifié par CLS/Service Argos.
- (iv) L'exploitant de la plate-forme doit informer CLS/Service Argos lorsque l'émetteur devient opérationnel.
- (v) Le service météorologique qui demande la transmission des données par le SMT doit en aviser les services météorologiques français ou des Etats-Unis.

Diverses études ont montré que les données de bouées dérivantes transmises via le SMT ne sont pas toujours reçues en temps voulu pour permettre l'exécution d'analyses météorologiques synoptiques. L'Australie et la Nouvelle-Zélande indiquent à l'Annexe II que les messages DRIBU peuvent parvenir jusqu'à six heures après l'heure d'observation.

Pour que les données soient disponibles dans un meilleur délai, le Centre de traitement Argos français de Toulouse (FRGPC) a été perfectionné et un Centre de traitement des Etats-Unis (USGPC) a été créé à Landover, Maryland, près de Washington, DC. Ces installations permettront d'introduire plus rapidement les données dans le SMT. De plus, pour les utilisateurs nord-américains, les données reçues par les stations de lecture directe de Gilmore Creek, Alaska, et de Wallops Island, Virginie, sont traitées immédiatement par l'USGPC. Le centre français traite également les données obtenues par lecture directe transmises à Toulouse en ondes métriques. Une grande partie des données provenant de l'hémisphère Nord sont donc désormais prêtes à entrer dans le SMT dans les 20 minutes qui suivent l'observation. Il est prévu d'accroître la quantité de données en lecture directe devant être traitées par le système Argos.

5.4 QUALITE DES DONNEES

5.4.1 Cadre général

Les techniques de prévision numériques ont de toute évidence fait beaucoup de progrès, mais l'amélioration de la prévision opérationnelle risque fort d'être freinée par l'insuffisance de la couverture géographique actuelle des données et par la qualité médiocre de certaines d'entre elles. Les messages des bouées dérivantes transmis via le SMT n'ont pas été soumis à un contrôle de qualité (CQ) systématique avant leur introduction dans le Système ou leur assimilation par des modèles numériques. Il s'ensuit que des données de qualité douteuse font l'objet d'une diffusion internationale et altèrent les systèmes opérationnels d'analyse numérique et les fichiers d'archives utilisés à des fins de recherche.

A sa deuxième session, qui s'est tenue en octobre 1986, le Groupe de coopération pour la mise en oeuvre des programmes de bouées dérivantes a très vigoureusement approuvé la nécessité d'appliquer à l'échelle mondiale des procédures de contrôle de qualité en temps réel aux données des bouées dérivantes.

5.4.2 Situation actuelle

Les centres de traitement français et des Etats-Unis vérifient grossièrement dans quelle fourchette se situent les données émises par les bouées dérivantes avant de les diffuser. Les limites à respecter sont les suivantes :

- (i) Pression entre 850 et 1.060 hPa.
- (ii) Température de l'air entre -80 °C et +40 °C.
- (iii) Température de l'eau entre -2 °C et +45 °C.
- (iv) Vitesse du vent entre 0 et 120 noeuds.
- (v) Direction du vent entre 0° et 360°.
- (vi) Tendence barométrique entre 0 et 99,9 hPa.

En outre, les données datant de plus de 12 heures ne sont pas transmises.

Le Centre de traitement Argos des Etats-Unis (USGPC) traite les données fournies par des bouées dérivantes exploitées par les pays nord-américains et les transmet au Centre météorologique national (NMC) pour introduction dans le SMT et dans le système d'assimilation des données du NMC.

Les données des bouées dérivantes fournies par l'USGPC font l'objet de vérifications automatiques en temps réel (Contrôle des fourchettes et contrôle d'évolution) dans les 20 minutes qui suivent la réception des données au NMC. Celles qui satisfont à ces contrôles sont diffusées sur le SMT et, parallèlement, retransmises au National Data Buoy Centre (NDBC) des Etats-Unis en même temps que les indicateurs d'erreur résultant des contrôles automatiques.

Des spécialistes de l'analyse météorologique du NDBC procèdent à une vérification interactive sur ordinateur de toutes les données qui n'ont pas satisfait aux contrôles automatiques afin de déterminer quelle est la source des erreurs. Ils procèdent également à des contrôles de qualité plus rigoureux afin de déceler des erreurs trop subtiles pour être identifiées au cours des contrôles automatiques des fourchettes et de l'évolution (voir les paragraphes 5.4.4 et 5.4.5). Dès qu'une erreur et sa cause sont identifiées, le météorologue du NDBC met à jour le fichier du NMC indiquant l'état de la bouée. Ce fichier est modifié au fur et à mesure des contrôles de fourchette et d'évolution pour que toutes les données erronées fournies ultérieurement par la plate-forme puissent être

éliminées ou corrigées avant leur transmission sur le SMT. Le NDBC met au point également pour archivage sous forme de bandes magnétiques des données de bouées dérivantes dont la qualité a été contrôlée. Ces bandes sont envoyées chaque mois au Centre national de données océanographiques et au Centre national de données climatiques (NCDC). Les documents indiqués à l'Annexe I sous les numéros 1 et 3 donnent des détails sur les contrôles de qualité auxquels sont soumises les données de bouées dérivantes aux Etats-Unis.

5.4.3 Contrôles de qualité automatiques en temps réel effectués au NMC/NDBC

Les mesures relatives à l'environnement (pression réduite au niveau moyen de la mer, température de l'air, température de l'eau, vitesse et direction du vent) font l'objet de contrôles de qualité automatiques en temps réel de la fourchette et de l'évolution et d'un contrôle d'accélération visant à vérifier la position. Le contrôle d'évolution n'est pas appliqué aux mesures de la direction du vent. Des méthodes de contrôle de la hauteur et de la période des vagues sont en cours d'élaboration.

Les limites et les écarts types (utilisés pour le contrôle de l'évolution) sont des entrées de la base de données propre à chaque station qui peuvent être rapidement modifiées à partir du NDBC. Pour les bouées dérivantes situées en dehors des zones de cyclones tropicaux les limites sont plus étroites et les écarts types plus faibles. A l'intérieur de ces zones et aux latitudes élevées, par contre, les limites sont plus larges et les écarts types plus importants. Ces limites sont fixées et modifiées à mesure que les bouées se déplacent d'une région climatique à l'autre.

L'accélération est calculée aussi bien dans le sens nord-sud que dans le sens est-ouest. Si elle dépasse quatre noeuds à l'heure ($0,0006 \text{ m/s}^2$) dans l'une ou l'autre direction, le message n'est ni diffusé ni utilisé pour les calculs ultérieurs de l'accélération.

Un indicateur, défini par le NDBC pour chaque base de données, permet d'éviter la diffusion de telle ou telle mesure ou des données provenant de certaines stations. Toutes les données, qui pour une raison ou une autre, ne sont pas diffusées, sont transmises sous une rubrique administrative distincte au NDBC qui les trie par station et par heure pour établir un rapport sur le contrôle de la qualité des données des bouées dérivantes. Elles peuvent être corrigées d'une valeur constante. Les données inacceptables fournies par les capteurs sont, selon la convention de codage, transmises sous forme de barres obliques ou de groupes manquants. Le groupe "61616" prévu pour les informations relatives à la qualité des données dans le code "DRIBU" n'est pas utilisé.

Les contrôles de qualité en temps réel comprennent à la fois des contrôles de la fourchette dans laquelle se situent les données (limites supérieure et inférieure) et des contrôles d'évolution (différence absolue entre la valeur actuelle de l'observation et la dernière valeur observée). On procède d'abord aux contrôles relatifs à la fourchette puis aux contrôles d'évolution.

Ces derniers ne sont effectués que si la valeur précédemment observée a été contrôlée et jugée satisfaisante. Cette valeur pouvant dater de plus d'une heure, l'algorithme de contrôle d'évolution est fonction du temps, à savoir :

$$\text{Maxdelta} = 0,58 \quad \text{élément } \epsilon \quad \sqrt{\Delta T}$$

où Maxdelta est la variation maximale admissible d'une mesure, élément ϵ l'écart type de chaque paramètre (une constante) et ΔT la différence de temps en heures.

Le tableau ci-après indique la limite supérieure, la limite inférieure et l'élément ϵ de chaque paramètre pour la plupart des bouées, ces limites variant, comme on l'a déjà indiqué, en fonction du lieu.

PARAMETRE	UNITES	LIMITE INFERIEURE	LIMITE SUPERIEURE	ELEMENT T
Pression réduite au niveau moyen de la mer	hPa	905,0	1.060,0	21,0
Température de l'air	°C	-14,0	40,0	11,0
Température de l'eau	°C	-2,0	40,0	8,6
Vitesse du vent	m/s	0,	60,0	25,0
*Hauteur des vagues	m	0,	15,0	6,0
*Période des vagues (dominante et moyenne)	s	1,95	26,0	31,0

* Les bouées dérivantes ne sont pas encore en mesure de fournir la hauteur et la période des vagues.

5.4.4 Progrès réalisés concernant le contrôle de qualité en temps réel à l'OPC/NMC

En 1988, l'Ocean Products Centre (OPC) de la NOAA, qui partage les mêmes locaux que le NMC, mettra en place un programme de contrôle de qualité en temps réel des données fournies par les navires de surface et les bouées dérivantes. Les observations seront soumises à diverses vérifications automatiques : format et indicatif d'appel de la plate-forme, contrôles de fourchette, de cohérence interne et d'évolution, comparaisons avec les champs de prévision numérique et messages en double.

Ainsi vérifiées les observations sans erreur seront orientées sans plus attendre vers le SMT et les fichiers d'assimilation numérique. Les observations non satisfaisantes seront examinées par les météorologues de l'OPC qui les soumettront à des tests interactifs plus rigoureux avant de les transmettre via le SMT ou de les introduire dans des modèles.

La priorité sera donnée aux procédures interactives afin de rendre les observations aussi utiles que possible, en commençant par les zones pour lesquelles les données sont rares (qui sont le type même de régions où sont mouillées des bouées dérivantes) et en finissant par celles pour lesquelles les données sont abondantes (routes maritimes). Des tests complémentaires permettront de s'assurer de la cohérence interne et dans le temps des observations, de comparer celles-ci aux champs de prévision numérique et aux observations voisines et de vérifier la cohérence de la localisation/trajet des plates-formes.

Les météorologues mettront en place les indicateurs finaux et effectueront les corrections nécessaires, les uns et les autres servant à l'assimilation numérique des données, à l'archivage de celles-ci dans les centres appropriés et à la gestion des plates-formes au NDBC. Dès que le code BUFR sera disponible et pourra être utilisé sur le SMT, les "modifications" et "indicateurs" seront codés de façon à ce qu'il soit possible de récupérer l'observation initiale. Entre-temps, seules les observations corrigées ou l'observation initiale dont certains éléments ont été supprimés, seront disponibles via le SMT.

Le NDBC continuera d'effectuer les contrôles de qualité en temps quasi réel rigoureux qui ont déjà été mentionnés. A cet égard, il examinera toutes les données fournies par les bouées dérivantes, ainsi que les informations transmises par l'OPC au sujet des erreurs. En liaison avec l'OPC, les météorologues du NDBC

décideront en dernière analyse de la validité des données. Ils détermineront également la cause de toutes les erreurs et prendront, si besoin est, les mesures appropriées pour les corriger.

5.4.5 Contrôle de qualité en temps quasi réel au NDBC

Le NDBC utilise des graphiques de base en deux dimensions et en couleurs tels que pointages linéaires, cartes de pointage et cartes en courbes de niveau pour procéder aux contrôles de qualité. Ces graphiques sont établis à la demande par les analystes chargés de vérifier les données signalées comme douteuses par les algorithmes de validation. Ceux-ci comprennent les contrôles de fourchette et de cohérence, effectués par le NMC et le NDBC, ainsi que des comparaisons avec les analyses numériques en points de grille et les champs de "première approximation" du NMC et des comparaisons avec la climatologie. Le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET) réalise également des comparaisons analogues avec les champs de "première approximation" puis en communique les résultats au NDBC.

Les analystes ont recours à des graphiques des séries chronologiques et à des courbes des spectres des vagues pour distinguer entre les défaillances réelles des capteurs ou des systèmes et les données valables. Ces défaillances sont souvent faciles à détecter sur les bouées ancrées et dans les sites côtiers, car les capteurs sont en double. En revanche la tâche est plus difficile lorsqu'il s'agit de bouées dérivantes, car il n'y a qu'un seul capteur de chaque type et on a tendance à mouiller ce genre de bouée dans des régions où la densité d'information est moins élevée que dans celles où sont mises à l'eau des bouées ancrées.

S'il y a véritablement eu défaillance, la base de données du NMC est modifiée pour empêcher que la mesure erronée ne soit diffusée. En cas de dérive des capteurs, la valeur des données diffusées est corrigée.

Pour obtenir de plus amples informations sur le contrôle de qualité des données des bouées dérivantes, on peut prendre contact avec la Division des systèmes de données du NDBC à l'adresse ci-après :

National Data Buoy Centre
Data Systems Division
NSTL, MS 39529

Téléphone 601-688-2836
Télex 5101012406 (NSTLBSTL)

5.5 ARCHIVAGE DES DONNEES

La COI a accrédité le Service canadien de données sur l'environnement marin (MEDS) comme Centre national de données océanographiques responsable (CNDOR) pour les données des bouées dérivantes dans le cadre du Système d'échange international des données et de l'information océanographiques (IODE) de la COI.

Les données fournies par les bouées dérivantes peuvent parvenir au CNDOR par trois voies différentes. Traditionnellement, le responsable des recherches les soumet au centre national d'archives et des copies peuvent alors en être envoyées au CNDOR. Ce sont sans doute les données les plus fiables puisqu'elles ont été soumises aux procédures de contrôle de qualité les plus rigoureuses. Cependant, l'intervalle qui sépare leur collecte de leur soumission à un centre d'archives est généralement long. De plus, les techniques de traitement employées par les différents chercheurs n'étant pas uniformes, les utilisateurs secondaires qui souhaitent combiner ces séries de données risquent de se heurter à des problèmes.

La deuxième possibilité est que, sur autorisation écrite du responsable des recherches, CLS/Service Argos envoie les données au CNDOR sur bande magnétique. L'un des avantages de cette formule est que les données contiennent une série complète de paramètres avec toute la précision garantie par le système Argos. L'un de ses inconvénients est que le format des données varie généralement d'un projet à l'autre. Chaque responsable des recherches devrait donc fournir au CNDOR une description du format qu'il a utilisé et, dans certains cas, des algorithmes de décodage.

Le SMT constitue le troisième mode d'acheminement des flux de données vers les centres d'archives. CLS/Service Argos introduit dans le SMT les données fournies par les bouées dérivantes à condition qu'elles soient transmises selon un certain format. L'un des avantages de ce mode d'acheminement est que les utilisateurs opérationnels, prévisionnistes et chercheurs, par exemple, ainsi que d'autres parties intéressées, les centres d'archives notamment, disposent des données en temps réel. Le second avantage est que le CNDOR est actuellement doté d'un système de traitement bien au point des données lui parvenant via le SMT.

Pour un centre, la réception des données selon ce mode d'acheminement présente toutefois un certain nombre d'inconvénients. Premièrement, la bouée doit transmettre les données dans un format spécifié par CLS/Service Argos. Puis, celles-ci doivent être transcrites selon un second format, le code DRIBU spécifié par l'OMM. Une fois que les données sont présentées selon le format voulu et que les procédures administratives nécessaires avant la mise en circulation des données ont été menées à bien, les données peuvent être introduites dans le SMT sans qu'il en coûte rien à leur auteur. Ces contraintes font qu'environ la moitié des bouées dérivantes en service ne transmettent pas leurs données par l'intermédiaire du SMT.

Cependant, même si toutes le faisaient, l'acheminement par le SMT présenterait un autre inconvénient. En effet, certains des paramètres observés ne peuvent être adaptés au code DRIBU qu'au détriment de leur précision. De plus, la documentation auxiliaire, concernant par exemple le corps de la bouée, l'étalonnage des capteurs, le projet, le responsable des recherches, etc., n'est pas transmise via le SMT et doit, pour être conservée, être envoyée au centre d'archives par le chercheur principal. Enfin, ce qui intéresse directement tous les utilisateurs secondaires, la fiabilité des données n'est pas vérifiée.

L'une des principales tâches des centres de données consiste à préserver l'intégrité des données originales tout en s'efforçant d'améliorer la qualité des données conservées dans les archives. Certains prétendent que pour garantir une qualité élevée, il ne faudrait admettre que les données ayant un degré de précision connu et acceptable. Si l'on appliquait ce principe, les archives excluraient des données que d'autres considèrent comme précieuses en dépit de défauts reconnus. Les centres d'archives doivent donc s'efforcer de satisfaire ces deux exigences à la fois. A cette fin, ils effectuent des contrôles pour déceler dans les données qu'ils reçoivent les valeurs "impossibles". Celles-ci sont alors soit supprimées, soit corrigées. D'autres données sont considérées comme "douteuses", c'est-à-dire que les valeurs qu'elles indiquent sont dans les limites fixées mais sont suspectes en regard d'autres données.

Le MEDS applique aux données fournies par les bouées dérivantes toute une série de procédures de contrôle de qualité. Les messages émis sont captés par un ordinateur relié au système SMT et transmis au CNDOR, via Washington et Toronto. Les données sont rassemblées sur un disque pendant une durée allant de un à quatre jours, puis transférées sur l'ordinateur principal. A ce moment-là, le premier logiciel examine la structure des messages pour s'assurer de leur conformité avec la norme internationale. S'il découvre un problème de cette nature, le message est inscrit dans un fichier des erreurs en vue d'un examen manuel ultérieur. On vérifie au cours de la même procédure la fourchette dans laquelle se situent les

données contenues dans les différentes zones du message. C'est ainsi qu'on contrôle par exemple si les valeurs indiquées dans les zones date, heure et position, sont valables. Là encore, tout message contenant une valeur rejetée au contrôle est évacué vers un fichier des erreurs en vue d'un traitement manuel ultérieur. L'un des membres du personnel du MEDS vérifie la liste des messages inscrits sur ce fichier afin d'essayer de déceler l'erreur et de la corriger si possible.

Le contrôle suivant est effectué une fois par mois sur toutes les données provenant de chaque bouée. Le trajet des bouées, le calcul de la vitesse de dérive, la pression réduite au niveau moyen de la mer et la température de la surface de la mer s'affichent sur l'écran d'un terminal. Un intervalle d'un mois permet d'obtenir une série chronologique appropriée pour ces paramètres et fait assez facilement ressortir les valeurs anormales. La vitesse de dérive est calculée à partir de paires de valeurs de la position et de l'heure. Il n'est pas rare qu'elle soit excessivement élevée en raison probablement de l'inexactitude de l'un de ces deux paramètres. Une comparaison visuelle des températures de la surface de la mer et de celles contenues dans un fichier climatologique (provenant du NCDC d'Asheville, Caroline du Nord) permet de mettre en évidence les valeurs observées qui diffèrent de plus de trois fois l'écart type des valeurs du fichier. On effectue également un test des pointes de la température de surface de la mer et de la pression réduite au niveau moyen de la mer. L'opérateur peut utiliser un logiciel interactif pour mener à bien un certain nombre de ces procédures de contrôle. Il est en mesure d'isoler les messages reçus de chaque terminal local d'utilisateurs, d'identifier les messages indiquant des vitesses de dérive excessivement élevées ou de trouver les valeurs responsables des pointes de température ou de pression. Lorsqu'il isole ces valeurs, il fixe un indicateur de qualité aux messages pour signaler quelle en est la partie considérée comme suspecte. Les données ne sont absolument pas modifiées à ce stade. Les indicateurs de qualité restent en place au cours des étapes ultérieures du traitement et sont stockés avec les données dans les archives du MEDS.

Des cartes mensuelles mondiales des trajets des bouées en cours de publication serviront à indiquer la répartition des bouées dérivantes actuellement en service. Elles seront publiées en même temps que le résumé mensuel des données en temps réel reçues par le MEDS, qui est envoyé gratuitement à toute personne ou institution intéressée. Il suffit d'adresser une demande écrite au MEDS/¹ pour figurer sur la liste de distribution. Des cartes analogues seront également établies pour les océans Austral et Pacifique.

On prévoit actuellement que pour l'établissement des inventaires, la base de données devra permettre à l'avenir de distinguer les données provenant du SMT de celles communiquées par des responsables de recherches ou d'autres centres d'archives. Le format de ces données ne sera sans doute pas standard. Le problème n'est pas nouveau et sera sans doute traité de la même manière que pour les autres types de données. Les données en provenance du SMT ne seront pas mélangées aux autres. Il existera au contraire des fichiers séparés et un index commun fourni par la base de données de l'inventaire. La structure exacte qui sera utilisée pour l'archivage de ces données reste encore à définir. Ce pourrait être, en raison de sa souplesse, le format GF3, sous sa forme d'origine ou sous forme condensée. Il est à espérer que cette structure sera suffisamment souple pour admettre les données provenant des capteurs qu'il est prévu d'installer sur des bouées nouvelles ou des modèles nouveaux comme les bouées à flottabilité neutre.

1. Service de données sur l'environnement marin
Ministère des pêches et des océans
200 Kent Street, Ottawa
Ontario K1A 0E6, Canada
Tél. : 613-990-0264 Tlx : 534228

6. COUT DE L'EXPLOITATION DES BOUEES

6.1 MATERIEL

On peut obtenir auprès des points de contact nationaux désignés par les Etats membres pour les programmes de bouées dérivantes (liste et adresses à l'annexe III) des renseignements concernant les fabricants de bouées de divers pays.

Pour le matériel, le mieux est de prévoir l'achat en gros de bouées normalisées, ce qui permet aux fabricants de répondre à des appels d'offre portant sur d'importantes quantités de produits standard. Les coûts peuvent ainsi être réduits à long terme grâce à la fabrication à la chaîne et à la sous-traitance de composants préfabriqués. Il y a problème lorsque les chercheurs utilisent pour l'acquisition des données des plates-formes hautement spécialisées non standard. Toutefois, pour l'essentiel des mesures de base nécessaires aux opérations et à la recherche postopérationnelle, il est hautement souhaitable de planifier l'achat de plates-formes standard. Le coût unitaire est considérablement réduit lorsque plusieurs chercheurs ou plusieurs organisations se partagent les opérations de mouillage.

Le coût d'une bouée dérivante météorologique standard est d'environ 10 à 13 dollars des Etats-Unis selon l'importance de la commande. On trouvera ci-après le prix approximatif de chacun des capteurs dont elle est équipée :

Pression barométrique	4.000 dollars	(on trouve des
Direction du vent	1.500 dollars	baromètres moins
Vitesse du vent	1.000 dollars	moins coûteux mais
Température de la surface de la mer	500 dollars	aussi moins précis
Température de l'air	100 dollars	et moins stables)

Le coût nominal du matériel, du micrologiciel et du logiciel est d'environ 2.000 dollars pour les grosses commandes, tandis qu'à l'unité il peut atteindre jusqu'à 3.500 dollars.

Si l'on ajoute une chaîne de thermistances subsuperficielle descendant jusqu'à une profondeur de 300 à 600 m, il en coûte 23 à 26.000 dollars en plus par rapport au prix de la bouée standard et environ 2.000 dollars pour un capteur de la mesure des vagues.

Les minibouées dérivantes ne sont pas encore considérées comme opérationnelles. On pense toutefois que le coût du corps de la bouée, de l'équipement électronique, du baromètre et du capteur de température de l'eau devrait être inférieur à 5.000 dollars et que la durée de fonctionnement de ce type de bouée devrait être environ quatre fois moindre que celle des bouées dérivantes TOGA (3 mois au lieu de 12 à 18).

6.2 SOUTIEN LOGISTIQUE ET MISE A L'EAU

6.2.1 Généralités

L'expérience montre que le soutien logistique nécessaire à la mise en place des plates-formes dans des zones éloignées peut grever lourdement le budget d'un programme, en particulier lorsqu'une seule organisation doit assumer à elle seule le plus gros du coût du matériel et du mouillage. Le coût du transport de plates-formes automatiques d'observation de l'environnement dans des zones éloignées et de leur mouillage constitue un facteur décisif dans l'évaluation du coût d'un programme. Le mieux est de loin d'avoir recours à un moyen de transport gratuit. Sinon, la seule solution viable consiste à partager ces coûts entre les organismes participants. Le dénominateur commun est le coût de la plate-forme par unité de temps.

On peut abaisser les coûts globaux en menant des expériences conjointes dans des domaines d'intérêt commun puisque souvent une mission unique au cours de laquelle sont réalisées plusieurs expériences donnera les meilleurs résultats. La saturation est alors le principal risque, mais une bonne gestion permet de l'éviter.

Le coût du mouillage "par bouée" peut se calculer comme suit :

$$\text{coût} = (S + T + P + D \times C \times F)/N$$

où

S = Coût du transport des bouées jusqu'au centre de regroupement et de leur stockage jusqu'au moment du chargement.

T = Coût de la formation du personnel des navires ou aéronefs aux techniques de mouillage et aux procédures de contrôle.

P = Coût du transport sur les lieux du mouillage (voyage, etc.).

D = Durée du voyage en mer ou du vol.

C = Coût d'exploitation du navire par unité de temps.

F = Fraction du voyage imputable au projet ; comprise entre 0 et 1.

O = Nombre de bouées à mouiller.

6.2.2 Largage par avion

L'heure de vol du C130 est de l'ordre de 2.000 dollars des Etats-Unis. Ce prix couvre toutes les dépenses afférentes à l'appareil et à l'équipage. Le temps de vol commence au point de départ de l'avion, s'achève avec la mission et comprend le temps de transit.

6.3 Traitement des données

Des réunions sur le contrat tarifaire global Argos (JTA) organisées conjointement par l'OMM et la COI, ont lieu chaque année. Le contrat tarifaire global est une entreprise en coopération au sein de laquelle les pays membres négocient avec CLS/Service Argos les tarifs applicables au traitement des données provenant de bouées dérivantes et autres plates-formes transmettant via Argos.

Au cours de la quatrième réunion, qui s'est tenue à Paris en novembre 1984, CLS/Service Argos avait présenté un plan pour le service allant jusqu'en 1990. Les participants étaient alors convenus de soutenir ce plan et avaient accepté de fixer le tarif annuel des prestations sur la base d'une augmentation annuelle garantie d'environ 15 % de la somme totale à payer au titre du Contrat global, compte non tenu de l'incidence de l'inflation. L'application de cette "formule" a donné pour 1985 un prix de 23.000 francs français par "année-plate-forme" (c'est-à-dire pour la localisation de la plate-forme et la collecte des données d'un émetteur pendant 365 jours par an), prix qui est resté inchangé en 1986 et 1987.

ANNEXE I

REFERENCES

1. Barazotto, R.M., 1987 : "Real-time Quality Control of Drifting-Buoy Data at the NOAA Ocean Products Centre," Actes de la 13e Conférence des utilisateurs d'Argos.
2. Black, P.G., Elsberry, R.L., Shay, L.K., Partridge, R.P., et Hawkins, J.D. : "Atmospheric Boundary Layer and Oceanic Mixed Layer Observations in Hurricane Josephine Obtained from Air-Deployed Drifting Buoys and Research Aircraft," Article présenté au Journal of Atmospheric and Oceanic Technology.
3. Gilhousen, D.B., 1988 : "Quality Control of Meteorological Data from Automated Marine Stations," Preprints, Fourth AMS International Conference, Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanography, and Hydrology.
4. U.S. Department of Commerce/National Oceanic and Atmospheric Administration/National Data Buoy Centre, 1988 : U.S. TOGA Drifting-Buoy Logistics Plan.
5. U.S. Department of Commerce/National Oceanic and Atmospheric Administration, Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, 1986 : National Operations Plan for Drifting Data Buoys.
6. World Meteorological Organization, 1981, Proceedings, WMO Technical Conference on Automation of Marine Observations and Data Collection, Report N° 7, Marine Meteorology and Related Oceanographic Activities.
7. World Meteorological Organization, 1988 : Guide to Data Collection and Location Services Using Service Argos, Report N° 10, Marine Meteorology and Related Oceanographic Activities.
8. World Meteorological Organization, 1983 : "Drifting Buoys in Support of Marine Meteorological Services" Report N° 11, Marine Meteorology and Related Oceanographic Activities.

ANNEXE II

DESCRIPTION DES PROGRAMMES DE BOUEES EXECUTES PAR LES PAYS MEMBRES

La lettre circulaire commune COI/OMM-SMISO sp. n° 87-45 en date du 22 avril 1987 priait les représentants nationaux pour le SMISO de contribuer à l'élaboration du présent Guide en fournissant au Rapporteur des renseignements sur les sujets qui y sont traités.

La présente annexe contient les comptes rendus des programmes de bouées dérivantes qui ont été communiqués au Rapporteur. Les informations suivent, chaque fois que possible, l'ordre de présentation de la table des matières du Guide.

<u>Liste des pays ayant soumis un rapport</u>	<u>Page</u>
Arabie saoudite	58
Australie	34
Canada	41
Etats-Unis d'Amérique	61
France	42
Grèce	49
Islande	50
Japon	51
Norvège	56
Nouvelle-Zélande	54
Pakistan	57
Pays-Bas	53
Royaume-Uni	60
Union des républiques socialistes soviétiques	59

ARABIE SAOUDITE

Des bouées dérivantes ont été utilisées pour obtenir des données en temps réel destinées aux prévisions de la pollution par le pétrole dans le golfe Arabique. Plusieurs méthodes de mouillage ont été employées. Au départ, les bouées étaient accrochées sous des hélicoptères de la protection civile, transportées jusqu'aux sites de largage, descendues dans la mer et lâchées. Des navires de service appartenant à des sociétés pétrolières et des garde-côtes ont également effectué des largages plus traditionnels, descendant les bouées par-dessus bord et les lâchant au moyen de dispositifs munis de croc à échappement. Après les premiers largages, des navires de service et de petites embarcations ont permis de récupérer les bouées en vue de leur réutilisation ultérieure avant qu'elles ne s'échouent. En plusieurs occasions, les plans de récupération n'ayant pas abouti, des bouées ont échoué dans des pays voisins, ce qui a retardé leur récupération et leur réutilisation. Certaines n'ont jamais été récupérées car elles ont été endommagées en atteignant la côte et ont cessé d'émettre. Les sociétés pétrolières de la région ont à plusieurs reprises très efficacement contribué à rapporter les bouées en vue de leur réutilisation.

Au cours du programme complémentaire de bouées dérivantes, 10 autres bouées ont été commandées à la France et livrées. De courtes expériences ont été menées au large de Djeddah, au centre de la mer Rouge, pour tenter de mieux connaître les courants près du port islamique de Djeddah et de l'usine de dessalement située au nord de la ville. Des expériences analogues sont prévues dans la zone située et à l'ouest de Yanbu, dans le nord-est de la mer Rouge.

L'expérience qu'elle a acquise en matière de technologie et de systèmes de bouées dérivantes permettra à l'Arabie saoudite d'apporter une contribution encore plus efficace aux organisations régionales dont elle est membre. Le programme de bouées dérivantes, qui fait partie du programme océanographique national, s'efforcera d'atteindre ses objectifs et pourrait bien servir d'exemple aux autres organisations et institutions de cette partie du monde. A ce jour, les activités sont limitées aux parties fermées du Golfe et de la mer Rouge, mais elles pourraient bien à l'avenir s'étendre à d'autres zones par l'intermédiaire d'organisations régionales.

AUSTRALIE

Programme de bouées dérivantes de la Division de l'Antarctique

2.1 HISTORIQUE

Les bouées utilisées pour le programme de la Division de l'Antarctique sont mouillées dans la glace navigable au cours de l'été antarctique et s'agglomèrent ensuite au pack avec le gel. Le corps de la bouée doit donc être capable de supporter des collisions entre blocs de glace dérivante. Plutôt que de mettre au point un nouveau modèle en Australie, on a choisi d'utiliser pour ce programme des bouées de la série ICEX, conçues et construites par l'Institut Chr. Michelsen, de Bergen (Norvège) qui ont déjà fait leurs preuves dans l'Arctique. Leur conception a été modifiée en 1984 afin d'incorporer une chaîne de thermistances de 100 m de long pour le programme de la Division antarctique.

2.2 EXPERIENCES ET OPERATIONS

Des recherches expérimentales ont été faites sur la dérive de la glace de mer et sur les conditions régnant dans la zone antarctique des glaces de mer saisonnière, entre 40° et 120° de longitude est. Des programmes pilotes avec largage de bouées dans la région de la baie de Prydz (65-68°S, 70-80°E) ont été exécutés en 1985 (3 bouées) et 1987 (6 bouées).

3. CORPS DE LA BOUEE

Sphère en polyester, armée de fibre de verre, de 0,8 m de diamètre, remplie de 40 kg de polyuréthane, avec un contre-poids de 15 kg à la partie inférieure.

3.2 CAPTEURS

Baromètre Anderaa (résolution : 0,15 hPa).

Chaîne de thermistances Anderaa comprenant 11 capteurs situés respectivement à 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75 et 100 m de profondeur (résolution : 0,05 °C).

Thermistance UUA 32J3 pour la température de l'air (résolution : 0,2 °C) et pour la température de la surface de la mer (résolution : 0,05 °C).

3.3 EQUIPEMENT ELECTRONIQUE

Emetteur CEIS Espace 82N.

Unité de traitement équipée de 32 entrées analogiques ou numériques, de 10 impulsions utilisateur programmables, d'un programme de traitement et d'une mémoire de 32 K.

Carte d'interface température.

3.4 ANCRES FLOTTANTES

On utilise en guise d'ancre flottante une chaîne de thermistances lestée, ou une corde lestée de 100 m de long.

4.1 LOGISTIQUE

Les bouées sont larguées à partir du N/O NELLA DAN à l'occasion de campagnes de recherches océanographiques qui ont lieu en février-mars.

4.2 TECHNIQUE DE MISE A L'EAU DES BOUEES

Les bouées sont descendues dans l'eau à l'aide d'une petite grue située sur le pont hydrographique du navire (voir la figure qui se trouve à la fin de la présente section).

5.1 SERVICE ARGOS

Toutes les bouées utilisent le Service Argos et leurs données sont codées dans le code DRIBU et transmises via le SMT.

5.2 TERMINAUX LOCAUX D'UTILISATEURS

Aucun n'est spécifiquement prévu pour ce programme. Le LUT du Bureau de météorologie de Melbourne est en mesure de recevoir les données fournies par les bouées situées le plus à l'est.

5.3 DISPONIBILITE DES DONNEES EN TEMPS REEL

Pour quelques bouées seulement, via le SMT ou via le LUT du Bureau de météorologie.

5.4 QUALITE DES DONNEES

Généralement élevée, bien que certains baromètres et certaines thermistances de la chaîne se soient déréglés après fabrication.

5.5 ARCHIVAGE DES DONNEES

Les données traitées et mises en forme sont stockées sur bande magnétique à la Division de l'Antarctique (Ministère des arts, des sports, du tourisme et de l'environnement).

6.1 MATERIEL

Achat de trois bouées équipées de chaînes de thermistances en 1984 : 54.000 dollars australiens.

Achat de six bouées équipées de chaînes de thermistances en 1986 : 130.000 dollars australiens.

6.2 LOGISTIQUE

Incluse dans les programmes en cours. Coût impossible à calculer à part.

6.3 TRAITEMENT DES DONNEES

Redevances versées au système Argos (tarif global), neuf années-bouées.

Création de logiciels et traitement des données à la Division de l'Antarctique : 20.000 dollars australiens en 1985 et 25.000 dollars australiens en 1987 (estimations).

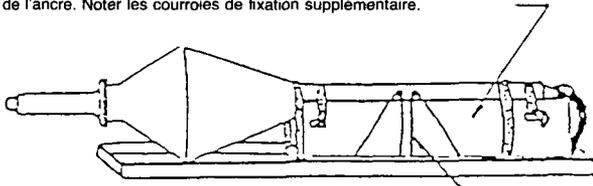
PROCÉDURES DE MISE À L'EAU DES BOUÉES DÉRIVANTES
BUREAU DE MÉTÉOROLOGIE - AUSTRALIE

B-2

1. DISPOSITIF TYPE

Fig. 1 BOUÉE ÉQUIPÉE D'UNE ANCRE FLOTTANTE

CAISSE CONTENANT LA LIGNE DE SUSPENSION DE L'ANCRE :
Contient une ligne de suspension de 100 m de long attachée au lest de l'ancre. Noter les courroies de fixation supplémentaire.

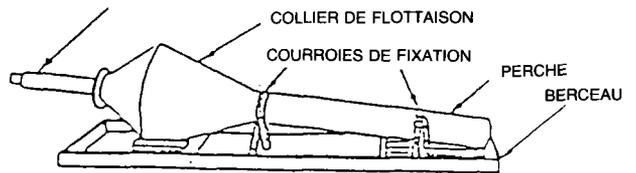


POIDS APPROXIMATIF = 250 KG

PATTE DE FIXATION
RETENANT LE LEST DE L'ANCRE

Fig. 2 BOUÉE NON ÉQUIPÉE D'UNE ANCRE FLOTTANTE

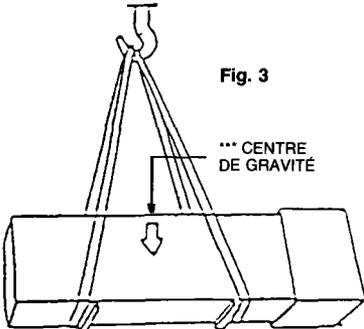
ASSEMBLAGE DE L'ANTENNE
(EXTRÊMEMENT FRAGILE)



POIDS APPROXIMATIF = 150 KG

2. SYSTÈME DE LEVAGE

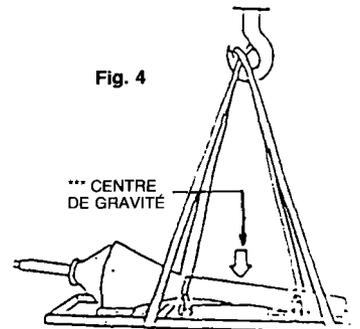
Fig. 3



*** CENTRE DE GRAVITÉ

1. Pour sortir la bouée du camion, soulever la caisse comme sur la fig. 3 (** Noter le centre de gravité).
2. Déballer la bouée avec précaution.
3. Soulever la bouée comme sur la fig. 4.
4. Mettre la bouée à un endroit sûr du pont et l'arrimer pour empêcher la palette de glisser.

Fig. 4

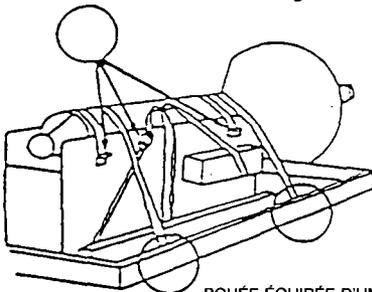


*** CENTRE DE GRAVITÉ

** FAIRE TRÈS ATTENTION A NE PAS ENDOMMAGER L'ASSEMBLAGE DE L'ANTENNE **

3. PRÉPARATION DE LA MISE À L'EAU

Fig. 5

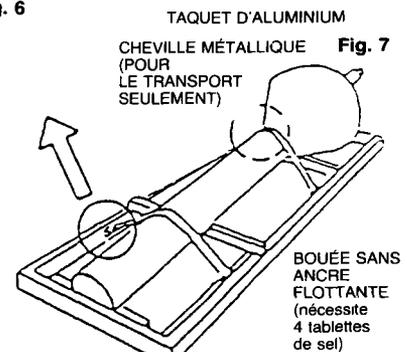


BOUÉE ÉQUIPÉE D'UNE ANCRE
(nécessite 10 tablettes de sel)

1. Enlever la cheville métallique (voir figure 6) et la remplacer par deux tablettes de sel solubles à chacun des points d'attache des courroies de fixation (entourés d'un cercle).
2. Bien serrer les courroies.

Note : au contact de l'eau, les tablettes solubles se dissolvent, permettant à la palette de se séparer de la bouée.

Fig. 6



TAQUET D'ALUMINIUM

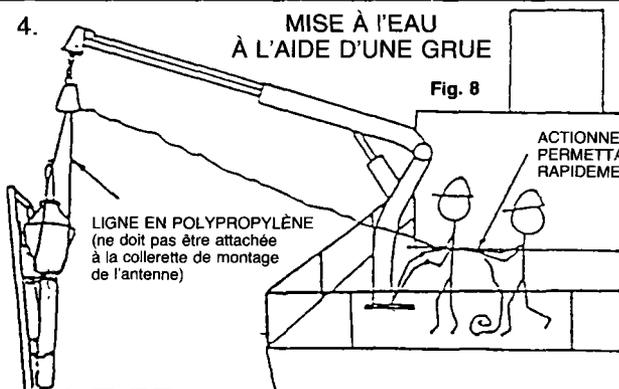
CHEVILLE MÉTALLIQUE
(POUR LE TRANSPORT SEULEMENT)

Fig. 7

BOUÉE SANS ANCRE FLOTTANTE
(nécessite 4 tablettes de sel)

4. MISE À L'EAU À L'AIDE D'UNE GRUE

Fig. 8



LIGNE EN POLYPROPYLÈNE
(ne doit pas être attachée à la collerette de montage de l'antenne)

ACTIONNE LE MÉCANISME PERMETTANT DE LACHER RAPIDEMENT LA BOUÉE

HAUTEUR DE CHUTE MAXIMALE
ADMISSIBLE = 10 M

VITESSE RECOMMANDÉE DU NAVIRE
3 NŒUDS ENVIRON

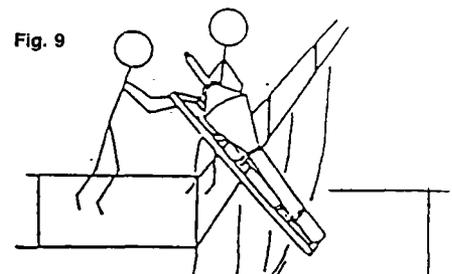
Notes : 1. La bouée DOIT entrer dans l'eau verticalement.

2. Le navire doit s'écarter rapidement de la bouée mise à l'eau pour éviter les chocs contre la coque.

5. MISE À L'EAU MANUELLE

Peut nécessiter 4 à 6 personnes

Fig. 9



HAUTEUR DE CHUTE MAXIMALE
ADMISSIBLE = 10 M

VITESSE RECOMMANDÉE DU NAVIRE
3 NŒUDS ENVIRON

Laboratoires marins de l'Organisation de recherche
scientifique et industrielle du Commonwealth (CSIRO)

Division d'océanographie

2.1 HISTORIQUE

La Division d'océanographie utilise des bouées suivies par satellite pour déterminer la circulation des courants océaniques et pour retransmettre l'information relative à l'environnement. Le programme a débuté en 1972 avec une bouée-perche de la CSIRO munie d'un répondeur et suivie par le satellite français "EOLE". A partir de 1975, la poursuite de la bouée a été assurée par la NASA et depuis 1980, par le service français Argos.

Les bouées ont été utilisées avec un remarquable succès pour mettre en évidence notamment la dynamique du courant de Leuwin et les tourbillons du courant de la côte est de l'Australie.

L'équipement électronique des premières bouées, qui faisait 3 m de long et 0,1 m de diamètre était assez volumineux et peu maniable. Pour l'abriter, le corps de la bouée avait la forme d'une perche de 5 m de long en chlorure de polyvynyle armé de fibre de verre, flottant verticalement.

En 1975, la taille de l'équipement électronique ayant diminué, celle du corps de la bouée a également été réduite. De plus, on en a modifié l'aspect pour en faire une sorte de torpille courte de 1,6 m de long sur 0,4 m de diamètre flottant horizontalement, ce qui réduit sa prise au vent, aux vagues et aux courants. Les bouées sont retenues dans les courants océaniques par des ancres flottantes à parachute accrochées à l'extrémité de lignes de suspension de 50 m de long. En cas de rupture de la ligne, la bouée bascule et un interrupteur à mercure envoie un signal. A l'usage, cette méthode s'est révélée efficace.

Les émetteurs des bouées sont achetés en France et les circuits nécessaires au chargement solaire des batteries et à la mesure de la température sont conçus et fabriqués à Hobart.

La Division prévoit d'ajouter à l'actuelle bouée un module contenant un capteur de la pression atmosphérique. En outre, un prototype de dispositif permettant d'établir des profils de la température et de la profondeur est en construction. Il équipera une sonde descendue deux fois par jour à une profondeur de 100 m au moyen d'un petit treuil fonctionnant à l'énergie solaire, ce qui devrait permettre son utilisation dans l'océan Indien tropical. Revenue à la surface, la sonde transmettra ses données via une ligne d'induction mise au point pour un enregistreur de données submersible conçu par la Division. Elle sera chargée de la même manière.

Trente-cinq bouées en forme de torpille ont été utilisées des tropiques jusqu'à l'océan Austral. L'une d'entre elles est restée inactive pendant tout l'hiver qu'elle a passé prise dans la glace de mer. Elle a recommencé à transmettre lorsque le soleil est revenu, en septembre.

Trente bouées, larguées par des navires de recherche et des navires marchands, ainsi que par des bâtiments et des hélicoptères de la marine de guerre, servent depuis 1985-1987 à une étude conjointe CSIRO/RAN du courant de la côte est de l'Australie.

5.1 SERVICE ARGOS

Diffusion des données par Service Argos.

5.2 TERMINAUX LOCAUX D'UTILISATEURS

Il n'y a pas de LUT à proprement parler, la station de réception des données recueillies par satellite de la CSIRO implantée à Hobart ne peut recevoir que des données (par exemple la température de surface de la mer).

5.3 DISPONIBILITE DES DONNEES EN TEMPS REEL

Le format des séries de données que fournissent actuellement les bouées ne permet pas de les transmettre via le SMT. Il sera modifié à l'avenir.

5.4 QUALITE DES DONNEES

Les données sont vérifiées par un personnel qualifié.

5.5 ARCHIVAGE DES DONNEES

Les données sont archivées à la Division d'océanographie de la CSIRO, à Hobart.

6.1 MATERIEL

Les différents éléments coûtent environ 5.000 dollars australiens.

6.2 LOGISTIQUE ET MISE A L'EAU

Coût du transport jusqu'à port d'escale des navires chargés de la mise à l'eau. Pas de frais de mise à l'eau.

6.3 TRAITEMENT DES DONNEES

Redevances dues à Argos pour la poursuite des bouées et les bandes magnétiques.

Bureau de météorologie

4.1 LOGISTIQUE

4.1.1 Période de mise à l'eau des bouées

Aux latitudes australes (40° S - 60° S), le Bureau de météorologie mouille les bouées principalement entre septembre et mars en faisant appel aux navires qui assurent le réapprovisionnement de l'Antarctique.

Une fois les besoins des hautes latitudes satisfaits, des bouées sont mises à l'eau dans les autres zones, généralement par des navires marchands.

4.1.2 Choix des zones de mise à l'eau

Chaque année en mai, le Centre météorologique national et les bureaux régionaux du Bureau de météorologie font connaître leurs vœux quant aux zones de mouillage qui leur paraissent prioritaires.

La Section des réseaux et de la navigation choisit les zones de mouillage en tenant compte de ces suggestions et des considérations suivantes :

- (a) le nombre de bouées disponibles ;
- (b) leur équipement ou non d'une drague à courant ;
- (c) les lacunes existantes ou prévisibles du réseau ;
- (d) les routes maritimes et la fréquence du passage des navires ;
- (e) le caractère plus ou moins approprié des navires.

4.1.3 Liaison avec les responsables de la mise à l'eau

Une fois que les zones de mouillage sont déterminées et que l'on a trouvé des navires qui conviennent, on s'efforce d'obtenir l'autorisation des propriétaires de ces navires, des agents maritimes et des capitaines. La liaison assurée entre les agents météorologiques portuaires et les sections responsables des réseaux et des études techniques du Bureau et avec les capitaines des navires est le garant du bon déroulement des opérations de chargement et de mouillage.

4.1.4 Procédure suivie après la mise à l'eau

Dans l'heure qui suit la mise à l'eau, le capitaine communique au Bureau de météorologie des précisions sur l'opération (position, heure, identification de la bouée, pression et températures de l'air et de la mer à ce moment-là).

Un numéro d'identification de l'OMM est attribué aux bouées australiennes et Service Argos et l'OMM sont avisés.

Pour les bouées TOGA, ces précisions ainsi qu'une demande de numéro d'identification de l'OMM sont envoyées par télex au NDBC situé dans le Mississippi.

5.2 Terminaux locaux d'utilisateurs

Les LUT du Bureau de météorologie sont situés près de Melbourne et de Perth. Des récepteurs fonctionnant dans la bande-S ont été installés en juillet 1987. Les émetteurs ARGOS équipant les bouées transmettent leurs données via le processeur d'information TIROS embarqué à bord des satellites NOAA et les ordinateurs FACOM, à Melbourne, reçoivent directement les données des deux centres de lecture en vue d'un traitement centralisé.

La réception locale permet de collecter et de localiser les données provenant de bouées dérivantes situées jusqu'à 55 à 60° de latitude sud et entre 90 et 180° de longitude est. Les données peuvent être collectées jusqu'à 20° au-delà de ces limites, mais la localisation n'est pas alors assurée.

La position est déterminée avec une précision d'environ 0,1 à 0,3° (11 à 33 km) pour les bouées les plus proches et de 0,5 à 1° (55 à 110 km) pour les plus éloignées. C'est loin de la précision atteinte par le Centre de traitement Argos, mais c'est suffisant pour la plupart des applications météorologiques.

5.3 Disponibilité des données en temps réel

Le Bureau australien de météorologie utilise les données relatives à la pression atmosphérique, à la température de l'air et à la température superficielle de la mer fournies par toutes les bouées dérivantes en service dans l'hémisphère Sud. Le Centre météorologique national du Bureau les reçoit du Centre de traitement Argos via le SMT et (pour la région de l'Australie) des LUT de Melbourne et de Perth. Les données sont traitées au NMC et transmises par lignes terrestres aux centres de prévision.

Les données parvenant via le SMT sont généralement disponibles dans les trois heures qui suivent leur acquisition mais peuvent à l'occasion ne parvenir que dans les six heures suivant l'observation par satellite. L'avantage du LUT est que les données concernant la région sont disponibles beaucoup plus vite que celles qui arrivent via le SMT. Elles parviennent régulièrement dans l'heure ou dans les deux heures qui suivent l'observation et il est encore possible de réduire ce délai en affinant les procédures de traitement.

5.4 Qualité des données

D'après l'expérience du Bureau de météorologie, les données fournies par les bouées dérivantes sont en général de très bonne qualité. Celles qui sont erronées sont habituellement faciles à déceler par les procédures de surveillance courantes car on s'est aperçu qu'ou bien une bouée fournit régulièrement de bons relevés, ou bien, au contraire, des erreurs importantes et manifestes sont observées en permanence. Les cas de résultats douteux sont rares.

On estime qu'à tout moment 5 à 10 % seulement des bouées appartenant au réseau de l'hémisphère Sud fournissent des données erronées, les autres fournissant des relevés exacts. En général, lorsqu'une bouée est défectueuse, on enregistre des erreurs importantes pour tous les paramètres en même temps, mais il peut arriver que les relevés de la pression soient satisfaisants, alors que ceux de la température superficielle de la mer sont erronés ou vice versa.

CANADA

Au Canada, ce sont surtout le Ministère des pêches et des océans et le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) du Ministère de l'environnement qui, avec la coopération des ministères des transports et de la défense nationale et, occasionnellement, de sociétés privées de prospection pétrolière, lancent des programmes de bouées dérivantes.

Le Service de l'environnement atmosphérique (SEA)

L'intérêt que le SEA porte aux bouées dérivantes s'explique par le fait que ce service est chargé de la prévision du temps, de l'état de la mer et des glaces pour les eaux canadiennes. Il exploite deux terminaux locaux d'utilisateurs, l'un à Edmonton, Alberta, et l'autre à Downsview (Toronto), Ontario. De plus, comme indiqué ci-après, il met à l'eau et entretient des bouées dérivantes dans le Pacifique et dans l'océan Arctique.

(a) Le Pacifique

Les six bouées dérivantes mouillées dans le Pacifique enregistrent normalement la pression barométrique et la température de l'eau ; certaines sont de plus équipées de capteurs de la vitesse du vent et de la température de l'air.

Huit bouées dérivantes destinées à être mises à l'eau dans la région du Pacifique sont en réserve. Pour exploiter un réseau dans le nord-est du Pacifique, il est prévu de larguer par avion trois minibouées dérivantes MetOcean qui enregistreront la pression barométrique et la température de l'air et de l'eau.

(b) Bassin Arctique

En règle générale, les bouées larguées par avion ne mesurent que la pression et la température interne, qui est considérée comme représentative de la température de l'air. En ce qui concerne les bouées déposées sur la glace par des moyens de transport de surface, les opérations de mise à l'eau ont un caractère occasionnel car il est fait appel à la coopération de sociétés prospectives ou de groupes de recherche. Ces bouées enregistrent en général non seulement la pression et la température, mais encore le vent et l'humidité relative. Mises à l'eau dans de bonnes conditions, elles émettent généralement pendant un an ou deux, jusqu'à ce que les piles soient usées ou qu'elles soient endommagées par la glace.

La station de réception satellite du SEA située à Edmonton reçoit les données transmises en temps réel par les bouées. L'information est décodée et les données sont restructurées en vue de leur transmission via le SMT. Ces données servent à établir et analyser des cartes de la pression réduite au niveau moyen de la mer, à étudier le mouvement des glaces et sont utiles pour divers travaux de la recherche scientifique.

ETATS-UNIS D'AMERIQUE

Les Etats-Unis prévoient de mouiller plus de 500 bouées dérivantes de divers modèles dans presque tous les océans du monde essentiellement aux fins de la recherche océanique et climatique, mais un grand nombre d'entre elles fourniront aussi des données pour des programmes opérationnels.

Une grande partie de ces bouées seront attribuées au Programme TOGA et au programme connexe de recherche sur le climat de l'océan (Etudes sur le climat de l'océan Pacifique équatorial - EPOCS). EPOCS continuera d'exploiter un réseau d'environ 65 bouées dans le Pacifique tropical oriental et TOGA d'environ 60 dans l'hémisphère austral.

En dehors de TOGA et d'EPOCS, plusieurs autres programmes de recherche utilisant des bouées dérivantes seront menés, notamment des études sur la circulation dans le golfe d'Alaska, dans le golfe du Maine, dans le golfe du Mexique et dans les grands lacs ; des recherches sur les effets de la variabilité de l'environnement sur les peuplements de poissons et de crustacés de la région de l'Alaska ; la surveillance des débris marins tels que filets de pêche ; des études sur les processus océanographiques et biologiques ; et la mise au point, l'essai et l'évaluation de nouveaux systèmes.

Dans le cadre du Programme de bouées dans le bassin de l'Arctique, exécuté en coopération avec le Canada et la Norvège, on continuera de mesurer, en vue d'archivage, le champ de pression et la vitesse de la glace ainsi que leurs variations d'une année sur l'autre aux fins d'études climatiques et de fournir des données en temps réel pour l'analyse et la prévision des conditions météorologiques et de l'état de la glace. Des bouées dérivantes seront en outre utilisées dans la région arctique pour d'autres programmes de recherche visant à étudier l'interaction air-mer-glace, les processus de la zone marginale de glaces et le mouvement et la dynamique des glaces.

Les garde-côtes des Etats-Unis utilisent des bouées dérivantes dans l'Atlantique Nord pour recueillir sur les courants et sur la température de surface de la mer des données susceptibles de les aider à s'acquitter de leur mission de recherches, de sauvetage et de surveillance des glaces à l'échelon international. Il est prévu de mouiller des bouées dérivantes, d'une part, dans des régions de l'Atlantique Nord pour lesquelles les données sont rares et, d'autre part, à l'avant de cyclones tropicaux, à l'appui des analyses et prévisions opérationnelles concernant l'environnement. Environ six bouées sont tenues en réserve de façon à pouvoir être mises à l'eau rapidement pour collecter des données météorologiques en cas d'urgence.

Bouée TOGA du NDBC

3.1 CORPS DE LA BOUEE

Forme : perche

Matériau : aluminium T6061
épaisseur : 0,32 cm pour le cylindre et 0,16 cm pour le cône

Dimensions : largeur : 0,25 m pour le cylindre et 0,92 m pour le cône
longueur : 3,0 m

Lest : 18 à 27 kg

Poids : 90,7 kg

3.2 CAPTEURS

Pression barométrique
Température superficielle de la mer
Température de l'air

Des capteurs permettant de faire les mesures ci-après sont encore au stade de la mise au point :

Vitesse du vent
Direction du vent
Température subsuperficielle jusqu'à 600 m de profondeur
Hauteur significative des vagues, période des vagues, spectre des vagues

3.3 EQUIPEMENT ELECTRONIQUE

Emetteur Argos : rythme de répétition 40 à 60 s
Message Argos : 32 à 256 bits
Durée de vie des piles : 12 à 18 mois

3.4 ANCRE FLOTTANTE

Normalement pas utilisée

4.2 MISE A L'EAU

Par bateau
Par avion (C130, C141)

FRANCE

CADRE GENERAL

Le Programme SOBA, exécuté dans le cadre de l'accord COST-43, se déroule dans la mer d'Irmingier. La France y participe et en assure la coordination technique. Les données fournies par les bouées sont collectées par le système Argos (segment terrestre complet ou LUT) puis introduites dans le SMT. Doivent notamment être mesurées la pression atmosphérique et la température de surface de la mer.

Le Programme SCOS, fondé sur des principes tout à fait analogues à ceux du programme SOBA, a débuté fin 1986. La France fournira dans ce cadre quatre bouées par an et assurera une fois encore la coordination technique du programme.

On continue en outre d'installer et d'évaluer de nouveaux capteurs (pour le vent, dont les mesures ne sont pas encore tout à fait valables et pour la température de la couche superficielle de l'océan). Des bouées équipées spécialement pour effectuer ces mesures de température sont actuellement testées à Brest ou mouillées dans d'autres zones (SCOS, programme sur les tempêtes océaniques...).

La France contribue au Programme TOGA en exploitant quatre bouées dérivantes Ecomar.

La bouée Ecomar

3.1 CORPS DE LA BOUEE

Forme : cylindrique
Poids : 26 kg
Poids du lest : 11 kg
Longueur : 1,20 m
Diamètre : 0,20 m
Matériau : fibre de verre.

3.2 CAPTEURS

Pas de capteur.

Localisation de la bouée seulement pour décrire les courants océaniques.

3.3 EQUIPEMENT ELECTRONIQUE

Emetteur Argos
Intervalle de 60 s entre les messages.

Batterie de piles
Durée de vie : 12 mois avec des piles alcalines.

Message Argos : 32 bits (tous à "0").

3.4 ANCRE FLOTTANTE

Du type "panneau"

L'ancre peut être accrochée directement sous la bouée (poids humide maximal, 11 kg) ; on peut également l'accrocher à une ligne flottant en surface pour éviter que ses mouvements n'influencent sur la bouée.

Bouée Ecolap

Identique à Ecomar, mais un capteur mesure la température du corps de la bouée qui est censée être celle de la surface de la mer.

Bouée Focal

3.1 CORPS DE LA BOUEE

Forme : cylindrique, plus certaines parties coniques
Poids : 135 kg
Longueur : 2,70 m
Diamètre maximal : 0,80 m
Diamètre minimal : 0,20 m.

3.2 CAPTEURS

Chaîne de thermistances équipée de 15 thermistances au maximum.

Capteur de pression hydrostatique : au bout de la chaîne de thermistances.

On peut ajouter un autre capteur de la pression hydrostatique, mais il faut alors réduire le nombre de thermistances.

Capteur permettant de mesurer des paramètres techniques, le voltage des piles, par exemple.

3.3 EQUIPEMENT ELECTRONIQUE

Emetteur Argos
Intervalle de 60 s entre les messages.

Sous-système d'acquisition et de traitement connecté aux capteurs et à l'émetteur.

Batterie de piles
Durée de vie : 12 mois.

Message Argos
5 x 32 bits.

3.4 ANCRE FLOTTANTE

Du type "panneau"

L'ancre est attachée à une ligne flottant en surface. Sa profondeur peut être modifiée en fonction des spécifications de l'utilisateur.

Bouée "Marisonde BT"

3.1 CORPS DE LA BOUEE

Forme : cylindrique et certaines parties coniques
Poids sans lest ni chaîne : 85 kg
Poids de la chaîne
de thermistances (100 m) : 50 kg
Longueur : 2,8 m

Diamètre maximal : 0,9 m
Matériaux : fibre de verre et polyester

3.2 CAPTEURS

Pression barométrique : tendance de la pression calculée sur 3 heures

Température subsuperficielle : 10 niveaux jusqu'à une profondeur de 100 m et capteur de pression hydrostatique au bout de la chaîne. La chaîne peut être remplacée par un seul capteur mesurant la température superficielle de la mer

Voltage des piles :

3.3 EQUIPEMENT ELECTRONIQUE

Emetteur Argos : intervalle de 60 s entre les messages.

Sous-système d'acquisition et de traitement connecté aux capteurs et à l'émetteur.

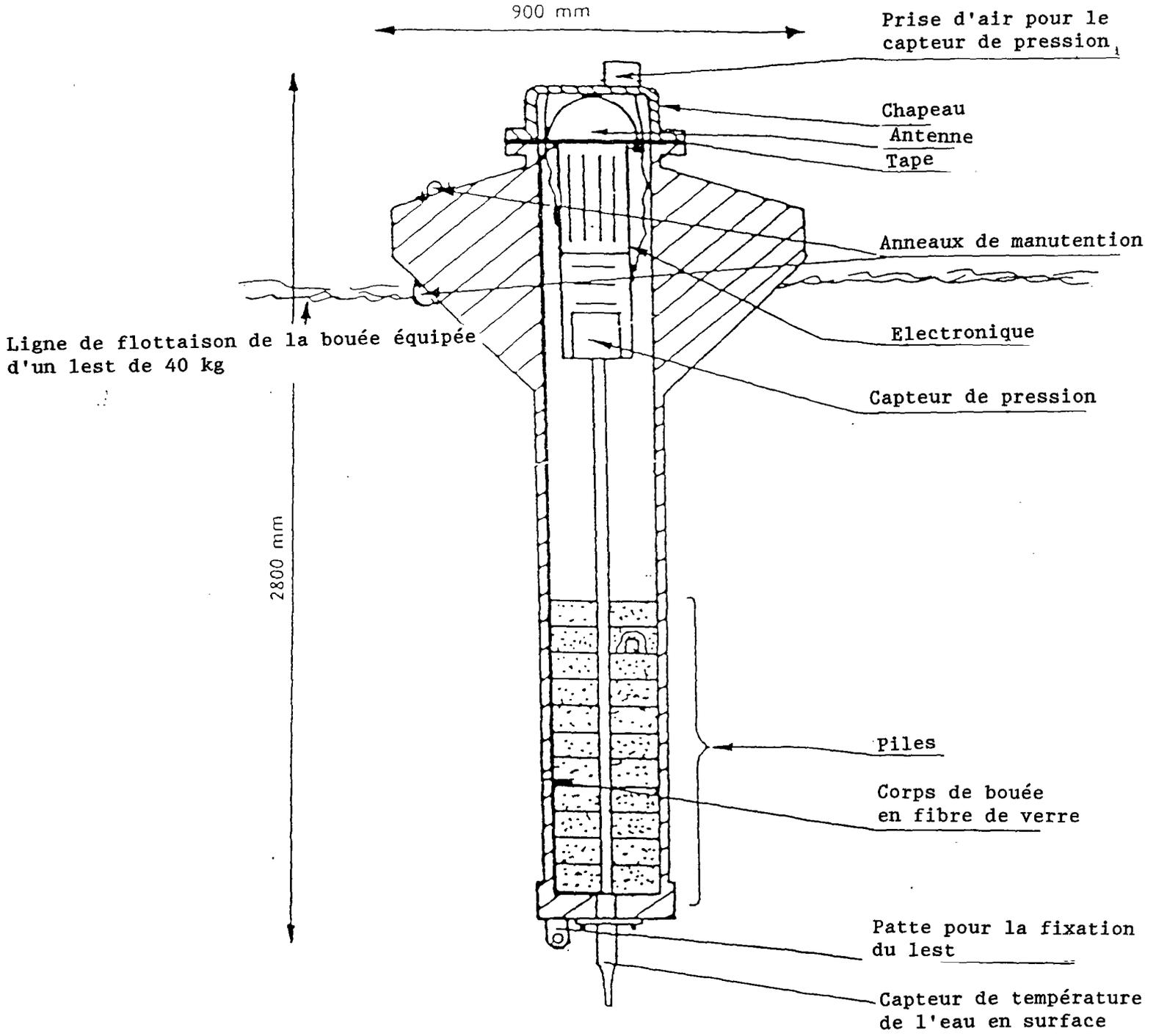
Le délai entre deux prises de mesure peut être programmé : 15 mn, 1 ou 3 heures.

Batterie de piles : 12 mois.

Messages Argos de 8 x 32 bits compatibles avec le code DRIBU.

Fabricant : CEIS Espace
Z.I. Thibault
Rue des frères Boudes
F-31084 Toulouse CEDEX

Exploitant : Direction de la météorologie
Centre de météorologie marine
IFREMER - BP 337
29273 Brest CEDEX - contacter P. Blouch.



Prototype de Marisonde BT avec chaîne Bathy

Bouée "Marisonde GT"

3.1 CORPS DE LA BOUEE

Forme : cylindrique et certaines parties coniques

Poids sans lest ni chaîne : 100 kg

Poids de la chaîne de
thermistances (100 m) : 50 kg

Longueur : 4,2 m

Diamètre maximal : 0,9 m

Matériaux : fibre de verre et polyester.

3.2 CAPTEURS

Pression barométrique : tendance de la pression calculée sur 3 heures

Température subsuperficielle : 10 niveaux jusqu'à une profondeur de 100 m
et capteur de pression hydrostatique au bout
de la chaîne. La chaîne peut être remplacée
par un seul capteur mesurant la température
superficielle de la mer

Voltage des piles :

3.3 EQUIPEMENT ELECTRONIQUE

Emetteur Argos : intervalle de 60 s entre les messages.

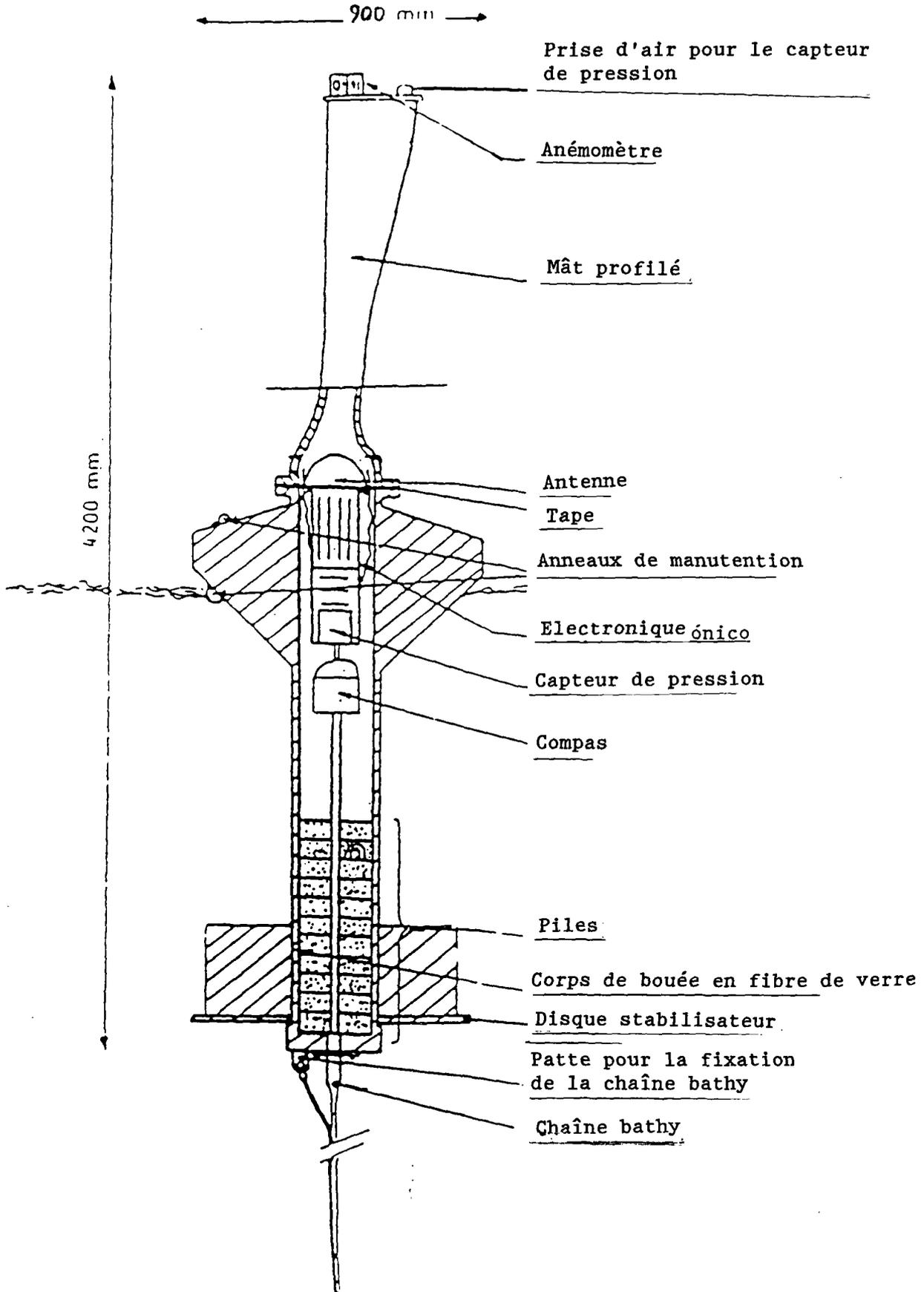
Sous-système d'acquisition et de traitement connecté aux capteurs et à
l'émetteur. Le délai entre deux prises de mesure peut être programmé : 15 mn, 1 ou
3 heures.

Batterie de piles : 12 mois

Messages Argos de 8 x 32 bits compatibles avec le code DRIBU.

Fabricant : CEIS Espace
Z.I. Thibault
Rue des frères Boudes
F-31084 Toulouse CEDEX

Exploitant : Direction de la météorologie
Centre de météorologie marine
IFREMER - BP 337
29273 Brest CEDEX - prendre contact avec P. Blouch.



5.4 QUALITE DES DONNEES

A la direction de la météorologie, le contrôle de la qualité des données en code DRIBU après introduction dans le SMT se fait en trois étapes :

- (a) décodage du message et premiers contrôles automatiques du format (groupes de chiffres, signes de début et de fin de message...) ; en cas de difficultés, possibilité de supervision manuelle permettant de corriger les erreurs évidentes et de reprendre les procédures automatiques ;
- (b) vérification automatique de la fourchette dans laquelle sont situées les données par rapport à une climatologie succincte (ne tenant pas compte des changements saisonniers, par exemple), qui aboutit à l'attribution d'un indicateur de qualité à chaque observation ;
- (c) contrôles plus poussés uniquement pour les données recueillies aux heures synoptiques (ou presque) dans la zone couverte par les modèles en vue de l'analyse objective servant d'entrée pour les modèles de prévision numérique ; comparaison avec le champ de première approximation, c'est-à-dire la prévision pour six heures, et suppression de l'observation si l'écart enregistré dépasse un certain seuil qui dépend à la fois de la variance des erreurs de l'observation et du champ de première approximation ; comparaison avec les résultats d'une analyse faite à partir des données voisines, à l'exclusion de l'observation considérée. Le reste doit être inférieur à une valeur qui est fonction de la qualité moyenne de l'analyse. De nouveaux indicateurs de qualité sont attribués après ces derniers contrôles.

Les phases (a) et (b) sont appelées prétraitement et la phase (c) constitue le traitement proprement dit des données.

5.5 ARCHIVAGE DES DONNEES

Seules les données en code DRIBU parvenant via le SMT sont archivées. Cet archivage concerne le monde entier et ne tient pas actuellement compte des indicateurs d'analyse. Pour éviter les dangers des redondances dans l'analyse, on procède à une certaine condensation de l'information : dans une zone de 0,5° de latitude et de longitude et pendant une durée de 10 mn, seul le premier message reçu (en général par l'intermédiaire d'un LUT, s'il en existe) est conservé pour une plate-forme donnée. Il n'est pas effectué d'autres contrôles de la qualité des données. Des cartes mensuelles indiquant la position des observations et leur densité spatiale pour chaque carreau Marsden sont établies et font l'objet d'une diffusion internationale dans le cadre du SMISO (Centre océanographique spécialisé pour les données des bouées dérivantes, Paris, France).

GRECE

La Grèce n'a encore jamais utilisée de bouées dérivantes ni d'autres types de bouées à des fins météorologiques/océanographiques. Exploiter des bouées dérivantes en Méditerranée orientale risquerait de ne pas être très fructueux compte tenu du grand nombre d'îles de la région, des zones marines fermées et des faibles distances qui séparent les côtes. Quoi qu'il en soit, la Grèce prévoit de mettre à l'eau dans un premier temps une ou deux bouées de houle mouillées.

ISLANDE

La contribution de l'Islande est modeste mais importante. Elle consiste essentiellement à diriger le mouillage, par des navires marchands, de bouées dérivantes appartenant à d'autres pays. On trouvera à la section 3 "MATERIEL DES BOUEES DERIVANTES" des observations représentatives des vues de l'Islande sur les contrôles de qualité du matériel.

JAPON

2. CADRE GENERAL

L'Office de la sécurité maritime exploite des bouées dérivantes pour déterminer la trajectoire et la vitesse du Kuro-Shio et le Laboratoire régional des pêches de Tokai, de l'Office des pêches, en utilise également pour étudier l'effet des courants océaniques sur les pêches. Les données ainsi fournies ne servent toutefois pas encore aux opérations régulières d'analyse et de prévision océanographiques. Les Offices japonais de météorologie et de la sécurité maritime diffusent les informations relatives aux courants océaniques au moyen de radio fac-similés et de publications.

Etant donné que deux grands courants, le Kuro-Shio et l'Oya-Shio exercent une influence déterminante sur les conditions océaniques dans les eaux proches du Japon, le pays devrait à l'avenir utiliser plus efficacement les systèmes de bouées dérivantes.

Office de la sécurité maritime

3. MATERIEL

Forme : de type fuseau

Dimensions : 1,72 m de haut, 0,7 m de diamètre maximal

Poids : 65 kg

Observation : température superficielle de la mer à 1 m de profondeur (précision de 0,1 °C)

Ancre flottante : en toile à voile, de 1,5 x 4 m, déployée à 20 m de profondeur.

4. OPERATIONS

1984 : 4 bouées
1985 : 5 bouées
1986 : 3 bouées
1987 : 6 bouées (en juillet)

Zone de mouillage : dans les zones du courant du Pacifique Nord et du Kuro-Shio.

5. DONNEES

Les données relatives au calcul de la localisation sont fournies sur bande magnétique par Argos. Archivage sur disque souple.

Laboratoire régional des pêches de Tokai

3. MATERIEL

Forme : type fuseau

Dimensions : 2,1 m de haut sur 0,7 m de diamètre maximal

Poids : environ 50 kg

Observation : température superficielle de la mer, à 1 m de profondeur
(avec une précision de 0,1 °C)

Ancre flottante : 1,5 x 4 m, faite en toile à voile et déployée à 5 à 8 m
de profondeur.

4. OPERATIONS

1984 : 1 bouée dans la zone du courant froid de l'Oya-Shio
1985 : 1 bouée dans la zone d'eau chaude proche de l'Oya-Shio
1987 : 1 bouée dans la zone du courant froid de l'Oya-Shio.

5. DONNEES

Les données relatives au calcul de la localisation sont fournies par Argos
sur bande magnétique. Archivage sur bande magnétique.

NORVEGE

(a) L'Arctique

La Norvège coopère avec les Etats-Unis et le Canada dans le cadre du Programme sur le bassin de l'Arctique. Sa contribution à ce programme consiste à mettre en place dans l'Arctique des stations automatiques sur la glace dérivante. Elle continuera à en installer deux à quatre par an pour mesurer la pression barométrique, la tendance de la pression et la température de l'air. Les organismes norvégiens qui participent au projet sont l'Institut norvégien de recherche et l'Institut norvégien de météorologie. L'Institut polaire norvégien va également mettre en place chaque année trois stations automatiques de ce type dans la zone septentrionale de la mer de Barents.

Une expérience sur la zone marginale de glaces, au cours de laquelle un certain nombre de stations ont été mises en place sur la glace et dans l'eau dans le détroit de Fram, a eu lieu pendant l'hiver 1986-1987 sous l'égide de l'Institut géophysique de l'Université de Bergen et avec la coopération d'autres établissements et groupes de recherche norvégiens et étrangers.

(b) Mer de Norvège et mer de Barents

L'Institut de recherche marine continuera de mouiller des bouées dérivantes en mer du Nord, en mer de Norvège et en mer de Barents pour étudier les oeufs et les larves, et dans les courants côtiers pour étudier les tourbillons et les phénomènes de faible envergure sur le front desdits courants.

En 1987, l'Institut norvégien de météorologie continuera de mettre à l'eau des bouées dérivantes et de petites bouées mouillées en mer de Norvège et en mer de Barents.

NOUVELLE-ZELANDE

2. CADRE GENERAL

Le Service météorologique néo-zélandais a commencé à s'intéresser aux bouées dérivantes au cours de la PEMG, lorsque la Nouvelle-Zélande a fait l'acquisition de plusieurs bouées et pris les dispositions nécessaires pour les mettre à l'eau, ainsi que d'autres bouées appartenant à d'autres pays participants.

En 1984, il a de nouveau contribué activement à des programmes de bouées dérivantes en aidant au mouillage de celles-ci à l'appui du Programme TOGA et en achetant les bouées nécessaires à la mise en place d'un réseau efficace dans les océans entourant la Nouvelle-Zélande.

3.1 CORPS DE LA BOUEE

Le Service météorologique néo-zélandais utilise des bouées standard du type PEMG proposées par les principaux fournisseurs de bouées dérivantes.

3.2 CAPTEURS

Les cinq premières bouées achetées par la Nouvelle-Zélande étaient équipées de capteurs de la pression barométrique, de la température de l'air et de la température superficielle de la mer. Toutefois, depuis nous avons pris livraison de cinq bouées munies de capteurs de la vitesse et de la direction du vent, en plus des capteurs standard susmentionnés et, si les résultats sont bons, nous pensons continuer à les utiliser.

3.3 EQUIPEMENT ELECTRONIQUE

Seuls les systèmes électroniques standard proposés par les principaux fournisseurs de bouées dérivantes ont été utilisés.

4.1 LOGISTIQUE

Au cours de ces trois dernières années, le Service météorologique a acheté cinq bouées par an et pris les dispositions nécessaires à leur mouillage ainsi qu'à celui de sept bouées en moyenne chaque année au nom du National Data Buoy Centre des Etats-Unis.

La majorité des bouées ont été larguées à partir de navires occasionnels naviguant entre la Nouvelle-Zélande et l'Amérique du Sud ou les Iles du Pacifique et d'un navire de recherche du gouvernement néo-zélandais.

4.2 TECHNIQUES DE MISE A L'EAU

Les bouées utilisées pouvaient être mises à l'eau manuellement (c'est-à-dire qu'il suffisait de les pousser par-dessus bord) mais, dans la plupart des cas, le commandant de bord a choisi d'utiliser une grue ou un mât de charge.

Des contacts ont été pris avec la Royal New Zealand Air Force en vue du largage éventuel de bouées à partir d'avions Hercules C130. Nous espérons que cela facilitera les opérations en mer de Tasmanie.

5.1 SERVICE ARGOS

Toutes les bouées sont enregistrées auprès de Service Argos et leurs messages introduits dans le SMT.

5.2 TERMINAUX LOCAUX D'UTILISATEURS

Le Service météorologique néo-zélandais exploite un terminal satellite et traite les messages fournis par les bouées en vue de leur utilisation dans la région, ce qui permet de les mettre à la disposition des prévisionnistes beaucoup plus vite que s'ils passaient par le SMT.

5.3 DISPONIBILITE DES DONNEES EN TEMPS REEL

Le LUT fournit des données en temps quasi réel (c'est-à-dire dans les 30 mn qui suivent le passage du satellite) alors que les données fournies par le SMT arrivent normalement dans les six heures suivant l'observation.

5.4 QUALITE DES DONNEES

Des procédures d'analyse manuelles et automatiques permettent de surveiller de près la qualité des données fournies par les bouées.

La qualité des données est généralement très bonne, même si des corrections sont parfois nécessaires pour tenir compte de la dérive du capteur. L'expérience montre que la plupart des bouées fournissent des relevés valables pendant au moins 12 mois.

5.5 ARCHIVAGE DES DONNEES

Les messages traités sont archivés électroniquement et sur support en papier. On archive également des cartes du temps sur lesquelles ont été pointés les messages des bouées.

PAKISTAN

La Commission pakistanaise de recherche sur l'espace et la haute atmosphère prévoit de mouiller en mer d'Oman, près des côtes pakistanaises, quelques bouées dérivantes qui transmettront des données météorologiques et océanographiques à une station située à Karachi. Il est envisagé d'utiliser à cette fin le système Argos. Ces bouées serviront à la prévision météorologique et aux études océanographiques et marines effectuées dans le pays.

PAYS-BAS

Les Pays-Bas collaborent au Programme COST-43/SOBA. Ils participeront en outre bientôt au Programme SCOS. Etant donné que deux bouées dérivantes (fournies par Bergen Ocean Data) ont déjà été attribuées à COST-43, la contribution à chacun des deux programmes sera probablement d'une bouée. En 1988 la contribution néerlandaise à COST-43 sera également de deux bouées au total.

ROYAUME-UNI

Le Bureau météorologique du Royaume-Uni continue d'apporter son soutien aux programmes de bouées dérivantes de COST-43. Dans les deux prochaines années, au moins 10 bouées supplémentaires seront mises à l'eau dans le cadre du Programme SOBA (au sud-est de l'Islande) et deux dans celui de SCOS (dans la région des Açores). Des pourparlers sont en cours en vue de poursuivre ces activités après expiration de l'actuel accord COST-43 en 1988.

En 1986, British Antarctic Survey a largué deux bouées dans la glace de mer de l'Antarctique en guise de contribution au projet mené en hiver dans la mer de Weddell. Elles ont bien fonctionné et on espère les récupérer, les remettre en état et les mouiller à nouveau vers la fin de 1987 en même temps qu'une autre bouée de houle précédemment récupérée.

L'Institut d'océanographie, l'Association écossaise de biologie marine et l'Unité de recherche sur les mammifères marins prévoient que d'autres programmes britanniques de recherches océanographiques nécessitant l'utilisation de bouées dérivantes auront lieu en 1987 sur le plateau continental.

UNION DES REPUBLIQUES SOCIALISTES SOVIETIQUES

L'Union soviétique reconnaît l'intérêt des programmes de bouées dérivantes et soutient pleinement les efforts qui sont faits dans le cadre de la VMM et du PMRC. Elle propose de contribuer au mouillage de bouées dérivantes à partir de navires océanographiques ainsi que de navires de ravitaillement de l'Antarctique et d'autres bâtiments atteignant les hautes latitudes australes. En outre, des navires de recherche équipés d'instruments de référence pourraient être fournis à des fins de comparaison et d'étalonnage des mesures.

ANNEXE III

POINTS DE CONTACT NATIONAUX DESIGNES PAR LES ETATS MEMBRES
POUR LES PROGRAMMES DE BOUEES DERIVANTES

ALLEMAGNE (REPUBLIQUE
FEDERALE D')

Prof. Dr. Wolfgang Krauss
Institut fur Meereskunde de
Universitat Kiel
Dusterbrooker Weg 20
D-2300 KIEL 1
République fédérale d'Allemagne

ARABIE SAOUDITE

Abdul Karim M. Henaidi
Director of Observations and System
P. O. Box 1358, MEPA
JEDDAH
Arabie saoudite

AUSTRALIE

Mr. W. Selesnew
Australian Bureau of Meteorology
G.P.O. Box 1289K
MELBOURNE, Vic. 3001
Australie

BRESIL

Directoria de Hidrografia e Navegação
Departamento de Geofisica
Rue Barao de Jaceguai, S/N°
CEP : 24040 - NITEROI - RIO DE JANEIRO
BRESIL

CANADA

Dr. A.D.J. O'Neill
Regional Director
Atlantic Region
Atmospheric Environment Service
1496 Bedford Highway
BEDFORD, Nova Scotia
Canada B4U 1E5

Dr. J. Garrett
Head, Ocean Physics
Institute of Ocean Sciences
Department of Fisheries
P. O. Box 6000
SYDNEY, British Colombia
Canada V8L 4B2

CHINE

Division of Station and Buoy
Department of Marine Monitoring and Forecast
State Oceanic Administration
1, Fuxingmenwai Ave.
BEIJING
Chine

DANEMARK

B. Rasmussen
Danish Meteorological Institute
100 Lyngbyvej
DK-2100 COPENHAGEN
Danemark

EMIRATS ARABES UNIS H. E. Mohamed Yahya Al-Suweidi
Permanent Representative of the UAE with WMO
Assistant Undersecretary for Civil Aviation
Ministry of Communications
P. O. Box 900
ABU DHABI
Emirats arabes unis

EQUATEUR Instituto Oceanografico de la Armada
Base Naval Sur (Avenida 25 de Julio)
Casilla n° 5940
GUAYAQUIL
Equateur

ETATS-UNIS D'AMERIQUE Glenn D. Hamilton
National Data Buoy Centre, NOAA
NSTL, Mississippi 39529
Etats-Unis d'Amérique

FRANCE Représentant permanent de la France auprès de l'OMM
Directeur de la Météorologie nationale
77, rue de Sèvres
92106 BOULOGNE-BILLANCOURT CEDEX
France

GAMBIE The Permanent Secretary
Ministry of Works and Communications
Half-Die
BANJUL
Gambie

GRECE Hellenic National Meteorological Service
Marine Meteorology Branch
P. O. Box 73502
GR 166 03 Helliniko
ATHENES
Grèce

IRLANDE Mr. W. G. Callaghan
Meteorological Service
Department of Tourism and Transport
Glasnevin Hill
DUBLIN 9
Irlande

ISLANDE Permanent Representative of Iceland with WMO
Director, Icelandic Meteorological Office
Bustadavegue 9
150 REYKJAVIK
Islande

JAPON Mr. Isao Kubota
Director, Oceanographical Division
Marine Department
Japan Meteorological Agency
1-3-4 Ote-machi, Chiyoda-ku
TOKYO 100
Japon

KENYA
Mr. A. J. Mafimbo
Port Meteorologist
P. O. Box 98512
MOMBASA
Kenya

MAURICE
A. W. Oodally
Meteorological Service
VACOAS
Maurice

MEXIQUE
Gilberto Lopez Lira
Director General de Oceanografia
Naval, Secretaria de Marina
Direccion General de Estudios,
Informacion y Estadistica Sectorial
Secretaria e Agricultura y Recursos
Hidraulicos
Avenida del Observatorio 192
Col. Observatorio
11860 MEXICO, D. F.
Mexique

NORVEGE
Permanent Representative of Norway with WMO
Director, Det Norske Meteorologiske Institutt
P. O. Box 320, Blindern
0314-OSLO 3
Norvège

NOUVELLE-ZELANDE
Permanent Representative of New Zealand with WMO
Director, New Zealand Meteorological Service
P. O. Box 722
WELLINGTON
Nouvelle-Zélande

PAKISTAN
Director, Centre of
Excellence in Marine Biology
University of Karachi
c/o Pakistan National Commission
for Unesco
Block VIII Civic Centre G-6
ISLAMABAD
Pakistan

PAYS-BAS
A.T.F. Grooters
Royal Netherlands Meteorological Institute
Postbus 201
3730 AE DE BILT
Pays-Bas

PEROU
Capitan de Corbeta Hector Soldi Soldi
Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia
Avenida Republica de Chile 295, Apartados 1308
4862 LIMA
Pérou

ROYAUME-UNI
P. G. Collar
Institute of Oceanographic Sciences
Brook Road, Wormley
GODALMING, Surrey GU8 5UB
Royaume-Uni

URSS

Co-ordinator on Drifting-Buoy Programme
USSR State Committee for Hydrometeorology and
Control of Natural Environment
Marine Department, 12 Pavlik Morozov Street
123376 MOSCOW D-376
URSS

URUGUAY

Capitan de Corbeta (C/G) Ricardo Dupont
Servicio de Oceanografia, Hidrologia Y
Meteorologia de la Armada
Departamento de Ayuda a la Navegacion
Capurro 980
Casilla de Correo 1381
MONTEVIDEO
Uruguay

ANNEXE IV

LISTE DES SIGLES/ABREVIATIONS

BUFR	Forme universelle de représentation binaire des données météorologiques
CDA	Acquisition de données et commande
CEPMMT	Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme
CIMO	Commission des instruments et méthodes d'observation (de l'OMM)
CIUS	Conseil international des unions scientifiques
CLS	Collecte-localisation-satellites
GMOS	Semi-conducteur complémentaire à oxydes métalliques
CNES	Centre national d'études spatiales (France)
COI	Commission océanographique intergouvernementale
COST 43	Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique - Projet 43 : mise en place d'un réseau expérimental de stations océaniques dans les eaux européennes
CQ	Contrôle de qualité
CSIRO	Organisation de recherche scientifique et industrielle du Commonwealth (Australie)
DBCP	Groupe de coopération pour la mise en oeuvre des programmes de bouées dérivantes (COI-OMM)
DCLS	Système de collecte de données et de localisation (Argos)
DRIBU	Forme symbolique FM 14-VIII de l'OMM
EPOCS	Etudes sur le climat de l'océan Pacifique équatorial (Etats-Unis d'Amérique)
FRGPC	Centre de traitement Argos français
GARP	Programme de recherches sur l'atmosphère globale (OMM-CIUS)
GF3	Format général n° 3 (de l'IODE) (pour l'échange international des données océanographiques en différé)
GPC	Centre de traitement (Argos)
IFREMER	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (France)
IODE	Echange international des données et de l'information océanographiques (COI)
JTA	Contrat tarifaire global (Argos)
LUT	Terminal local d'utilisateurs
MDP	Manipulation (ou modulation) bivalente par déplacement de phase

MEDS	Service de données sur l'environnement marin (Canada)
MIC	Modulation par impulsions et codage
NCDC	National Climate Data Centre (Etats-Unis d'Amérique)
NDBC	National Data Buoy Centre (Etats-Unis d'Amérique)
NESDIS	National Environmental Satellite, Data, and Information Service (Etats-Unis d'Amérique)
NMC	Centre météorologique national
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (Etats-Unis d'Amérique)
OMM	Organisation météorologique mondiale
OPC	Ocean Products Centre (Etats-Unis d'Amérique)
PEMG	Première expérience mondiale du GARP
PMRC	Programme mondial de recherches sur le climat (OMM-CIUS)
PRL	Polar Research Laboratory (Etats-Unis d'Amérique)
PTT	Emetteur/plate-forme Argos
RF	Radiofréquence/fréquence radioélectrique
SEA	Service de l'environnement atmosphérique
SCOS	Système opérationnel (de bouées dérivantes) de COST 43 pour le Sud
SCOR	Comité scientifique de la recherche océanique (CIUS)
SMISO	Système mondial intégré de services océaniques
SMT	Système mondial de télécommunications
SOBA	Système opérationnel de bouées dans l'Atlantique (Nord) (COST 43)
SST	Température de la mer en surface
TCXO	Oscillateur à quartz à compensation de température
TIROS	Satellite d'observation par télévision et infrarouge (NOAA)
TOGA	Les océans tropicaux et l'atmosphère globale (PMRC)
TUC	Temps universel coordonné
UHF	Ondes décimétriques
USGPC	Centre de traitement Argos des Etats-Unis
VHF	Ondes métriques
VMM	Veille météorologique mondiale (de l'OMM)
WOCE	Expérience sur la circulation océanique mondiale (PMRC)