Environnement Canada | Environment Canada

Service de la protection de l'environnement | Environmental Protection Service

97967

Repérage des déversements d'hydrocarbures au moyen de bouées permettant de suivre la dérive des glaces

Rég. Québec Biblio. Env. Canada Library
38 502 908

Consultation seulement / only SPÉCIMEN

Canada

TD
182
R46
3-EC-78-7F

Analyse économique et technique
Rapport SPE 3-EC-78-7F

Direction générale du contrôle des incidences environnementales
Octobre 1982

LES RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les rapports sur le développement des techniques décrivent l'équipement technique, les méthodes ainsi que les résultats des études de laboratoire, des usines-pilotes et des travaux de démonstration ou d'évaluation du matériel. Ils constituent la source principale d'information sur la recherche et les travaux de démonstration du Service de la protection de l'environnement.

Le Service publie nombre d'autres rapports dans les collections suivantes : Règlements, codes et méthodes d'analyse, Politique et planification, Analyse économique et technique, Développement des techniques, Surveillance, Exposés et mémoires soumis à des enquêtes publiques, Évaluation des incidences sur l'environnement et Guides de formation.

Pour tout renseignement, prière de s'adresser au Service de la protection de l'environnement, ministère de l'Environnement, Hull (Québec), Canada, K1A 1C8.

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Technology Development Reports describe technical apparatus and procedures, and results of laboratory, pilot plant, demonstration or equipment evaluation studies. They provide a central source of information on the development and demonstration activities of the Environmental Protection Service.

Other categories in the EPS series include such groups as Regulations, Codes and Protocols; Policy and Planning; Economic and Technical Review; Surveillance; Briefs and Submissions to Public Inquiries; and Environmental Impact and Assessment.

Inquiries pertaining to Environmental Protection Service Reports should be directed to the Environmental Protection Service, Department of the Environment, Hull, Quebec, Canada, K1A 1C8.

20572344

REPÉRAGE DES DÉVERSEMENTS D'HYDROCARBURES AU MOYEN DE BOUÉES PERMETTANT DE SUIVRE LA DÉRIVE DES GLACES

ENVIRONNEMENT CANADA
BIBLIOTHÈQUE
RÉGION DE QUÉBEC

par
R.H. Goodman
Innovative Ventures Ltd.
Calgary (Alberta)

pour la
Division de la recherche et du développement
Direction des interventions d'urgence
Région du Nord-Ouest
Service de la protection de l'environnement
Ministère de l'Environnement
Edmonton (Alberta)

SPE 3-EC-78-7
Octobre 1982

Publication distribuée
par le Service de la protection de l'environnement
d'Environnement Canada
Ottawa
K1A 1C8

Édition française de
Review of Ice Movement Buoys
for Tracking Oil Spills
préparée par le Module d'édition française
d'Environnement Canada

Numéro de catalogue: EN 46-3/78F
ISBN: 0-662-91782-0

©
Ministre des Approvisionnements et Services
1982

Avis

Ce rapport a été révisé par la Direction générale du contrôle des incidences environnementales, Service de la protection de l'environnement, qui en a autorisé la publication. L'autorisation ne signifie pas nécessairement que le contenu est conforme aux vues et politiques du Service de la protection de l'environnement. La mention de marques de commerce ou de produits n'implique pas que l'on en recommande ou en approuve l'emploi.

Résumé

Advenant un déversement d'hydrocarbures dans l'océan Arctique, il se peut qu'une partie de la nappe de pétrole soit emprisonnée sous les glaces pendant un certain temps. On pourrait alors repérer ces hydrocarbures en suivant le déplacement des glaces sous lesquelles ils se trouvent. Le présent rapport étudie les diverses techniques de surveillance et de télédétection du déplacement des glaces. Il y a d'une part celles qui font appel aux "macrosystèmes", et qui permettent de suivre les glaces sur de grandes distances et d'autre part, celles qui font appel aux "microsystèmes" de radiogoniométrie à courte distance pour localiser précisément un emplacement.

Après étude des techniques existantes, le rapport présente des recommandations quant aux types d'appareils à utiliser pour chacun des systèmes. Le macrosystème utiliserait un petit émetteur communiquant avec le satellite TIROS-N (ARGOS). La position de l'émetteur serait déterminée en mesurant le changement de fréquence dû à l'effet Doppler-Fizeau. Le microsystème comprendrait un émetteur d'impulsions T.H.F., combiné à un réflecteur radar à lentille de Lunebourg. Ce système aurait une portée d'environ 30 km, et la position de l'émetteur pourrait être localisée à quelques dizaines de mètres près. Le rapport recommande l'usage d'un pénétromètre largable d'un aéronef pour les deux systèmes envisagés.

Abstract

In the event of an oil spill in Arctic waters, oil may be trapped under ice for a period of time. Thus, the tracking of the oil during this time may be accomplished by following the movements of the ice under which the oil is located. This report reviews the various techniques by which ice movements might be remotely monitored or determined. These techniques are divided into two regimes: "macro" systems for tracking ice over great distances and "micro" systems using short-range homing systems for the accurate location of specific sites.

On the basis of the review, recommendations are made on the configurations of equipment for each system. The macro system would use a small transmitter which reports to the TIROS-N (ARGOS) satellite. The position of the transmitter is calculated from Doppler shift measurements. It is recommended that the micro system consist of a combination of a VHF-pulsed transmitter and a Luneberg lens radar reflector. The range of this system would be approximately 30 km and the station could be located with an accuracy of a few tens of meters. An air-droppable penetrometer-type package is proposed for both macro and micro systems.

Avant-propos

La présente étude a été faite par Innovative Ventures Ltd. dans le cadre d'un contrat passé avec le ministère des Pêches et de l'Environnement. Monsieur P.J. Blackall de la Direction des interventions d'urgence du ministère à Edmonton (Alberta) agissait à titre de responsable scientifique du projet.

Table des matières

Avis		III
Résumé		IV
Abstract		V
Avant-propos		VI
Liste des figures		VIII
1	INTRODUCTION	1
2	NATURE DU PROBLÈME	3
2.1	Déplacement des floes et repérage	3
2.2	Déplacements sur de grandes distances	4
2.3	Déplacements sur de courtes distances	5
3	SYSTÈMES À CONSIDÉRER	7
3.1	Macrosystèmes	7
3.1.1	Systèmes via satellite	7
3.1.1.1	Les satellites sur orbite polaire	7
3.1.1.2	Les satellites géostationnaires	15
3.1.2	Radioguidage	21
3.2	Microsystèmes	23
3.2.1	Radiobalises H.F. et T.H.F.	23
3.2.2	Réflecteurs radar	25
4	TECHNIQUES DE MISE EN PLACE	27
4.1	Repérage par aéronef	28
5	SYSTÈMES RECOMMANDÉS	31
5.1	Macrosystème	31
5.2	Microsystème	32
Bibliographie		35
Annexe	Bouées de repérage des déversements d'hydrocarbures - fabricants et spécifications	37

Liste des figures

1	Zones de prospection pétrolière actuelle dans les eaux envahies par les glaces	2
2	Mesures de localisation par satellite par mesure du changement de fréquence dû à l'effet Doppler-Fizeau	10
3	Emplacement des bouées d'orbitographie pour le centre ARGOS	11
4	Précision du relèvement en fonction de la stabilité de la fréquence de l'oscillateur à court terme (20 minutes)	12
5	Nombre de relèvements par jour en fonction de la latitude	13
6	Liaison pour l'acheminement des données par le centre ARGOS	14
7	Durée de traitement des données par le centre ARGOS	16
8	Emplacement des émetteurs OMEGA	18
9	Position des satellites géostationnaires	19
10	Émetteur GOES de la Ball Bros. Ltd.	20
11	Repérage radio à haute fréquence	22
12	Radiobalise T.H.F. installée sur une banquise éloignée dans l'Arctique canadien	23
13	Mode de réflexion de la lentille de Lunebourg	24
14	Pénétromètre en place	30
15	Émetteur NIMBUS 6 des Polar Research Laboratories	33

Introduction 1

On procède actuellement à des forages au large des côtes de la mer de Beaufort et dans le Grand Nord afin de trouver du pétrole et du gaz. D'autres forages sont prévus dans la mer du Labrador, dans le secteur du détroit de Davis et celui de Lancaster dans la partie orientale de l'Arctique (figure 1). La plus grande partie de ces forages sont effectués dans des régions où la surface des eaux est recouverte par les glaces en hiver. Advenant une éruption sous-marine qui se poursuivrait pendant l'hiver, la plus grande partie du pétrole resterait emprisonnée dans et sous la glace.

Selon le genre de glace, le pétrole emprisonné sous la banquise migrera à travers les chenaux de drainage de saumure le printemps ou l'automne de l'année suivante. Le pétrole parvenant à la surface des glaces pourra alors être brûlé. Les mesures à prendre contre le pétrole emprisonné sous les glaces dépendent de plusieurs facteurs et en particulier de l'emplacement de la nappe de pétrole. Le présent rapport analyse quels moyens conviendraient pour repérer les floes* dans l'Arctique canadien.

* Tout fragment de glace de mer relativement plat ayant 20 m ou plus d'extension horizontale.

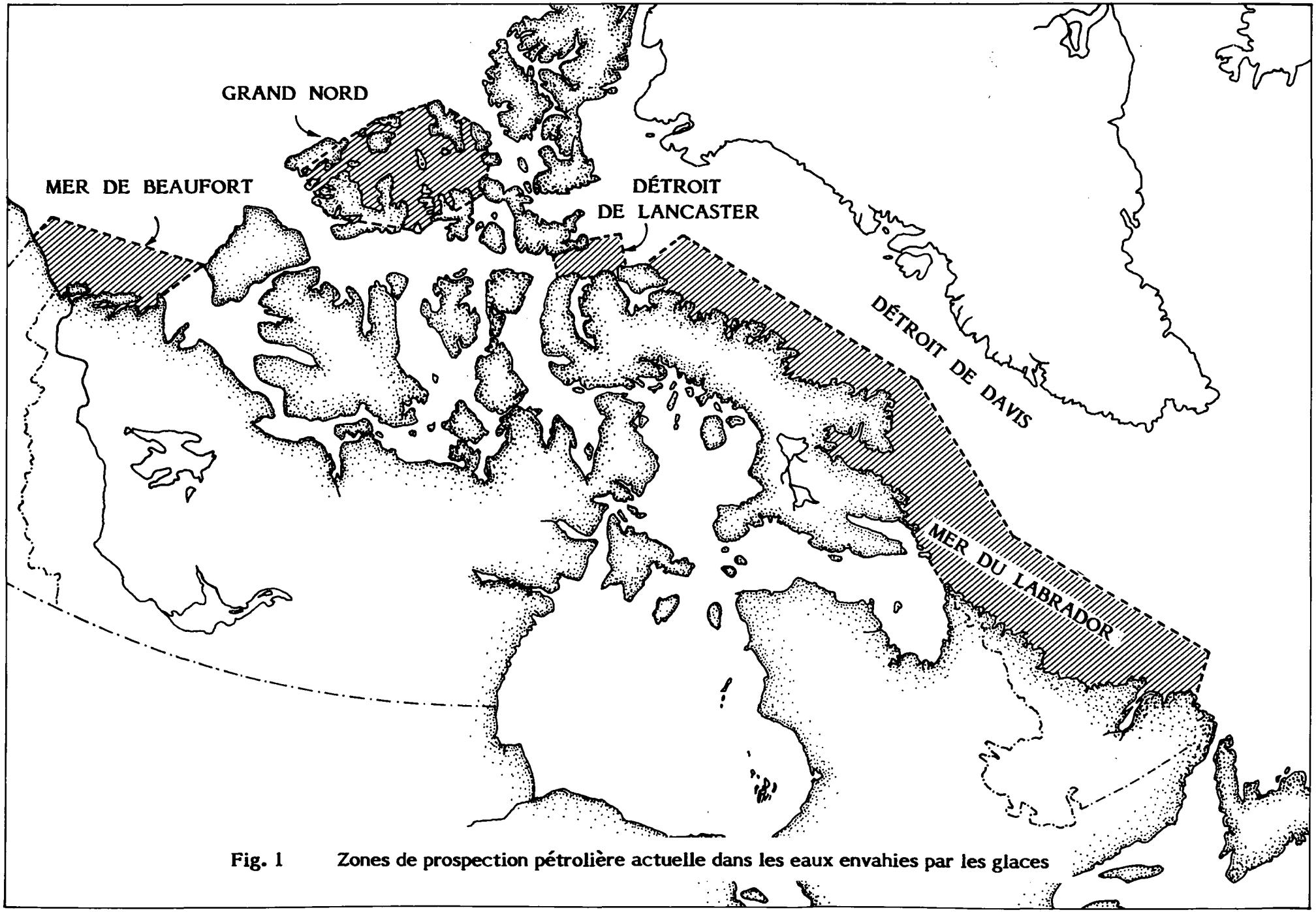


Fig. 1 Zones de prospection pétrolière actuelle dans les eaux envahies par les glaces

Nature du problème 2

Le repérage des nappes de pétrole dans les eaux envahies par les glaces est très difficile, même avec la technologie actuelle de télédétection. Les recherches ont révélé que le pétrole s'attache rapidement sous la glace et accompagne les glaces dans leur dérive.

La largeur d'une nappe est généralement d'une centaine de mètres, tandis que sa longueur correspond à la distance parcourue par les glaces à la dérive pendant l'hiver. Cette distance peut atteindre quelques centaines de kilomètres suivant la région. Le repérage d'une nappe de pétrole consiste donc à suivre les glaces provenant de la zone de déversement (Lewis, 1976).

2.1 DÉPLACEMENT DES FLOES ET REPÉRAGE

Une étude du déplacement des glaces dérivantes dans l'Arctique a été faite dans le cadre des travaux de l'AIDJEX, et un modèle de simulation de dérive des glaces a été mis au point à la suite de ces expériences. Les principales forces qui s'exercent sur un floe (et le font dériver) sont la vitesse et la force du vent, les courants océaniques, la force de Coriolis, les marées et les contraintes internes. Les trois premières dominent dans la plupart des cas. En pratique, il suffit de considérer le vent et la force de Coriolis, puisque les courants océaniques de surface sont induits par le vent.

Cette théorie du déplacement des glaces, proposée à l'origine par Nansen à la suite de la dérive de la banquise "Fram" (Nansen 1902), indiquait que le gradient de pression du vent représente la principale force d'entraînement des glaces, celles-ci se déplaçant à une vitesse égale à 3 p. cent de celle du vent, avec une déviation de 30° vers la droite par rapport à la direction du vent. Cette déviation de 30° est due à la force de Coriolis. À partir de ses observations effectuées à bord du brise glace soviétique Sedov, Zubov (1945) a mis au point une formule empirique pour le déplacement des glaces (règle de Zubov):

$$V = \alpha \Delta \rho \qquad (1)$$

où V = la vitesse de dérive, en km/mois

$\Delta \rho$ = le gradient de pression barométrique en kPa/km

α = un coefficient normalement compris entre 9×10^3 à 12×10^3.

Dans les zones arctiques, le déplacement s'effectue le long des isobares, étant donné que l'effet de la rotation du vent géostrophique et celui de la force de Coriolis s'annulent pratiquement (Zubov, 1945).

Brown et Crary (1958), puis Reed et Campbell (1960), ont étudié la dérive de la station "Alpha", une île de glace située au coeur de la banquise de la mer de Beaufort. Les observations ont révélé que si les vents soufflent à moins de 10 km/h, la glace se déplace à une vitesse égale à environ 3 p. cent de celle du vent, suivant un angle de 45° vers la droite, tandis que pour des vents plus forts (30 km/h), la vitesse de déplacement est égale à 2 p. cent de celle du vent, suivant un angle de 30° vers la droite.

À partir des données rassemblées dans l'Arctique, dans la mer du Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent, il est clair que le déplacement des floes dépend surtout du vent et de la force de Coriolis. Par conséquent, il serait possible de prédire le déplacement des floes (donc d'une nappe de pétrole) en connaissant les conditions météorologiques d'une région donnée. Toutefois, cette solution est inapplicable, puisque le déplacement peut se produire au large, où on a peu sinon aucun moyen de connaître les conditions météorologiques. En outre, la théorie n'est pas suffisamment au point pour prédire les déplacements à long terme des glaces.

Dans l'immédiat, on devra donc suivre le déplacement des glaces au moyen d'un ou de plusieurs dispositif(s) de repérage. Il sera par conséquent question des divers appareils ou instruments qui permettraient d'obtenir les résultats recherchés à un coût raisonnable. Comme le problème qui nous occupe est analogue à celui du repérage des courants océaniques, le terme "bouée" a été retenu pour décrire les dispositifs de mesure des déplacements. Une étude a révélé qu'il n'existe pas pour le moment de dispositif unique permettant d'obtenir des informations précises sur la position d'un floe qui serait aussi bien rapproché qu'éloigné. On doit donc disposer d'un système distinct pour suivre les déplacements sur de longues distances et les déplacements sur de courtes distances.

2.2 DÉPLACEMENTS SUR DE GRANDES DISTANCES

Le dispositif de repérage des déplacements des glaces sur de grandes distances devra fonctionner pendant 10 mois et avoir une portée de plusieurs centaines de kilomètres. Si l'on prévoit utiliser des stations au sol, elles devront avoir une portée de plusieurs centaines de kilomètres au cas où les floes s'éloigneraient vers le large. La précision du relevé de position devrait être cinq fois moindre que la portée du système utilisé pour l'étude des petits déplacements, soit de 10 km environ.

2.3 DÉPLACEMENTS SUR DE COURTES DISTANCES

Le "macrosystème" permet d'avoir une idée sur les déplacements des glaces en général, mais pour repérer une nappe étroite (100 m de largeur), il faut utiliser un microsystème. On utilisera alors des bouées ayant une portée réduite (30 km), mais pouvant être repérée avec une très grande précision. Elles seront localisées à l'aide d'appareils installés à bord d'aéronefs de recherche.

La télédétection permet de déterminer l'emplacement précis d'une bouée située à n'importe quel point du globe. Toutefois, de telles données ne sont d'aucune valeur pour les aéronefs de recherche puisque leurs propres instruments de navigation ont une précision de seulement un à deux kilomètres. Pour cette raison, il faut recourir à des radiocompas pour localiser les bouées.

Chaque unité doit être largable d'un aéronef et pouvoir fonctionner dans l'Arctique pendant 10 mois. En cas de déversement, les opérations de nettoyage seraient effectuées au printemps, alors qu'il fait jour en permanence. Les bouées du microsystème n'auront donc pas à fonctionner pendant la nuit arctique, ce qui prolongera d'autant la durée des piles.

Page 6 : vide dans original
Page 6 : blank in original

Système à considérer 3

Il existe déjà sur le marché des systèmes qui peuvent servir au repérage des floes. Certains de ces dispositifs peuvent fonctionner dans des conditions arctiques, et les moyens pour les adapter à ce milieu sont bien connus. Toutefois, les techniques de mise en place par la voie des airs ne sont pas au point et demandent à être étudiées.

3.1 MACROSYSTÈMES

Deux systèmes sont considérés:

1. Systèmes via satellite;
2. Systèmes de radiotélémétrie.

3.1.1 Systèmes via satellite

On peut avoir recours aux systèmes via satellite sur orbite polaire et aux systèmes via satellite géostationnaire.

Les systèmes via satellite géostationnaire ne peuvent servir qu'à la retransmission de données, alors que ceux via satellite sur orbite polaire peuvent à la fois servir à retransmettre des données et déterminer la position de la bouée.

3.1.1.1 Les satellites sur orbite polaire. - Le LANDSAT (anciennement ERTS) est un satellite sur orbite polaire, conçu surtout pour la collecte d'images. Il peut retransmettre des données. Sa capacité est cependant réduite. Il n'est pas équipé pour le relèvement.

Le NIMBUS 6* (Kerut et Haas, 1975) est équipé d'un dispositif de retransmission des données et d'un système de relèvement, utilisant l'effet Doppler, connu sous le nom de RAMS (Côté et Julian, 1975). Il a été lancé en mai 1975. Sa durée utile prévue de deux ans était plutôt conservatrice. Le NIMBUS 6 fait partie d'un programme expérimental

* Toujours en opération en 1982.

d'évaluation de divers détecteurs destinés à être installés sur le satellite TIROS-N (programme ARGOS).

Le programme ARGOS, conçu pour remplacer le NIMBUS 6, comprend d'une part le satellite TIROS-N* et les satellites NOAA-A à NOAA-G**. Ces satellites seront lancés à intervalles réguliers de sorte qu'il y aura toujours deux satellites actifs en orbite en tout temps. Le premier lancement a été effectué en 1978. Les huit satellites, qui ont chacun une durée utile d'environ deux ans, devraient assurer un système opérationnel jusqu'en 1985 au moins (Taillade, 1977).

Ces satellites évolueront sur une orbite quasi polaire (98,7° d'inclinaison) et à une altitude de 750 à 900 km. La première orbite sera à 8 h ± 2 heures, et l'autre à 16 h ± 2 heures, heure locale. Leur période de révolution sera de 101 minutes. Leur position sera déterminée en mesurant la différence entre la fréquence Doppler et celle d'un oscillateur à fréquence très précise situé dans une station au sol.

La formule de l'effet Doppler se lit comme suit:

$$\left(\frac{c}{\Delta+\gamma}\right)\left(\Sigma-\Delta\right) - \frac{(\vec{N}\bullet\vec{R})\ (\dot{\vec{N}}-\dot{\vec{R}})}{|\vec{N}-\vec{R}|} - \frac{\vec{R}\bullet\vec{V_e}}{|\vec{N}-\vec{R}|} \qquad (2)$$

où γ = fréquence de l'oscillateur du satellite

Σ = fréquence de l'oscillateur de la bouée

c = vitesse de la lumière

Δ = changement de fréquence dû à l'effet Doppler

$\vec{N}$ = position de la bouée au sol

$\dot{\vec{N}}$ = vitesse de la bouée au sol

$\vec{R}$ = position du satellite } paramètres orbitaux

$\dot{\vec{R}}$ = vitesse du satellite } paramètres orbitaux

$\vec{V_e}$ = vitesse de rotation de la terre à la bouée

$|\vec{N}-\vec{R}|$ = distance de la bouée au satellite

---

* Hors service depuis le 1/11/80.

** Au moment de la révision de ce rapport, les satellites NOAA-D/E/F/G étaient encore en service. Le NOAA-H n'est pas encore sur orbite.

Les valeurs de $\vec{N}$, $\dot{\vec{N}}$ et Σ sont inconnues et varient généralement avec le temps. Si l'on suppose que:

- le déplacement de la bouée suit constamment la circonférence d'un grand cercle entre et pendant les passages;
- la vitesse est constante pendant un passage;
- la fréquence (Σ) de l'oscillateur de la bouée est stable au cours d'un passage;
- l'altitude (niveau de la mer) est connue et demeure constante,

il doit alors être possible de déterminer après deux passages successifs

- la vitesse de la bouée;
- la longitude de la bouée au premier passage;
- les erreurs de l'oscillateur au cours du premier et du second passage (celles-ci doivent être identiques).

Si un seul passage est effectué, on ne peut être certain de la position, puisque celle-ci est symétrique par rapport à l'orbite du satellite. La position exacte ne peut être déterminée qu'à condition de procéder à un second passage ou en traçant la trajectoire, en prenant pour hypothèse un déplacement semblable (figure 2). Dans le cas qui nous occupe une telle interpolation n'est pas nécessaire, puisqu'on possède en général les données recueillies au cours de deux passages successifs.

L'erreur du relèvement dépend de la somme des moyennes quadratiques des erreurs de tous les paramètres de l'équation. L'orbite du satellite est calculée en mesurant le changement de fréquence dû à l'effet Doppler-Fizeau au moyen de bouées spéciales d'orbitographie. Dix bouées sont disposées autour du globe à des endroits qui servent de stations géodésiques de sorte qu'à chaque passage des satellites, au moins une station est en vue (figure 3). L'orbite de chaque satellite est déterminée une fois par jour.

La précision de la détermination de la position du satellite est de 500 m dans l'axe orbital et de 150 m de part et d'autre de cet axe. Ces erreurs déterminent la précision de $\vec{R}$ et $\dot{\vec{R}}$. $\vec{V}_e$ ne contribue pas à l'erreur globale. L'une des grandes causes d'erreur tient à la stabilité à moyen terme (20 minutes) de la fréquence de l'oscillateur de bouée, autrement dit l'erreur en Σ. La figure 4 est une représentation graphique de la précision du relèvement en fonction de la stabilité, à court terme, de la fréquence de l'oscillateur.

Le nombre de relèvements qu'on peut effectuer chaque jour varie, tout dépendant où se trouve la bouée. Entre 40° N et 40° S de latitude, il est impossible de voir d'un point donné deux passages successifs d'un satellite. Au nord ou au sud de ces

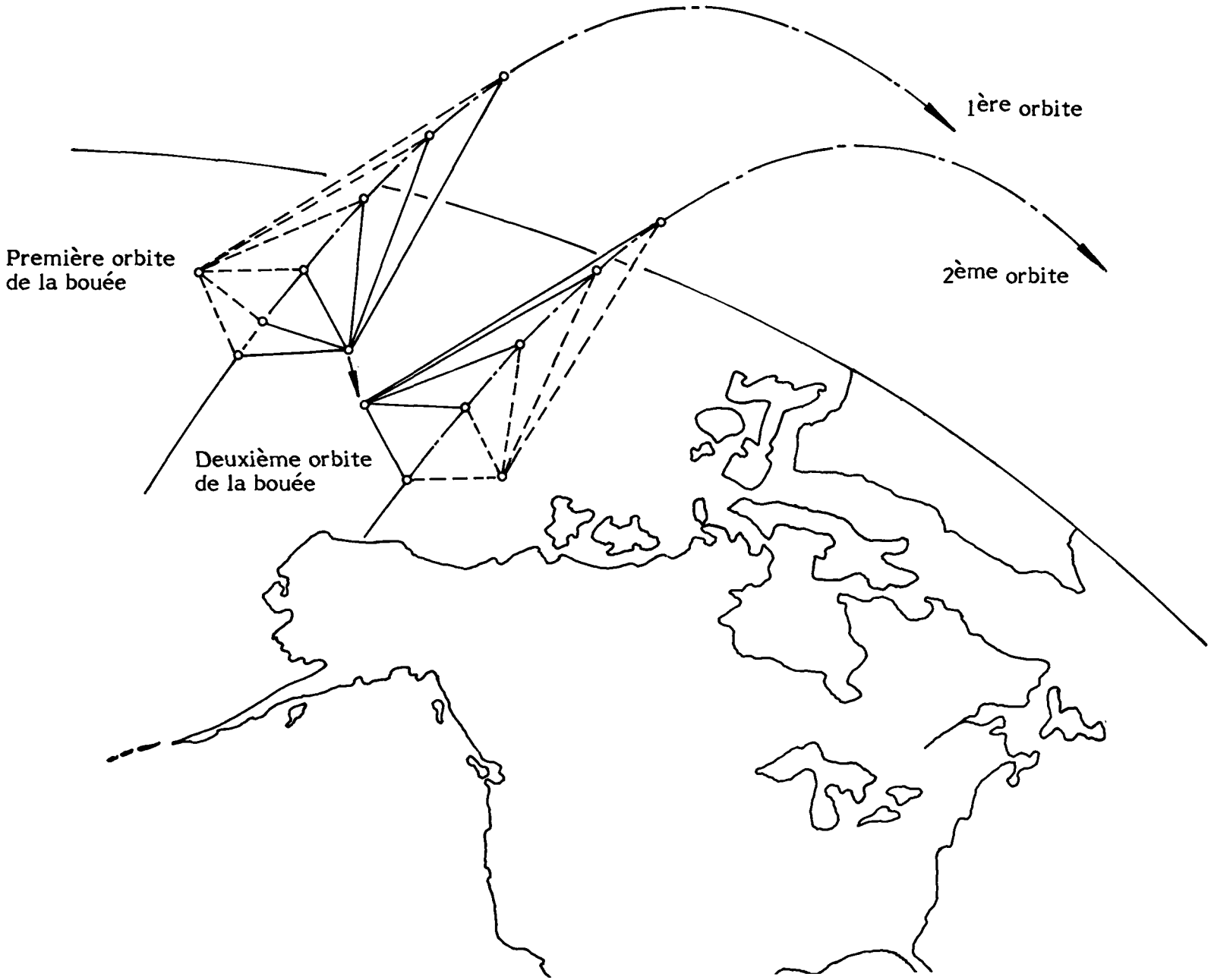


Fig. 2 **Mesures de localisation par satellite, par mesure du changement de fréquence dΩ à l'effet Doppler-Fizeau**

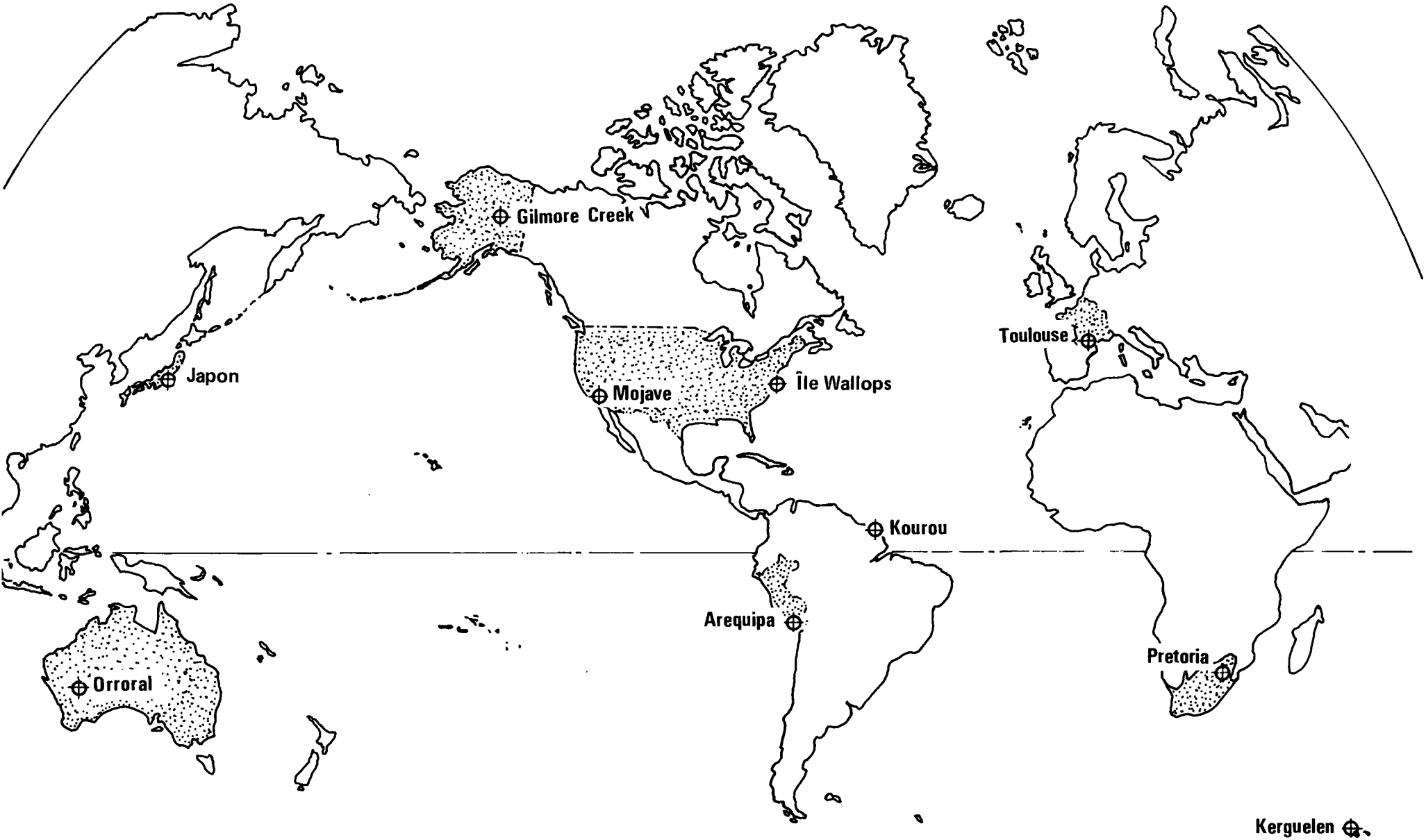


Fig. 3 Emplacement des bouées d'orbitographie pour le centre ARGOS

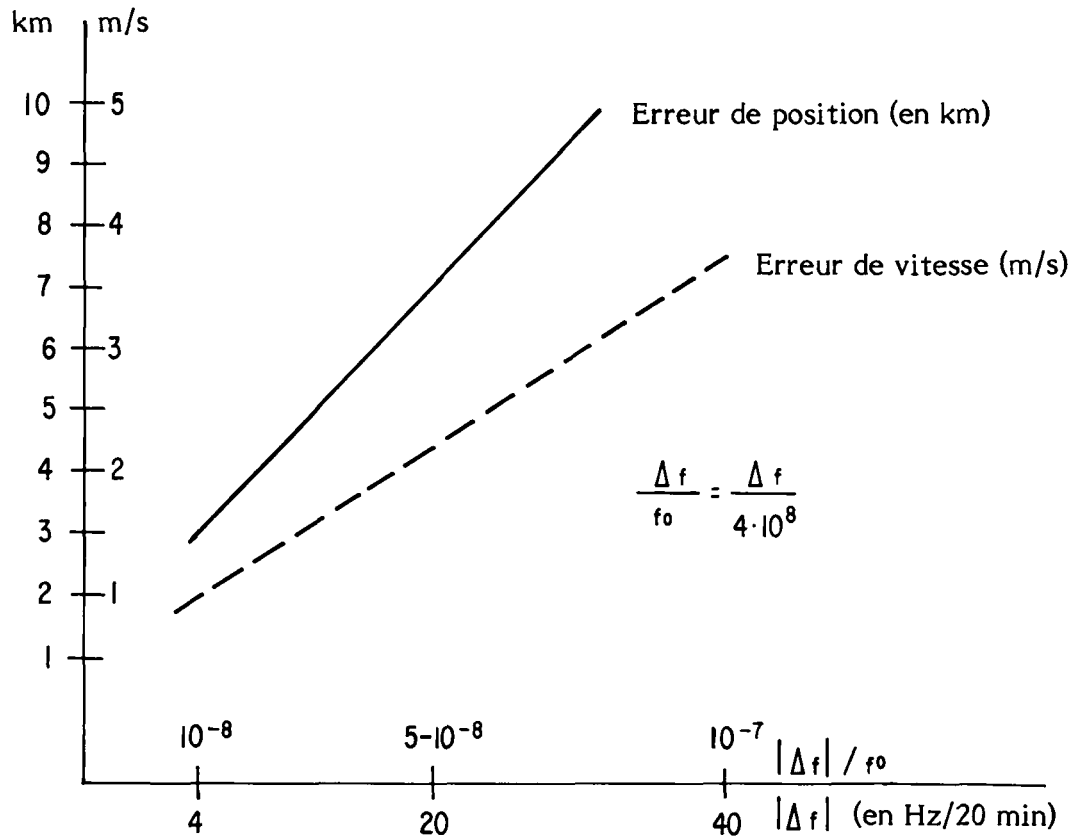


Fig. 4 **Précision du relèvement en fonction de la stabilité de la fréquence de l'oscillateur à court terme (20 minutes)**

latitudes, des passages successifs d'un satellite sont fréquents et, dans la zone qui nous intéresse pour le repérage des floes, c'est presque toujours possible. La figure 5 présente un graphique du nombre de relèvements (deux passages) en fonction de la latitude. Au nord et au sud de 60° N et de 60° S respectivement, la position de la bouée est calculée à partir des mesures prises par deux satellites. Si cela ne marche pas, on tente de calculer la position au moyen des données collectées lors de deux passages successifs à partir d'un seul satellite. La réduction de couverture dans la zone de 82° N est due à l'inclinaison à 98° de l'orbite du satellite.

Les données retransmises via satellite sont combinées à celles d'un capteur situé au sol, dans un appareil appelé TIP (Tiros Information Processor). Les données de TIP sont transmises en temps réel grâce à une liaison T.H.F. (136,77 ou 137,77 MHz) et elles sont aussi emmagasinées dans un appareil enregistreur (Global Tape Recorder). La bande est vidée au centre de télécommande et d'acquisition des données (CDA) de Wallops Island

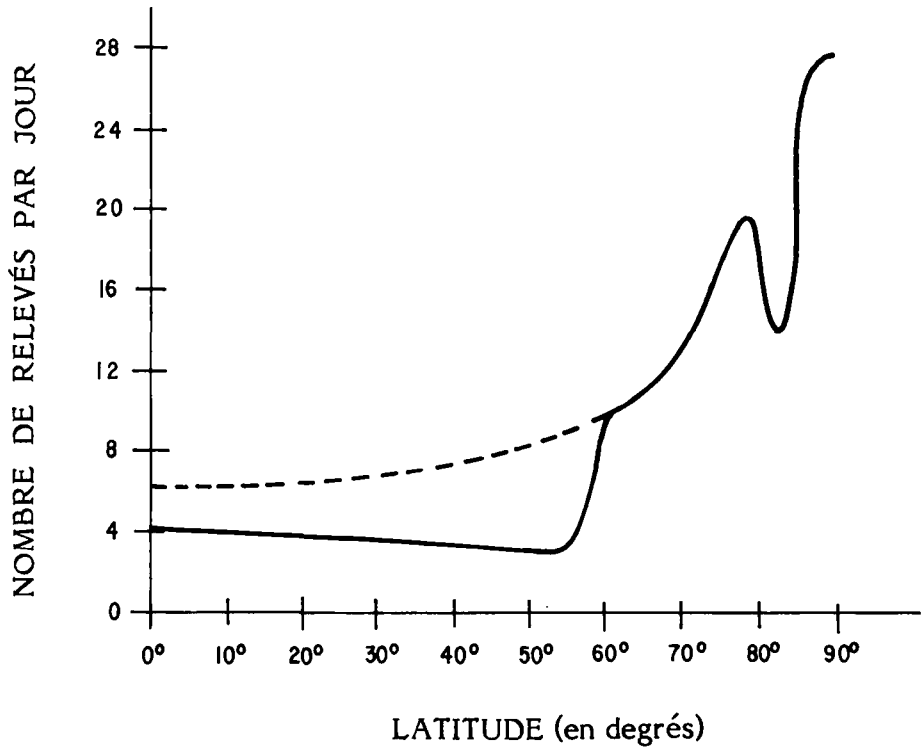


Fig. 5 Nombre de relèvements par jour, en fonction de la latitude

(Maryland), de Gilmore Creek (Alaska) et de Lannion (France). Ces stations réceptrices de télémesures transmettent les données au National Environment Satellite Service (NESS) de la NOAA à Suitland (Maryland). Les données transmises par des satellites faisant partie du programme ARGOS sont séparées à Suitland et retransmises au centre de traitement des données ARGOS situé à Toulouse (France) par une liaison de 7200 bauds (figure 6).

L'ordinateur du centre ARGOS calcule alors la position de la bouée à partir des données orbitographiques les plus récentes, puis elle est transmise à l'utilisateur. Les communications avec le centre ARGOS se font généralement par télex, des lignes spécialisées ou par terminaux modem.

Comme de nouvelles données arrivent toutes les 50 minutes (deux satellites, ayant chacun une période de révolution de 101 minutes), le traitement des données par le centre ARGOS doit bien sûr être plus rapide. La durée entre la collecte des données par le satellite et le moment où les stations réceptrices de l'ARGOS reçoivent les résultats, varie entre zéro et 100 minutes, selon la position de la bouée; la transmission de la station de télémétrie au centre NOAA de Suitland et le traitement des données prend 45 minutes; il faut ensuite 20 minutes pour transmettre les données du centre NOAA au centre

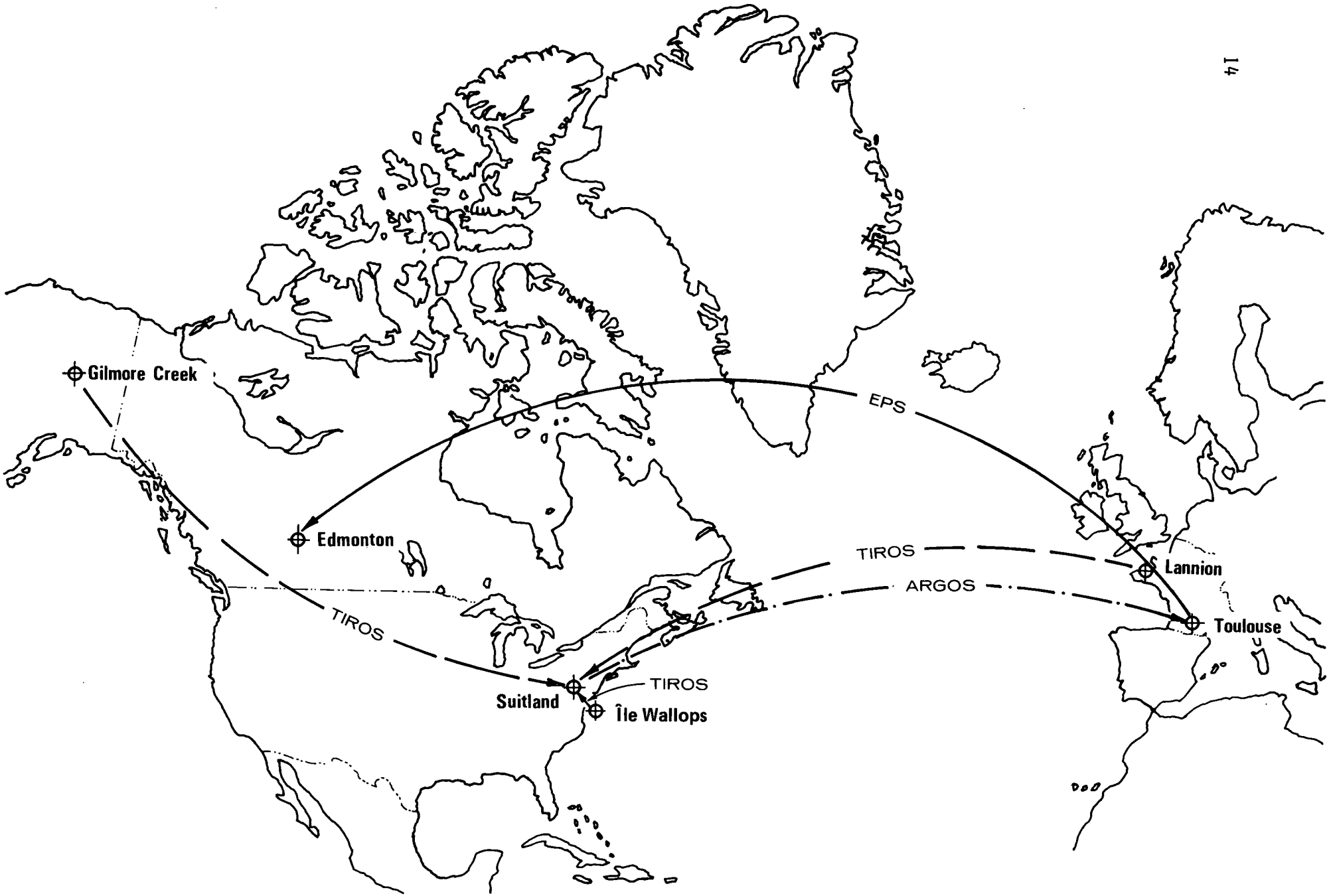


Fig. 6 Liaison pour l'acheminement des données par le centre ARGOS

ARGOS de Toulouse. Le temps de traitement à Toulouse est de 40 minutes, de sorte que le délai total est compris entre 105 et 205 minutes (figure 7) et un tel délai de traitement est prévu dans 75 p. cent des cas.

C'est ainsi que le TIROS-N donnera la position de la bouée à trois kilomètres près, dans un délai maximum de 205 minutes. Cela suppose que la stabilité de la fréquence de l'oscillateur à court terme (20 minutes) est de 10^{-8}, ce qui est courant dans les systèmes électroniques commerciaux (Livingston et coll., 1975).

3.1.1.2 Les satellites géostationnaires. Les satellites géostationnaires ou géosynchrones sont placés en orbite au-dessus d'un point donné de l'équateur. Ils servent à la retransmission des données; cependant, à la différence des satellites en orbite polaire, ils ne peuvent servir à la localisation des bouées par effet Doppler puisqu'ils ont une position fixe par rapport à la terre. Par conséquent, si l'on veut suivre le déplacement des glaces, on utilisera un système indépendant de relèvement dont les résultats seront transmis via un satellite géostationnaire.

La portée requise de repérage élimine la plupart des techniques classiques de relevés; il faut employer un système de localisation au sol. On a le choix entre:

1. Le système OMEGA (système électromagnétique à comparaison de phase à très basse fréquence) (Broughton, 1977);
2. Les satellites de navigation (NAVSAT) (Stansell, 1971).

La technique de localisation à très basse fréquence mesure le déphasage entre les émetteurs électromagnétiques à basse fréquence situés à des emplacements connus de la terre. Ceux-ci fonctionnent en synchronisme, réglés sur des horloges atomiques, aux emplacements indiqués à la figure 8. Les stations OMEGA fonctionnent à une fréquence de 13,6 kHz (longueur d'onde: 22 km). Ainsi, une simple mesure de phase donnera la position à l'intérieur d'un secteur de 22 km et d'autres moyens devront être employés pour déterminer la position de la bouée avec plus de précision.

La surface du globe terrestre est en réalité divisée en une série de couloirs de 22 km de largeur, et un récepteur à très basse fréquence détermine la position à l'intérieur d'un quadrilatère. L'identification des couloirs peut se faire en recourant à des données provenant d'autres stations ou en comptant les couloirs à partir d'un point de départ connu. Dans le cas d'un objet se déplaçant lentement, comme c'est le cas des floes, la trajectoire générale peut servir à déterminer la position du couloir, puisqu'il est improbable qu'un floe se déplace de plus d'un couloir entre des observations successives.

Délai à chaque étape

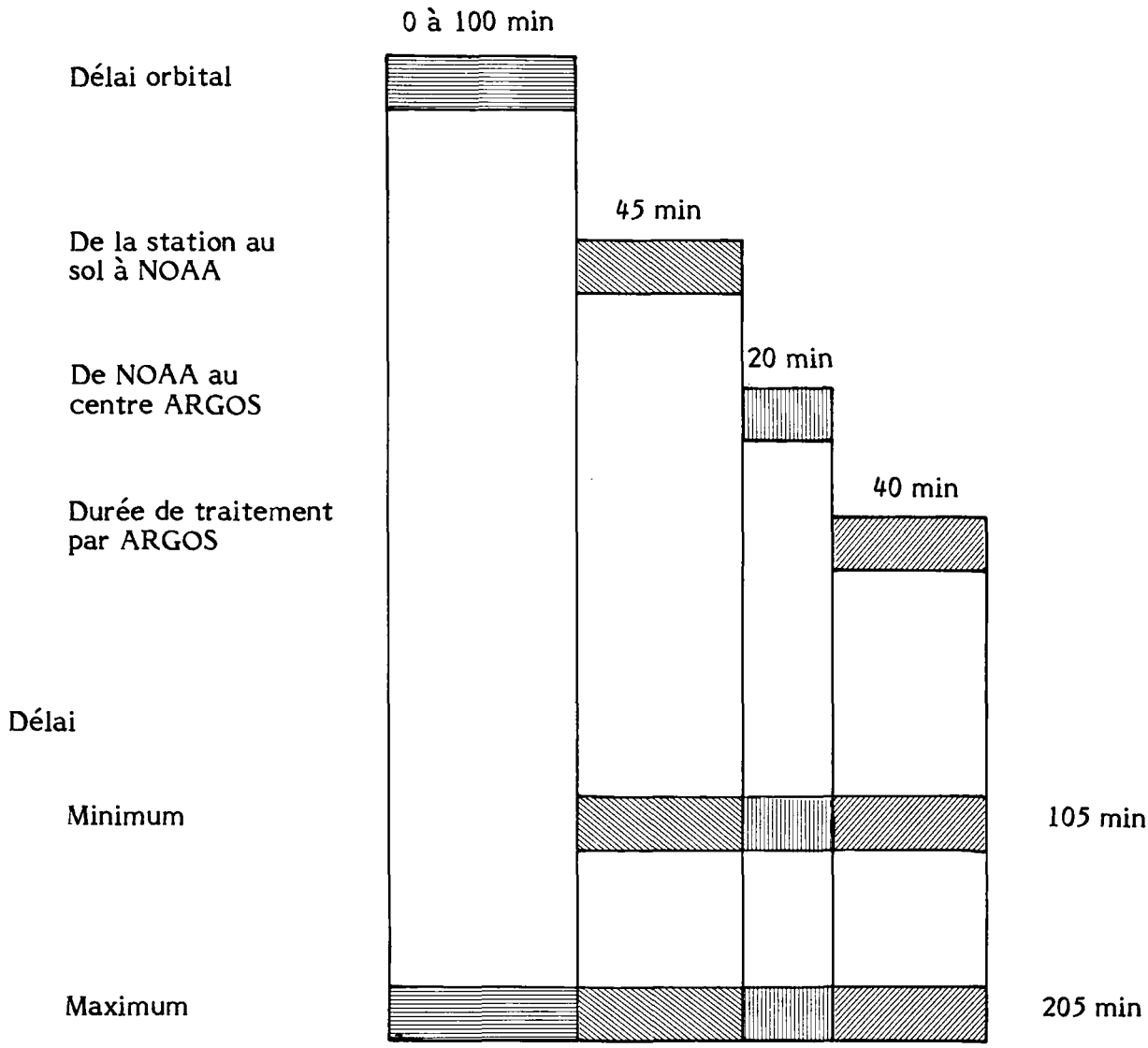


Fig. 7 Durée du traitement des données par le centre ARGOS

Comme la vitesse de propagation des ondes et par conséquent la phase du signal transmis subissent l'effet du champ électromagnétique terrestre, la précision des systèmes à très basse fréquence est donc fonction de l'emplacement sur terre. Dans les régions arctiques, une précision de deux kilomètres est courante. Afin de déterminer la position avec une plus grande précision encore, on peut employer un système différentiel OMEGA. Dans ce cas, on emploiera au moins deux récepteurs T.B.F., dont l'un sera situé à un emplacement connu et l'autre à un emplacement éloigné. En comparant le déphasage entre ces deux récepteurs, les principales erreurs de décalage de phase peuvent être annulées, ce qui améliore la précision par un facteur de 10 à 20. Les systèmes T.B.F. fonctionnent bien dans l'Arctique et dans la mer du Labrador, mais l'influence de la calotte glacière du Groenland en limite l'application dans la région de l'île de Baffin.

Un certain nombre de satellites de navigation en orbite polaire, qui émettent à une fréquence précise détectable par des récepteurs au sol, ont été mis en orbite par la Marine américaine (U.S. Navy Navigation Satellite System). Ces stations réceptrices mesurent le changement de fréquence dû à l'effet Doppler et calculent la position d'une bouée de la même façon que le ferait le système ARGOS. Les paramètres orbitaux du satellite sont codés dans le signal du satellite. Il est possible de déterminer la position de la bouée à 100 m près et on peut faire plusieurs relevés de position par jour dans les régions polaires.

La précision est limitée par les interférences atmosphériques et la précision du calcul de l'orbite. En faisant appel à deux récepteurs en mode différentiel (translocation), comme dans le système OMEGA, il est possible de réduire les erreurs à quelques mètres. En se servant de la position donnée par satellite, on peut obtenir la position de la bouée à 100 m près, avec un seul récepteur et à un ou deux mètres près en mode différentiel.

La position de la bouée peut donc être déterminée par les systèmes OMEGA ou NNSS et les données transmises via le satellite GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite). L'orbite et l'angle de couverture des deux satellites en service au moment de cette étude, sont présentés à la figure 9. La carte montre la ligne de contour (horizon) de 5°; cela correspond à la limite de la plupart des systèmes de transmission actuels.

Une station éloignée pour le satellite GOES est équipée d'un émetteur de 10 à 40 watts; la fréquence est donnée par un oscillateur stabilisé par cristal et à température contrôlée (figure 10). Le récepteur du satellite fonctionne sur une bande de 401,7 à 402 MHz divisée en 99 canaux multiplexés dans le temps afin d'assurer un rendement optimal.

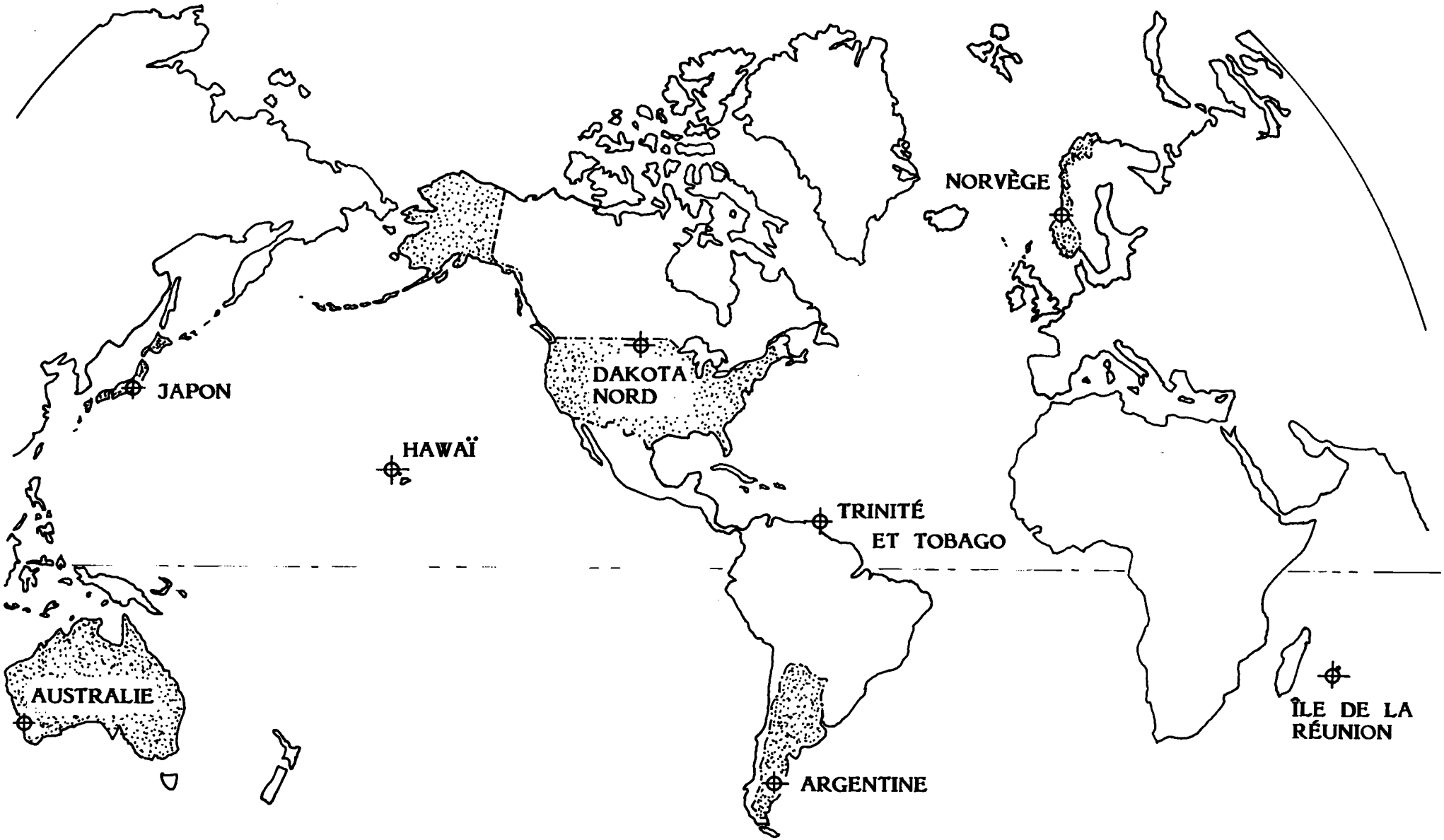


Fig. 8 Emplacement des émetteurs OMEGA

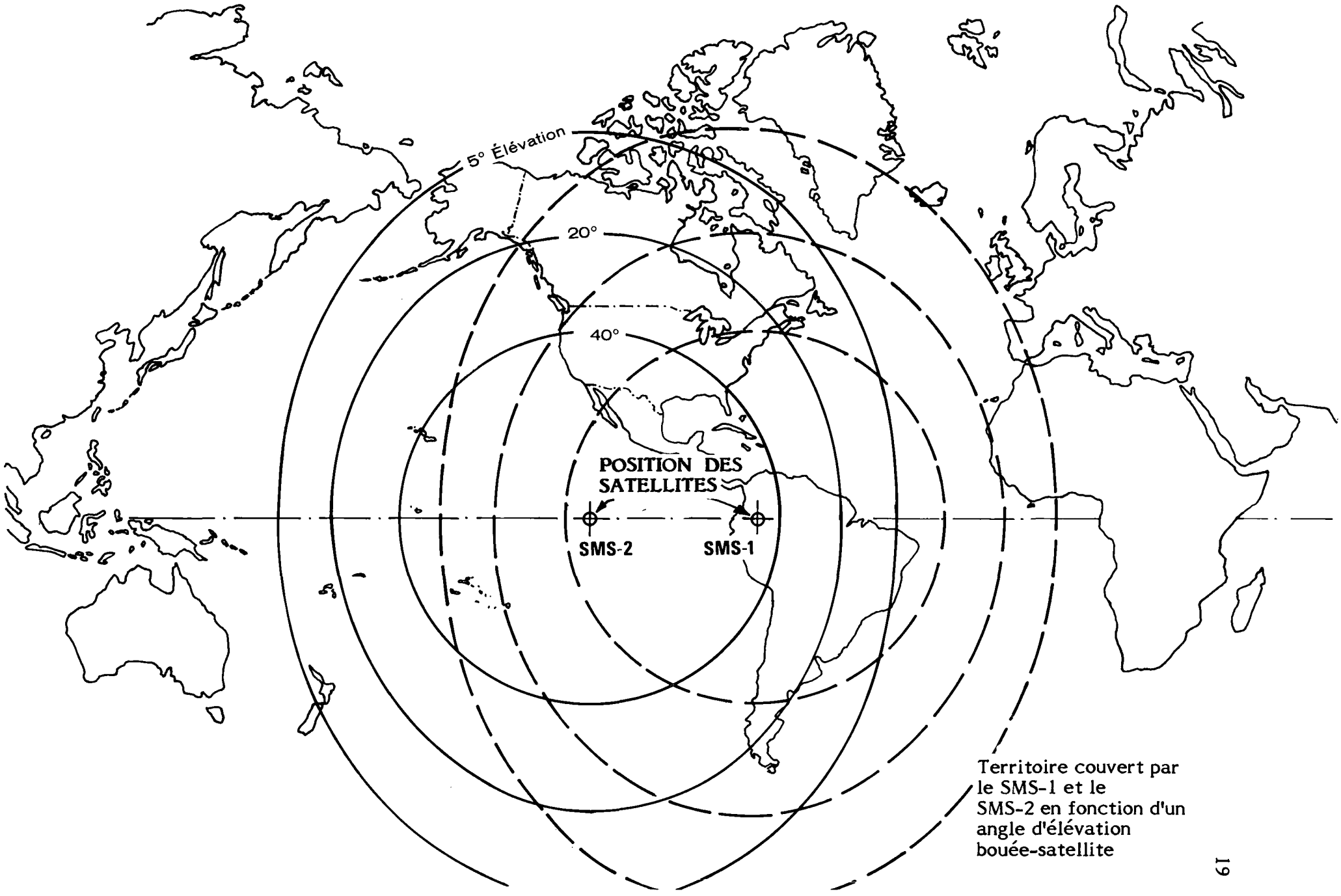


Fig. 9 **Position des satellites géostationnaires**

Fig. 10 Émetteur GOES de la Ball Bros. Ltd.

Le satellite GOES retransmet le signal à une station terrestre, par exemple à la station canadienne récemment installée à Prince Albert (Saskatchewan) par le ministère des Pêches et des Océans. L'autorisation de se servir du satellite GOES est accordée par le NESS. C'est également lui qui régit l'utilisation des canaux et des tranches de temps. Tout programme utilisant le satellite GOES doit comporter l'observation de phénomènes naturels et obligatoirement avoir un intérêt écologique.

TELESAT est une société gouvernementale d'exploitation des télécommunications qui offre, en tant que société exploitante, des liaisons pour l'acheminement de données par le satellite ANIK (Forcina et Smalley, 1977). Le principe d'utilisation de ce système est analogue à celui du GOES, sauf que la fréquence est de

5950 MHz et que son exploitation se fait sur la base d'un coût d'usage. Le satellite ANIK a des limites sensiblement analogues à celles du GOES, mais son émetteur et son antenne sont plus complexes.

En résumé, il est possible de déployer des bouées sur les floes et d'en connaître la position à l'aide des systèmes OMEGA ou NESS. Si les données obtenues ont une précision comparable à celles fournies par une bouée reliée au système TIROS-N ou meilleures qu'elles, ces systèmes présentent cependant deux inconvénients distincts:

1. Le coût élevé d'installation et d'opération des bouées en régions éloignées.
2. Les coordonnées de position sont plus précises que celles obtenues avec le meilleur équipement actuel de navigation aérienne.

Bien qu'on puisse connaître l'emplacement précis d'une bouée grâce à la retransmission via le satellite GOES, il reste qu'il est toujours aussi difficile de la retrouver à un point précis avec le matériel de navigation à bord des avions de recherche. Il est donc inutile de localiser une bouée avec plus de précision qu'à partir des avions de recherche qui seront éventuellement chargés de situer les nappes de pétrole.

3.1.2 Radioguidage

Une solution de rechange consiste à recourir à des installations de radiogoniométrie au sol pour déterminer des positions par triangulation. Cette méthode a été employée pour le repérage des bouées dérivantes dans le cadre de programmes océanographiques; elle a l'avantage de fournir des informations en temps réel grâce à un dispositif incorporé et autonome.

Un petit émetteur très stable à haute fréquence est installé sur un floe et il est suivi par deux stations au sol comme le montre la figure 11 (Murray et coll., 1975). Les mesures angulaires, précises à quelques degrés près, permettent de déterminer la position de la bouée. La précision est fonction de la disposition des stations réceptrices et de leur portée. Les principaux inconvénients sont la portée réduite, les distorsions dues aux perturbations atmosphériques et les frais inhérents à l'opération d'une station habitée sur la côte.

Des variantes sont cependant possibles. Une liaison haute fréquence sur bande étroite peut être employée pour retransmettre les données OMEGA provenant d'un floe. Le signal H.F. est décodé au moyen d'un récepteur ordinaire OMEGA situé dans une station au sol. La Canadian Marine Drilling Ltd. y a eu recours pour suivre les floes près des puits de forage dans la mer de Beaufort.

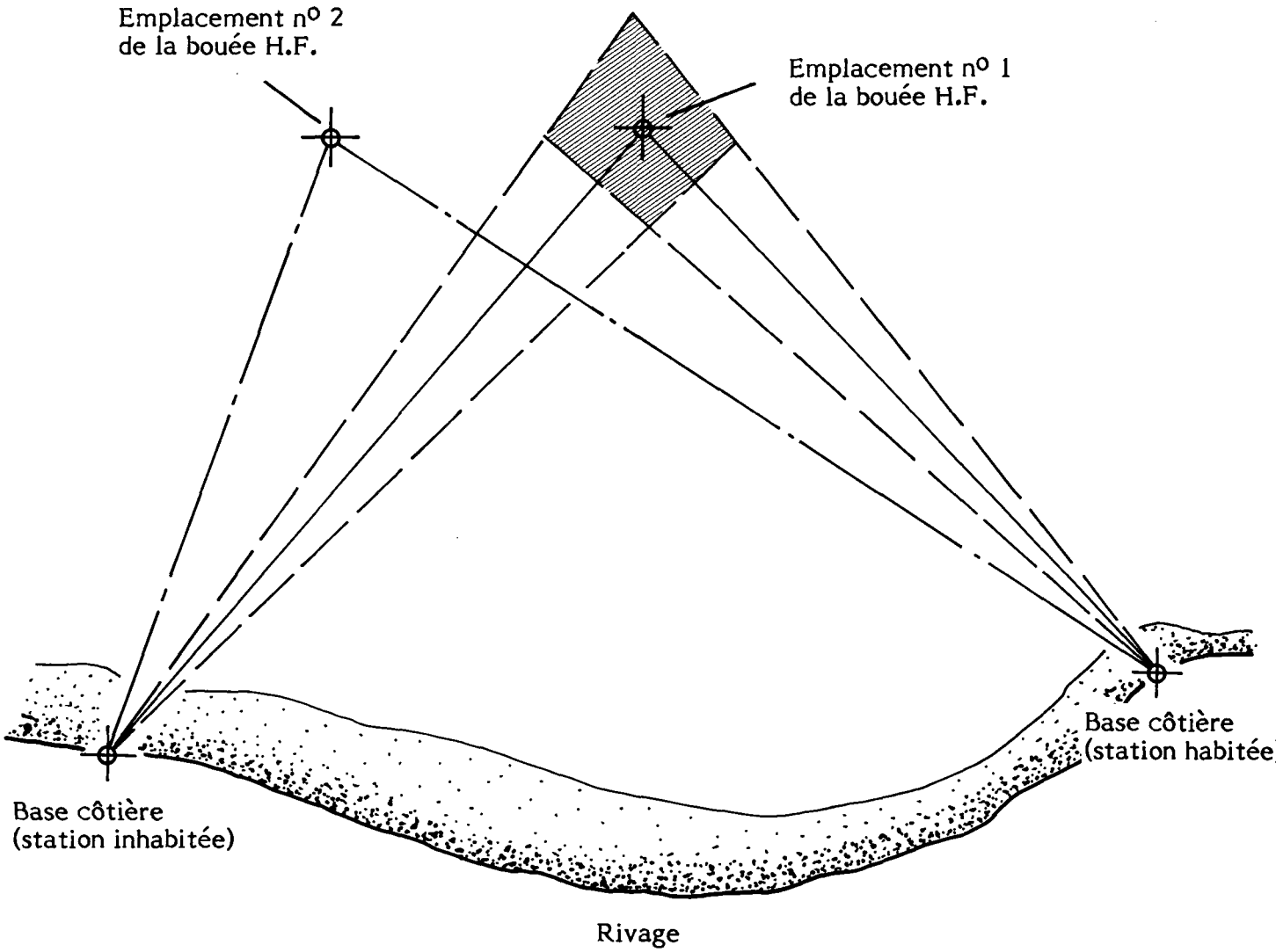


Fig. 11 Repérage radio à haute fréquence

L'emploi d'ondes T.H.F. plutôt que H.F. dans les systèmes de télémétrie ou de guidage améliorerait le rapport signal-au-bruit et du même coup la précision du système. Toutefois, la portée des émissions T.H.F. est limitée à la portée optique et, par conséquent, cette technique ne peut pas être utilisée avec les macrosystèmes.

3.2 MICROSYSTÈMES

Pour permettre à un aéronef de reconnaissance de repérer la position exacte d'un floe et de la nappe de pétrole emprisonnée, il faut installer des dispositifs de repérage radio sur les floes. Des radiobalises H.F. et T.H.F. ou des réflecteurs radar peuvent convenir.

3.2.1 Radiobalises H.F. et T.H.F.

Des balises d'atterrissage à haute fréquence ont été mises au point afin de suivre les bouées à la dérive et de récupérer les courantomètres largués dans le cadre de programmes océanographiques. Ces balises fonctionnent dans la bande civile de 27 MHz à un niveau de puissance de 100 mW. Le système de détection se compose d'un cadre orientable, d'un récepteur et d'un indicateur de gisement et il est installé à bord d'un aéronef. Ces systèmes ont une portée de 10 à 50 km, selon l'altitude de vol.

Les systèmes fonctionnant à 27 MHz sont les plus utilisés mais des modèles analogues ont été mis au point pour fonctionner à des fréquences T.H.F. (150 MHz) et U.H.F. (420 MHz). Ces nouveaux systèmes sont légèrement plus complexes et ont une faible portée à basse altitude. Ils sont toutefois moins sensibles aux ondes parasites que les appareils fonctionnant sur la bande de fréquence civile, qui est très encombrée.

Fig. 12 Radiobalises T.H.F. installées sur une banquise éloignée dans l'Arctique canadien

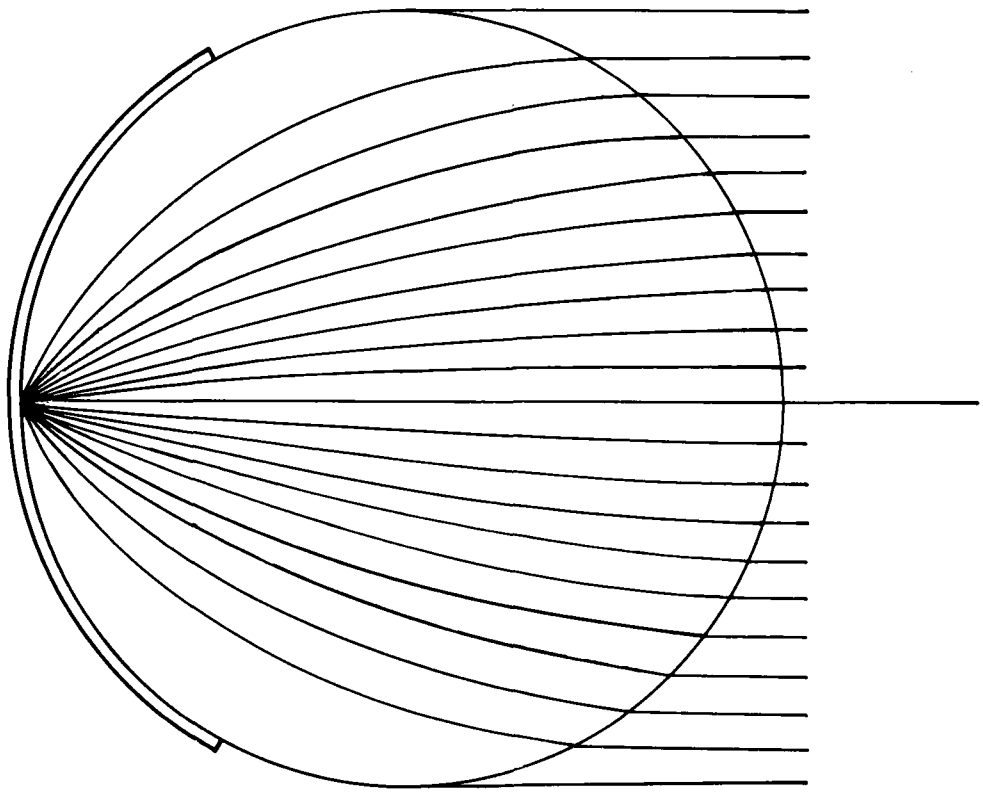


Fig. 13 Mode de réflexion de la lentille de Lunebourg

3.2.2 Réflecteurs radar

Un réflecteur radar fixe est essentiellement une antenne de radar qui réfléchit le rayonnement hertzien des bandes X ou C. Le modèle le plus courant est constitué d'un réflecteur en trièdre ayant un albédo efficace de 2,5, par rapport à celui des réflecteurs caractéristiques de type spéculaire quasi infini. Les réflecteurs radar ne nécessitent aucune alimentation mais les dimensions et la forme des éléments sont déterminantes; par conséquent, l'efficacité sera sérieusement diminuée par l'accumulation de glace ou de neige.

Un système récemment introduit utilise une lentille de Lunebourg (Skolmak, 1962) qui est plus robuste qu'un réflecteur fixe et qui convient mieux à ce genre d'application. La lentille de Lunebourg est constituée d'une sphère de 30 cm et a une surface radar équivalente de 10 m^2; le réflecteur fonctionne comme un prisme de Koster (figure 13). Au moment de l'étude, le système était trop nouveau pour qu'on puisse l'évaluer.

Les transpondeurs radar fonctionnent un peu comme les réflecteurs fixes mais après détection les signaux sont amplifiés dans un circuit ayant un retard donné. L'ensemble est constitué d'un récepteur, d'un dispositif de retard et d'un émetteur. Le dispositif de retard permet d'utiliser la même antenne pour l'émission et la réception. Ces appareils doivent être alimentés en énergie dans un site éloigné mais ils donnent par contre un bien meilleur rapport signal-au-bruit; les problèmes de givrage d'antenne ainsi que d'accumulation de neige ne sont donc pas aussi critiques qu'ils le sont pour des réflecteurs fixes.

Page 26 : vide dans original
Page 26 : blank in original

Techniques de mise en place 4

Qu'il s'agisse de suivre un floe proche ou éloigné, les bouées seront utilisées au large des côtes arctiques et toutes les bouées devront être mises en place à partir d'aéronefs. Dans la plupart des cas, des bouées seront placées à l'endroit du déversement. D'autres bouées seront déposées au même endroit à mesure que les glaces, et donc la nappe de pétrole, s'éloigneront. On pourra de cette façon suivre la trajectoire de la nappe pendant l'hiver.

La technique traditionnelle, éprouvée pour la mise en place de matériel sur la banquise arctique et sa récupération, nécessite l'emploi d'hélicoptères. La méthode est coûteuse à n'importe quelle époque de l'année, mais comme la période prévue de mise en place se situe pendant la nuit arctique, il faudra recourir à des bimoteurs équipés pour le vol IFR; cette exigence accroît considérablement les frais de l'opération. Il est probable que des hélicoptères seront utilisés de temps à autre, mais il est important d'envisager d'autres techniques moins coûteuses. En outre, les hélicoptères ne peuvent pas voler par n'importe quel temps et leur autonomie est limitée à environ 400 km.

L'utilisation d'avions est intéressante à plus d'un égard pour la mise en place des bouées. Ils ont une plus grande autonomie de vol et les frais d'opération sont moins élevés que pour les hélicoptères. Toutefois, comme l'atterrissage d'un avion est souvent impossible à cause d'une mauvaise visibilité, du temps et de l'état de la glace, il faut avoir recours au largage. Il existe deux méthodes de largage à partir d'aéronefs:

1. Le largage freiné par parachute.
2. Le largage non freiné d'engins résistant aux grandes décélérations.

Pour le projet AIDJEX, les Polar Research Laboratories ont mis au point une bouée largable (ADRAMS) interrogeable par satellite (le NIMBUS 6). Il s'agit d'un dispositif à largage freiné par parachute, qui se détache après l'atterrissage. Les dispositifs électroniques sont montés sur Cardan pour conserver l'orientation de l'antenne et des appareils indépendamment du relief du sol. La durée utile d'une bouée ADRAMS est d'environ neuf mois, dépendant de la durée des piles.

Divers dispositifs militaires mis au point pour des bombardements de précision utilisent des radiophares largables. Il n'a pas été possible d'obtenir suffisamment d'informations pour évaluer s'ils conviendraient au repérage des floes.

Une solution de rechange au parachutage est le largage d'un engin non freiné. Des études préliminaires de la Garde côtière américaine (McIntosh et coll., 1973) démontrent que l'utilisation de pénétromètres dans les glaces est parfaitement possible. Les dispositifs de la Garde côtière américaine comportaient la possibilité de transmettre les données de décélération par télémesure à très haute fréquence. Il est parfaitement raisonnable de penser qu'un émetteur compatible avec le service ARGOS pourrait être construit en appliquant la même technologie. L'emploi d'un pénétromètre augmente la probabilité d'un bon ancrage dans la glace et évite un montage à Cardan.

La profondeur de pénétration peut être calculée à partir du transfert d'énergie à la glace. En supposant une vitesse à l'impact de 100 m/s (vitesse typique d'un engin en chute libre) et un poids de 25 kg, le pénétromètre aura une énergie à l'impact de 1,25 x 10^5 joules. L'énergie spécifique de cisaillement de la glace est de 6,6 x 10^6 joules par mètre cube; 1,89 x 10^{-2} m^3 de glace sera donc déplacée. Si le pénétromètre a un diamètre de 10 cm, il pénétrera de 2,4 m dans la glace. Ce chiffre ne tient pas compte des pertes par friction.

Il est donc clair que l'engin devra être équipé d'un collier ou d'un dispositif aérodynamique de freinage. Pour que le pénétromètre ne s'enfonce pas plus de 20 cm, la vitesse à l'impact doit être réduite à moins de 50 m/s, ou il faut dissiper la moitié de l'énergie au moyen d'un collier de freinage de 30 cm de diamètre. Le type de pénétromètre utilisé décidera du meilleur moyen de freinage à employer. La figure 14 illustre un pénétromètre en place, équipé d'un émetteur T.H.F. à impulsions et d'un réflecteur à lentille de Lunebourg.

4.1 REPÉRAGE PAR AÉRONEF

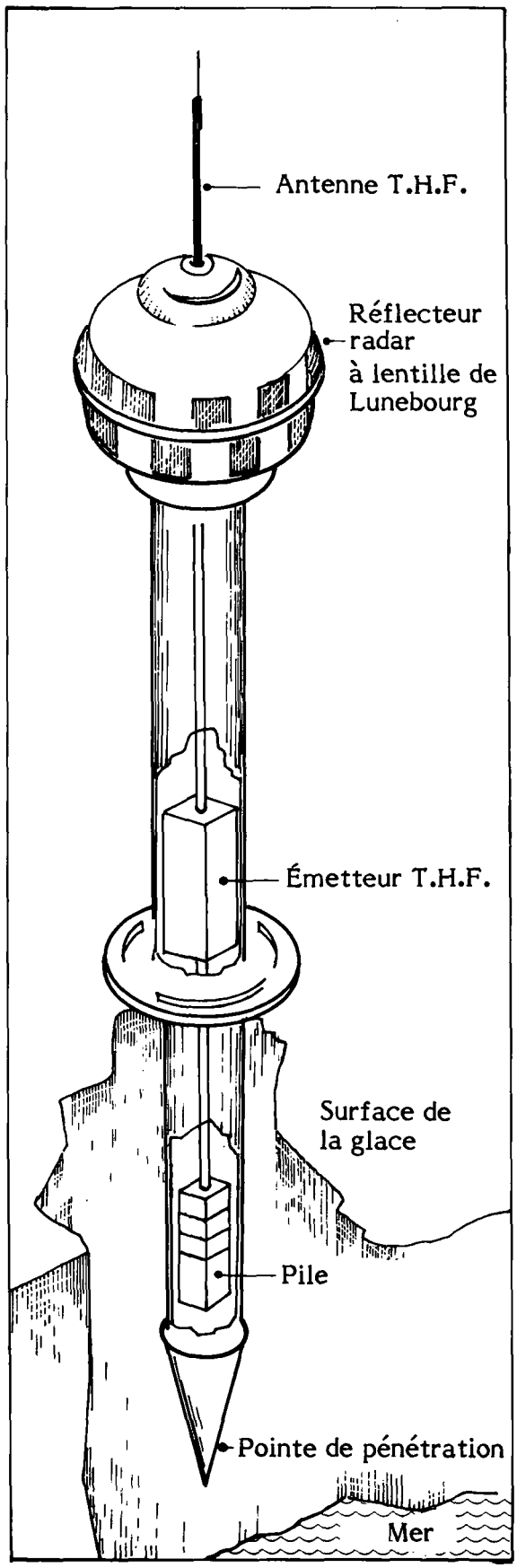
Le repérage d'un endroit précis exige l'installation d'appareils de détection à bord des aéronefs. Les aéronefs proviendront soit du gouvernement, soit du secteur privé.

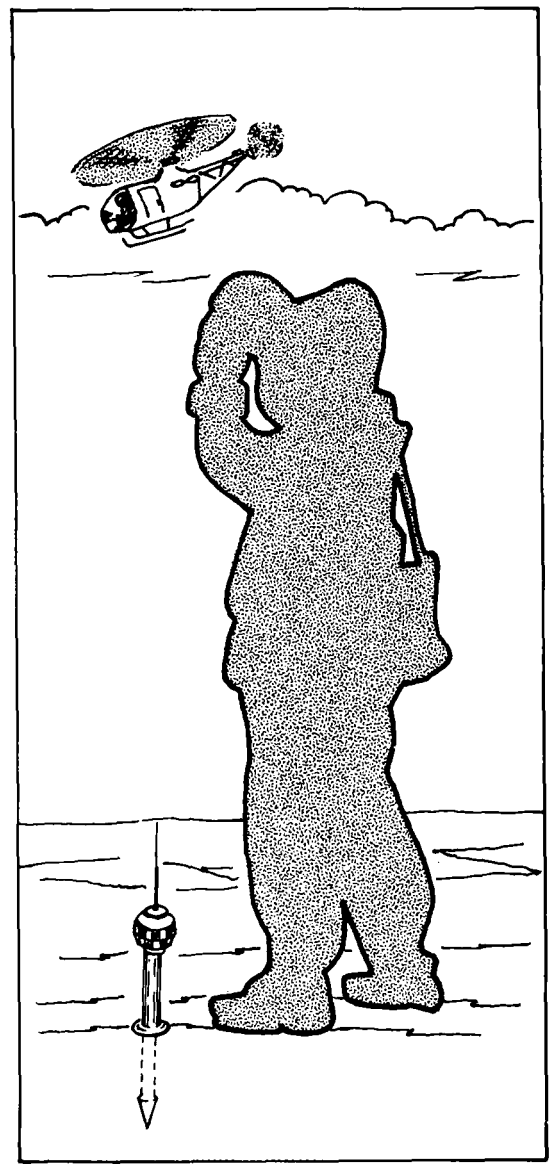
Le ministère de la Défense utilise généralement le Tracker et l'Argus; tous deux sont équipés d'un radar de surveillance et d'appareils photographiques manuels. L'Argus possède un système de navigation INS; depuis l'été 1978, le Tracker est équipé du système de navigation OMEGA.

Le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) possède deux avions de type Electra pour la reconnaissance des glaces; tous deux sont équipés d'un altimètre au laser,

d'un dispositif de balayage infrarouge ainsi que d'un thermomètre à rayonnement (en plus d'appareils photographiques et d'un radar). L'un de ces avions sera équipé d'un radar à balayage latéral produisant des images en temps réel.

La plupart des avions commerciaux, particulièrement les ADAC, ne sont pas très bien équipés; il faudra donc les doter des appareils nécessaires avant d'effectuer une mission de repérage des floes. Mais comme ce genre de missions sera effectué au printemps, on aura suffisamment de temps pour s'y préparer.





Croquis montrant les dimensions relatives

Fig. 14 Pénétromètre en place

Systèmes recommandés 5

Pour choisir le système le plus approprié, on tiendra compte du coût du système, de sa précision et du temps de transmission des données. Les spécifications dépendront des conditions de son utilisation. Il faut que les exigences soient bien formulées au départ sinon elles seront contestables.

5.1 MACROSYSTÈME

Il est supposé que le macrosystème servira au repérage général de déplacements des nappes de pétrole en suivant la trajectoire des floes et que les bouées seront installées sur les lieux du déversement ou à proximité. Le système devrait donner les positions des bouées à quelques kilomètres près, avec au moins 3 positions fiables par jour. Des délais d'acheminement des données de 24 heures seront acceptables.

Le système retenu devrait évidemment être relié au service ARGOS et aux satellites TIROS-N et NOAA. Les appareils OMEGA ou NNSS, qui retransmettent les coordonnées des bouées via les satellites GOES ou ANIK, accélèreront le délai d'acheminement des données, mais cela ne constitue pas un grand avantage si l'on considère le coût élevé et la complexité de ces systèmes.

Le tableau 1 présente un résumé des coûts des divers macrosystèmes. Le satellite ANIK n'est pas compris ici parce que les bouées devraient être équipées d'un émetteur à haute puissance qui exclut le largage aérien vu la complexité de son antenne.

Des bouées émettant via satellite sont disponibles auprès d'un grand nombre de fabricants américains. Les appareils provenant des firmes Handar, Polar Research Laboratories (figure 15) et American Electronics Laboratories peuvent fonctionner à basse température, mais ne sont pas construits pour être employés avec un pénétromètre. Si l'on veut les utiliser pour dépister des floes avant qu'on ait pu y apporter les améliorations nécessaires pour le largage, on peut les mettre en place en utilisant un hélicoptère.

TABLEAU 1 RÉSUMÉ DES COÛTS (MACROSYSTÈMES)

		ARGOS	GOES	
			NAVSAT	OMEGA
Bouée et pénétromètre				
Coût:	10	$6 000	$32 000	$14 000
	100	$3 500	$28 000	$10 000
	1 000	$2 000	$24 000	$18 000
Coût de base:		$20/interrogation	$500/année	
Coûts pour la station terrestre:		$50 000	$150 000	
Dimensions:		Cylindre de 1 m de long x 10 cm de ϕ	Cylindre de 8 m de long x 20 cm de ϕ	
Poids:		25 kg	50 kg	
Durée utile:	en place en stock	12 mois en raison de la puissance de la pile; sinon, illimitée.	12 mois en raison de la puissance de la pile; sinon, illimitée.	
Permis:		Émis par la détection écologique du NESS et de l'ARGOS	Émis par la détection écologique du NESS	
Mise en place:		Largable	Hélicoptère	
Récupération:		Pas économique; nécessiterait un atterrissage sur glace.	Hélicoptère	

5.2 MICROSYSTÈME

Le choix d'un microsystème est plus difficile que celui des macrosystèmes. Certains microsystèmes doivent encore faire leurs preuves en milieu arctique; toutefois, la lentille de Lunebourg présente un grand intérêt en raison de son faible coût, de sa solidité et parce que la plupart des gros avions de surveillance sont munis d'équipement radar compatible avec ce type de lentille. Le repérage de réflecteurs radar classiques sur des glaces accidentées était particulièrement difficile jusqu'ici, mais la lentille de

Fig. 15 Émetteur NIMBUS 6 fabriqué par Polar Research Laboratories

Lunebourg possède une surface radar équivalente cinq fois supérieure à celle de tout réflecteur de conception classique, ce qui n'est pas à dédaigner.

Les microsystèmes éprouvés pour le microrepérage des floes sont les émetteurs d'impulsions H.F. ou T.H.F. et le transpondeur radar. Ce dernier est coûteux (environ 3000$), mais il est compatible avec les radars usuels de surveillance. Les émetteurs d'impulsions H.F. ou T.H.F. nécessitent l'installation d'une antenne et d'un récepteur spécial à bord de l'aéronef, mais la bouée ne coûte pas cher (500$, y compris le coût du pénétromètre).

Il semble que le meilleur système combinerait une lentille de Lunebourg et un émetteur d'impulsions H.F. ou T.H.F. dans un pénétromètre. Ce système permettrait de recueillir plus de renseignements que nécessaire et serait compatible avec plusieurs types d'aéronefs; de plus il n'en coûterait qu'environ 700$ pour un tel système.

Qu'il s'agisse de macrosystème ou de microsystème l'ensemble peut être largué soit en douceur, soit au moyen d'un engin à grande décélération. Le pénétromètre présente des avantages distincts. Sa conception est simple et il assure la stabilité de position de la bouée. Bien que les sonobouées soient couramment équipées d'un émetteur supportant les grandes décélérations, il reste encore beaucoup à faire avant qu'on puisse s'en servir pour les bouées destinées au repérage des floes.

BIBLIOGRAPHIE

1. Broughton, D.W. (1977), "Operational Experience in the Use of OMEGA", The Journal of Navigation, vol. 30(3), pp. 339-343.

2. Browne, I.M. et A.P. Crary (1958), The Mouvement of Ice in the Arctic Ocean Arctic Sea Ice, Académie nationale des sciences, Conseil national de recherches. Publication n° 598.

3. Côté, C. et P. Julian (1975), "The Tropical Wind Energy Conversion and Reference Level Experiment (TWERLE)" NIMBUS 6 Users' Guide. John et E. Sissala, éds., Goddard Space Flight Center, Greenbelt (Maryland).

4. Forcina, G.P. et A.R. Smalley (1977), A Development Program in Remote Monitoring Utilizing the ANIK Satellite. (Disponible auprès de TELESAT Canada, Ottawa.)

5. Kerut, E. et coll. (1975), Advantages and Limitations Associated with Satellite - Oceanographic Date Transmission Systems. (Disponible auprès du bureau de la NOAA pour les données des bouées.)

6. Lewis, E.L. (1976), Oil in Sea Ice. (Rapport des sciences océaniques du Pacifique, 76-12, non publié.)

7. Livingston, T.L. et coll. (1975), "A Buoy Transit Terminal for the NIMBUS-F Satellite", I.E.E.E. Transactions on Geoscience Electronics, G.E. vol. 13(1), pp. 53-59.

8. McIntosh, J.A. et coll. (1973), "Development of a Sea Ice Penetrometer", Journal of Petroleum Technology, mars 1973, pp. 248-256.

9. Murray, S.P. et coll. (1975), "An Over-The-Horizon Radio Direction-Finding System for Tracking Coastal and Shelf Currents", Geophysical Research Letters, vol. 2(6), pp. 211-214.

10. Nansen, F. (1972), "The Oceanography of the North Polar Basin", Scientific Results (The Norwegian Polar Expedition 1893-96), n° 3, p. 427.

11. Reed, R.J. et W.J. Campbell (1960), Theory and Observations of the Drift Ice Station Alpha, Université de Washington, Département de météorologie et de climatologie, Bureau des recherches navales NR 307-250, décembre 1960.

12. Skolnik, M.I. (1962), Introduction to Radar Systems, McGraw-Hill, Toronto (Ontario), pp. 291-294.

13. Stansell, T.A. (1971), "TRANSIT, the Navy Navigation Satellite System", Journal of the Institute of Navigation, vol. 18(1).

14. Taillade, M. (1977), IIe Réunion des utilisateurs d'ARGOS. (Disponible auprès du Service ARGOS, Centre spatial de Toulouse, France, novembre 1977.)

15. Zubov, N.N. (1945), Arctic Ice, U.S.N. Oceanographic Office (traduit du russe et publié en 1965).

Page 36 : vide dans original
Page 36 : blank in original

Annexe

BOUÉES DE REPÉRAGE DES DÉVERSEMENTS D'HYDROCARBURES

FABRICANTS ET SPÉCIFICATIONS

Page 38 : vide dans original

Cette étude a permis d'établir que plusieurs sociétés étaient en mesure de construire des macrosystèmes et des microsystèmes de repérage destinés à être employés avec les satellites ARGOS et avec les émetteurs T.H.F. respectivement. Nous donnons ci-après une liste de plusieurs sociétés fabriquant de tels systèmes, ainsi que les spécifications pour plusieurs dispositifs radio de repérage actuellement sur le marché.

FABRICANTS

Les sociétés suivantes classées par ordre d'expertise pourraient fabriquer un macrosystème de bouées compatible avec le Service ARGOS:

Orion Electronics Limited
B.P. 58, Saulnierville
Comté de Digby (Nouvelle-Écosse)

Hermes Electronics Limited
40, rue Atlantic
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)

Briston Aerospace Limited
B.P. 874
Winnipeg (Manitoba)

Les sociétés suivantes sont capables de fabriquer un microsystème de repérage compatible avec un émetteur T.H.F. pouvant fonctionner à 150 MHz:

Orion Electronics Limited
B.P. 58, Saunierville
Comté de Digby (Nouvelle-Écosse)

Hermes Electronics Limited
40, rue Atlantic
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)

Davtron
Minneapolis (Minnesota)
U.S.A.

Ocean Applied Research Corporation
10447 Roselle Street
San Diego (Californie)
U.S.A. 92 121

Sandia Laboratories
Albuquerque (Nouveau-Mexique)
U.S.A.

Les lentilles de Lunebourg sont disponibles chez:

Maritime Facilities Co. Ltd.
31, Nishi-Gotanda 1-chome
Shinagawa-ku
Tokyo 141
Japon

SPÉCIFICATIONS

Les spécifications générales des radiobalises larguées avec ou sans parachute sont les suivantes:

Fréquence	150 MHz
Portée	20 km (puissance 100 mW)
Durée	9 mois ou plus
Température	$^{-}60$ °C à 40 °C
Modulation	Impulsions, 100 mS en circuit, 500 mS hors circuit
Largage	Jusqu'à 500 mètres au-dessus de la glace (2000 g pendant 10 mS)

Il est admis que l'émetteur du satellite pourrait être construit suivant les mêmes caractéristiques que les radiobalises mais en plus grand.

Actuellement, Orion Electronics Limited fabrique des bouées de repérage des nappes de pétrole. Il s'agit d'une bouée ordinaire de type O.S.T. avec antenne intérieure pour les hydrocarbures légers, et d'une bouée lourde de type O.S.T. avec une antenne intérieure pour les hydrocarbures lourds; les récepteurs mis au point par Orion pour localiser et repérer les émetteurs sont les modèles R8 et R9. Les spécifications sont:

Dimensions	R8	11,5 cm de longueur x 9 cm de largeur x 7,5 cm de hauteur	(manuel, antenne pliable, compacte)

R9	19 cm de longueur x 13,5 cm de largeur x 16,6 cm de hauteur	(version plus robuste du R8, étui en aluminium étiré sans soudure, gros cadran de lecture facile, télémétrie, choix de plusieurs antennes)

Type	Contrôlé au cristal, double conversion super-hétérodyne
Fréquence	120 MHz à 310 MHz
Canaux	R8 - maximum de 4 R9 - maximum de 6
Indication radiogonio-métrique	Gauche/droit ou intensité de réception
Énergie	Interne - deux piles sèches de 9 V Externe - 10 à 30 V, négatif à la masse, régulation interne Débit: 22 mA en temps normal 130 mA pendant l'émission

L'équipement facultatif comprend:

Filtre étroit ± 2,8 kHz installé dans le R8 ou le R9
Antenne fixe à l'épreuve de l'eau
Antenne rotative (120 V courant alternatif)
Antenne Yagi à gain élevé
Autres antennes spéciales pour avion, hélicoptère et véhicule
Fréquence spéciale pour bouées

Maritime Facilities Co. Ltd. est le distributeur des lentilles de Lunebourg fabriquées par Tokyo Keiki Co. Ltd. Les caractéristiques et les spécifications de rendement sont:

Portée de détection

	Hauteur de la lentille au-dessus de la mer	sur mer calme (km)	sur mer agitée (km)
Type de 30 cm	2 m (6,7 pi)	8,8 - 9,6	6,4 - 8,0
	5 m (16,7 pi)	11,2 - 12,8	6,4 - 8,8
Type de 20 cm	2 m (6,7 pi)	6,4 - 7,2	4,8 - 5,6
	5 m (16,7 pi)	8,0 - 8,8	6,4 - 7,2

Réflectivité

Plan horizontal	360° (360°)*
Plan vertical	env. 40° (35°)*
Vers le haut transversale	50° (nulle)*
Surface radar équivalente	plus de 10 m^2 (plus de 2 m^2)*

* Lentille de 20 cm.

Le LENSREF n'a aucun rapport avec le plan de polarisation de l'onde radar.

Poids

Type de 30 cm	moins de 6,5 kg (14,4 lb)
Type 20 cm	moins de 2,5 kg (5,5 lb)