



Canadian
Coast Guard

Garde côtière
canadienne

DFO - Library / MPO - Bibliothèque



14029980

LA RADIONAVIGATION MARITIME AU CANADA :
CONJONCTURE ET PERSPECTIVES

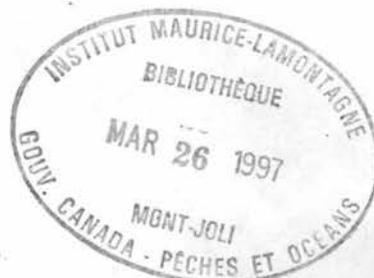
VK-1
397
R32
91
C15Z

Canada

210559

CAI
DTN100
91
C152

TP 9541



LA RADIONAVIGATION MARITIME AU CANADA :
CONJONCTURE ET PERSPECTIVES

PRÉPARÉ PAR
LA DIRECTION GÉNÉRALE DES
TÉLÉCOMMUNICATIONS ET ÉLECTRONIQUE
GARDE CÔTIÈRE CANADIENNE

JUIN 1991

VK
397
R32

LA RADIONAVIGATION MARITIME AU CANADA: CONJONCTURE ET PERSPECTIVES

RÉSUMÉ À L'INTENTION DE LA HAUTE DIRECTIONCadre

Le Garde côtière canadienne a le mandat et la responsabilité de veiller à l'efficacité et à la sécurité du transport maritime dans les eaux canadiennes et dans les eaux internationales contiguës désignées. Pour ce faire, il doit assurer certains services de radionavigation, notamment le service LORAN-C sur les côtes Est et Ouest, ainsi que des services de radiophares et de balises radars maritimes dans les zones des eaux canadiennes où la demande et le trafic l'exigent. Les services de radionavigation maritime actuels découlent surtout des recommandations qui ont été faites à la suite d'une étude exhaustive de leurs exigences dans la perspective de la technique et des utilisateurs en 1976. Étant donné les progrès accomplis depuis dans le domaine des techniques et des services de radionavigation à l'échelle internationale, les exigences actuelles de la planification à long terme de la Garde côtière canadienne et diverses études du Ministère concernant les besoins de la navigation dans un contexte multimode, il convient d'examiner et de prévoir l'évolution des services de radionavigation maritime couramment utilisés au Canada, ainsi que leurs exigences et la demande à leur égard. Le présent document vise les 15 à 20 prochaines années.

OBJET

Ce document a pour objet de présenter un énoncé portant en particulier sur les perspectives des services de radionavigation maritime nationaux au Canada. En élaborant ces perspectives, ce document fournit :

- a) un aperçu du cadre juridique et de la politique officielle sur lesquels repose la prestation des services de radionavigation maritime nationaux;
- b) une description de l'évolution récente des services de radionavigation maritime nationaux;
- c) un exposé des systèmes de radionavigation et des systèmes connexes; et
- d) une description des caractéristiques fonctionnelles des systèmes de radionavigation actuels et futurs.

On y traite également des installations et des services de radionavigation nationaux, ainsi que des systèmes étrangers ayant une incidence sur les utilisateurs maritimes canadiens. Les systèmes décrits en détail sont les suivants:

- a) LORAN-C
- b) RADIOPHARES MARITIMES
- c) BALISES RADARS (RACON)
- d) SYSTÈME DE POSITIONNEMENT DE COUVERTURE MONDIALE (GPS)
- e) OMEGA
- f) TRANSIT

PERSPECTIVES

Au moment d'envisager l'avenir, il convient de se rappeler qu'il est toujours possible que des événements nationaux et internationaux fortuits, qui, par définition, ne sauraient être pris en compte, viennent bouleverser les prévisions. Néanmoins, à cette exception près, la situation des services de radionavigation maritime nationaux canadiens devrait être assez stable au cours des 15 à 20 prochaines années.

On s'attend à maintenir les services LORAN-C actuels nettement au-delà de l'an 2000. Cependant, dans le cadre d'une politique de longue date touchant toutes les chaînes établies hors du territoire continental des États-Unis, le gouvernement américain entend abandonner le soutien de la station Angissoq (Groënland), qui assure la couverture de la côte Est canadienne. Selon les plans actuels, un groupe officiel européen, sur le LORAN-C dont le Canada est membre, prendra en charge la totalité des stations LORAN-C américaines desservant l'Atlantique Nord et l'Europe de l'Ouest, y compris la station Angissoq.

À la suite d'une vaste étude sur le rôle modifié des radiophares dans le contexte de la navigation maritime moderne, la Garde côtière canadienne a adopté, en décembre 1986, un nouveau Plan du service de radiophares maritimes visant à rationaliser le nombre et le déploiement des radiophares. Ce plan a été mis en oeuvre intégralement. Par ailleurs, une certaine modération de la demande amènera vraisemblablement une réduction du nombre de radiophares en service au cours de la période envisagée.

Le Canada fait massivement appel aux balises radars ou RACON, et ce service devrait connaître une modeste expansion au cours de la période visée.

Depuis le début des années 70, les navigateurs ont accès au TRANSIT, système militaire américain de navigation par satellite caractérisé par un signal de positionnement périodique très précis. Or les États-Unis entendent mettre ce système hors service d'ici à la fin de 1996, et les utilisateurs devront alors avoir converti leurs installations au Système de positionnement de couverture mondiale (GPS), qui succèdera au TRANSIT comme système de navigation par satellite.

Le système GPS, qui devrait être opérationnel avant la fin de 1993, propulsera la radionavigation dans une ère nouvelle. Pour toutes les zones maritimes, il permettra, en permanence et sans frais, un positionnement très précis, quelles que soient les conditions météorologiques.

On s'attend à ce qu'il gagne en popularité auprès des navigateurs, à mesure que le prix des récepteurs assortis diminuera avant d'atteindre finalement à peu près celui des récepteurs LORAN-C. Le GPS ne devrait pas avoir d'incidence sur la demande exprimée à l'endroit des services actuels de radionavigation avant les dernières étapes de la période prévisionnelle.

Il y aura sans doute un accroissement de la demande de services de navigation de précision, en raison des possibilités offertes par une configuration différentielle du GPS et de la disponibilité des cartes électroniques commerciales.

Les autres systèmes de positionnement par satellite ainsi que les systèmes terrestres et de navigation radar de précision ne devraient pas avoir une grande incidence sur la demande de services nationaux existants.

Compte tenu de ces prévisions, la Garde côtière canadienne devrait, dans le cadre de ses objectifs en matière de radionavigation, continuer de fournir, de façon économique, les services de navigation déjà offerts modifiés par les programmes approuvés à l'heure actuelle et en tenant compte de la probabilité que les services de navigation de précision puissent faire l'objet d'une demande renouvelée, à cause de l'évolution technologique, au cours de la durée visée par le présent rapport.

LA RADIONAVIGATION MARINE AU CANADA: CONJUNCTURE ET PERSPECTIVESTABLE DES MATIÈRES

<u>PARAGRAPHE</u>	<u>DESCRIPTION</u>	<u>PAGE</u>
1.	<u>INTRODUCTION</u>	1-1
1.2	<u>RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX</u>	1-1
1.3	<u>PORTÉE</u>	1-2
1.4	<u>DÉFINITION</u>	1-2
1.5	<u>COMPÉTENCE ET RESPONSABILITÉ</u>	1-3
1.6	<u>OBJECTIFS DU GROUPE MARITIME QUANT À LA RADIONAVIGATION</u>	1-4
1.7	<u>RESPONSABILITÉS ET FONCTIONS DU GROUPE MARITIME EN MATIÈRE DE RADIONAVIGATION</u>	1-5
1.8	<u>POLITIQUES ET PLANS RELATIFS AUX SERVICES DE NAVIGATION MARITIME</u>	1-6
1.8.1	Niveaux de service	1-6
1.8.2	Plan du service de radiophares maritimes	1-6
1.8.3	Mesures d'urgence	1-6
1.9	<u>POLITIQUES ET PLANS DES ÉTATS-UNIS</u>	1-7
1.9.1	LORAN-C	1-7
1.9.2	OMEGA	1-7
1.9.3	TRANSIT	1-8
1.9.4	GPS	1-8
1.10	<u>RADIOPHARES</u>	1-9
1.11	<u>DISPONIBILITÉ DU SIGNAL EN CAS D'ÉTAT D'URGENCE NATIONALE AUX ÉTATS-UNIS</u>	1-9
2.	<u>ÉVOLUTION DES SERVICES DE RADIONAVIGATION CANADIENS</u>	2-1
2.1	<u>INTRODUCTION</u>	2-1
2.2	<u>EXIGENCES</u>	2-1
2.2	<u>RECOMMANDATIONS DU RAPPORT DE 1977</u>	2-7

TABLE DES MATIÈRES

<u>PARAGRAPHE</u>	<u>DESCRIPTION</u>	<u>PAGE</u>
2.3	<u>ACTIVITÉS ET PLANS DE LA PÉRIODE POSTÉRIEURE À 1977</u>	2-8
2.3.1	Mise en oeuvre des recommandations de 1977	2-8
2.3.1.1	Aides de grande portée à la navigation	2-8
2.3.1.2	Navigation dans l'Arctique	2-9
2.3.2	Étude du système de navigation de précision en tout tem	2-9
2.3.3	Projet de système de navigation radar de précision	2-10
2.3.4	Plan du service de radiophares maritimes	2-10
2.3.5	Étude du GPS par le Comité interne des télécommunications et de l'électronique	2-11
2.3.6	Groupe d'examen public des systèmes de sécurité des navires citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement en mer	2-12
2.3.7	Étude des nouvelles technologies concernant les systèmes de navigation	2-12
2.4	<u>CONCLUSION</u>	2-13
3.	<u>INTRODUCTION</u>	3-1
3.1	<u>SYSTÈMES DE RADIONAVIGATION</u>	3-1
3.1.1	LORAN-C	3-1
3.1.1.1	Fonction	3-1
3.1.1.2	État actuel	3-2
3.1.1.3	Utilisateurs et utilisation	3-2
3.1.1.4	Perspectives	3-3
3.1.2	RADIOPHARES MARITIMES	3-4
3.1.2.1	Fonction	3-4
3.1.2.2	État	3-5
3.1.2.3	Utilisateurs et utilisation	3-6
3.1.2.4	Perspectives	3-6
3.1.3	RACON	3-7
3.1.3.1	Fonction	3-7
3.1.3.2	État	3-7
3.1.3.3	Utilisateurs et utilisation	3-8
3.1.3.4	Perspectives	3-8

TABLE DES MATIÈRES

<u>PARAGRAPHE</u>	<u>DESCRIPTION</u>	<u>PAGE</u>
3.1.4	SYSTÈME DE POSITIONNEMENT DE COUVERTURE MONDIALE (GPS)	3-8
3.1.4.1	Fonction	3-8
3.1.4.2	État	3-9
3.1.4.3	Utilisateurs et utilisation	3-10
3.1.4.4	Perspectives	3-10
3.1.5	OMEGA	3-11
3.1.5.1	Fonction	3-11
3.1.5.2	État	3-11
3.1.5.3	Utilisateurs et utilisation	3-12
3.1.5.4	Perspectives	3-13
3.1.6	TRANSIT	3-13
3.1.6.1	Fonction	3-13
3.1.6.2	État	3-14
3.1.6.3	Utilisateurs et utilisation	3-14
3.1.6.4	Perspectives	3-14
3.2	<u>TECHNIQUES DIFFÉRENTIELLES</u>	3-15
3.3	<u>AUTRES SYSTÈMES DE RADIOREPÉRAGE PAR SATELLITE</u>	3-16
3.3.1	Description	3-16
3.3.2	Répercussions	3-18
3.4	<u>AUTRES SYSTÈMES DE RADIOREPÉRAGE TERRESTRE</u>	3-18
3.5	<u>NAVIGATION PAR RADAR</u>	3-19
3.6	<u>SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE CARTOGRAPHIQUE</u>	3-20
3.7	<u>SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES D'INFORMATION ET D'AFFICHAGE CARTOGRAPHIQUES (ECDIS)</u>	3-21
4.	<u>INTRODUCTION</u>	4-1
4.1	<u>LORAN-C</u>	4-1
4.2	<u>RADIOPHARES MARITIMES</u>	4-2
4.3	<u>RACON</u>	4-3

TABLE DES MATIÈRES

<u>PARAGRAPHE</u>	<u>DESCRIPTION</u>	<u>PAGE</u>
4.4	<u>OMEGA ET TRANSIT</u>	4-3
4.5	<u>GPS</u>	4-4
4.6	<u>BESOINS CANADIENS FUTURS</u>	4-5
4.7	<u>TECHNOLOGIE FUTURE</u>	4-5
4.8	<u>RÉSUMÉ</u>	4-6
ANNEXE A	CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES DE RADIONAVIGATION	
A.1	INTRODUCTION	A-1
	A.1.1 Caractéristiques du signal	A-1
	A.1.2 Précision	A-1
	A.1.3 Disponibilité	A-2
	A.1.4 Couverture	A-2
	A.1.5 Cadence de relèvement	A-3
	A.1.6 Forme du relèvement	A-3
	A.1.7 Capacité	A-3
	A.1.8 Ambiguïté	A-3
	A.1.9 Intégrité	A-3
A.2	LORAN-C	A-4
	A.2.1 Caractéristiques du signal	A-4
	A.2.2 Précision	A-4
	A.2.3 Disponibilité	A-6
	A.2.4 Couverture	A-6
	A.2.5 Cadence de relèvement	A-6
	A.2.6 Forme du relèvement	A-8
	A.2.7 Capacité	A-8
	A.2.8 Ambiguïté	A-8
	A.2.9 Intégrité	A-8
A.3	RADIOPHARES MARITIMES	A-9
	A.3.1 Caractéristiques du signal	A-9
	A.3.2 Précision	A-9
	A.3.3 Disponibilité	A-11
	A.3.4 Couverture	A-11
	A.3.5 Cadence de relèvement	A-11
	A.3.6 Forme du relèvement	A-11
	A.3.7 Capacité	A-11
	A.3.8 Ambiguïté	A-11
	A.3.9 Intégrité	A-11

TABLE DES MATIÈRES

<u>PARAGRAPHE</u>	<u>DESCRIPTION</u>	<u>PAGE</u>
A.4	RACON	A-12
	A.4.1 Caractéristiques du signal	A-13
	A.4.2 Précision	A-13
	A.4.3 Disponibilité	A-13
	A.4.4 Couverture	A-13
	A.4.5 Cadence de relèvement	A-15
	A.4.6 Forme du relèvement	A-15
	A.4.7 Capacité	A-15
	A.4.8 Ambiguïté	A-15
	A.4.9 Intégrité	A-15
A.5	OMEGA	A-16
	A.5.1 Caractéristiques du signal	A-16
	A.5.2 Précision	A-16
	A.5.3 Disponibilité	A-18
	A.5.4 Couverture	A-18
	A.5.5 Cadence de relèvement	A-18
	A.5.6 Forme du relèvement	A-18
	A.5.7 Capacité	A-18
	A.5.8 Ambiguïté	A-19
	A.5.9 Intégrité	A-19
A.6	TRANSIT	A-20
	A.6.1 Caractéristiques du signal	A-20
	A.6.2 Précision	A-20
	A.6.3 Disponibilité	A-20
	A.6.4 Couverture	A-22
	A.6.5 Cadence de relèvement	A-22
	A.6.6 Forme du relèvement	A-22
	A.6.7 Capacité	A-22
	A.6.8 Ambiguïté	A-22
	A.6.9 Intégrité	A-22
A.7	SYSTÈME DE POSITIONNEMENT DE COUVERTURE MONDIALE (GPS)	A-23
	A.7.1 Caractéristiques du signal	A-23
	A.7.2 Précision	A-25
	A.7.3 Disponibilité	A-25
	A.7.4 Couverture	A-26
	A.7.5 Cadence de relèvement	A-26
	A.7.6 Forme du relèvement	A-26
	A.7.7 Capacité	A-26
	A.7.8 Ambiguïté	A-26
	A.7.9 Intégrité	A-26

CHAPITRE 1

CONTEXTE DE L'ÉNONCÉ RELATIF À LA CONJONCTURE ET AUX PERSPECTIVESPERSPECTIVES DE LA RADIONAVIGATION MARITIME AU CANADA1. INTRODUCTION1.2 RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

Le présent document a été préparé par la Garde côtière canadienne pour favoriser la planification à long terme des systèmes de radionavigation et appuyer les études techniques internes sur des systèmes de radionavigation qui pourraient éventuellement être utilisés au Canada.

En 1976, la décision des États-Unis de mettre fin à l'exploitation du système LORAN-A et d'étendre le réseau LORAN-C a obligé le Canada à se doter sans délai de sa propre stratégie à l'égard des systèmes de radionavigation maritime. On a donc fait une étude exhaustive de ces systèmes et des besoins d'exploitation de leurs utilisateurs¹. Ces travaux ont essentiellement donné lieu à la décision d'installer un réseau LORAN-C sur les côtes Est et Ouest et de cesser d'exploiter les chaînes DECCA et LORAN-A. Ce programme a été achevé en 1986. Depuis, à l'exception d'un examen critique des radiophares maritimes, les plans de la Garde côtière en ce qui concerne les aides électroniques à la navigation n'ont pas été examinés dans les détails. Étant donné le perfectionnement des techniques et des services de radionavigation à l'échelle internationale, les besoins de planification de la Garde côtière canadienne et les études du Ministère concernant les besoins de la navigation dans un contexte multimode, il convient d'établir des prévisions sur les services de radionavigation maritime couramment utilisés au Canada, ainsi que leurs exigences et la demande à leur égard. La présente étude porte sur la période des 15 à 20 prochaines années.

La compatibilité des systèmes avec les normes et les pratiques internationales et la nécessité d'harmoniser les systèmes canadiens et américains représentent une considération importante dans l'étude des systèmes de radionavigation maritime du Canada.

OBJET

Le présent document a pour objet d'exposer les perspectives des services de radionavigation maritime nationaux au Canada. En élaborant ces perspectives, ce document fournit:

¹ Les chiffres en exposant renvoient aux documents mentionnés dans la bibliographie, à l'annexe B.

- a) un aperçu du cadre juridique et de la politique officielle sur lesquels repose la prestation des services de radionavigation maritime nationaux;
- b) une description de l'évolution récente des services de radionavigation maritime nationaux;
- c) un exposé des systèmes de radionavigation et des systèmes connexes; et
- d) une description des caractéristiques fonctionnelles des systèmes de radionavigation actuels et futurs.

1.3

PORTÉE

Le présent document porte sur les installations et les services de radionavigation nationaux, de même que sur les systèmes étrangers d'importance pour les navigateurs canadiens. Il ne tient pas compte des systèmes dont la fonction première consiste à surveiller ou à contrôler le mouvement des navires, tel le service du trafic maritime, ni des systèmes de communication. Il ne traite pas non plus des systèmes qui n'utilisent pas les ondes électromagnétiques pour transmettre un signal de navigation et n'aborde que brièvement les radars primaires embarqués. Étant donné son importance fondamentale pour la navigation, le système de référence cartographique y est brièvement exposé. Enfin, aucun document sur les systèmes de navigation de pointe ne saurait être complet sans qu'on y mentionne la technologie nouvelle des systèmes électroniques d'information et d'affichage cartographiques. Les systèmes décrits en détail sont les suivants :

- a) LORAN-C
- b) RADIOPHARES MARITIMES
- c) BALISES RADARS (RACON)
- d) SYSTÈME DE POSITIONNEMENT DE COUVERTURE MONDIALE (GPS)
- e) OMEGA
- f) TRANSIT

1.4

DÉFINITION

Dans le présent document, l'adjectif "national" adjoint aux termes systèmes, services, installations, etc. fait allusion aux systèmes, services et installations exploités par le ministère des Transports ou qui lui appartiennent, en particulier les chaînes LORAN-C, le réseau de radiophares et les balises radars ("RACON") des côtes Est et Ouest du pays.

1.5 COMPÉTENCE ET RESPONSABILITÉ

L'Acte de l'Amérique du Nord britannique² habilitait le gouvernement canadien à adopter des lois concernant les services de transport nationaux. La Loi sur le ministère des Transports³ a institué le ministère des Transports et rendait obligatoire la prestation de ces services. La Loi nationale sur les transports⁴ définit les politiques générales dans le cadre desquelles les services de transport fédéraux sont assurés. Toutefois, il n'existe aucune loi ordonnant expressément que le gouvernement fédéral fournisse des installations de radionavigation maritime. La Loi sur la marine marchande du Canada⁵ et la Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques⁶ constituent le fondement juridique habilitant la Garde côtière à appliquer des règlements concernant le matériel de navigation à bord des navires. Le Règlement sur les appareils et le matériel de navigation⁷ stipule que les navires de 1 600 tonneaux ou plus doivent être équipés d'appareils radiogoniométriques (lorsqu'ils effectuent un périple international) et de matériel électronique servant à faire le point. Les lois et les règlements susmentionnés laissent entendre que des services seront assurés; toutefois, dans l'ensemble, l'infrastructure de radionavigation maritime nationale actuelle tient à des responsabilités générales plutôt que particulières.

Divers autres documents officiels influent aussi sur certains aspects des services de radionavigation maritime. Il s'agit des documents suivants:

- a) La Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS)⁸ - Le Canada étant signataire de cette entente de l'Organisation maritime internationale (OMI), le gouvernement fédéral est tenu, en termes très généraux, de fournir les aides pertinentes à la navigation.
- b) Le Règlement des radiocommunications de l'Union internationale des télécommunications (UIT) - Le Canada observe ce règlement qui dicte l'attribution des fréquences, ainsi que la portée des services de radiophares et l'espacement de leurs porteuses.
- c) Des ententes bilatérales États-Unis Canada contiennent trois ententes distinctes concernant la copropriété des stations LORAN-C aménagées en territoire canadien^{9,10,11}, et une autre concernant les stations de contrôle du signal OMEGA au Canada¹². Il est en outre partie à un protocole d'entente concernant la coordination et l'exploitation des radiophares maritimes¹³. Ce protocole est en renégociation à l'heure actuelle.

- d) Une entente intraministérielle - La Garde côtière a passé avec le Groupe aviation un protocole d'entente en vertu duquel l'aviation et la marine partagent l'emploi des radiophares¹⁴.

Certaines priorités du gouvernement pourraient en outre avoir des répercussions sur la prestation des services de radionavigation maritime. Il s'agit entre autres de la déréglementation et de la responsabilité financière. En règle générale, ces priorités auront pour effet de limiter la mise en oeuvre de nouveaux services ou l'expansion des services en place, sauf dans le cas où cela s'inscrit nettement dans l'intérêt national ou dans le cas de dispositions spéciales prises en matière de recouvrement des coûts.

1.6

OBJECTIFS DU GROUPE MARITIME QUANT À LA RADIONAVIGATION

Le Programme des transports a pour objectif global la mise en valeur et l'exploitation d'un système de transport national efficace et sûr, qui concourt à la réalisation des objectifs du gouvernement, ainsi que l'exploitation d'éléments particuliers de ce système.

L'objectif premier du Groupe maritime est de veiller à la diffusion de politiques et de programmes opérationnels concernant l'exploitation des entreprises de transport par eau, de manière à contribuer à l'exécution économique, efficace et sûre des activités maritimes dans les eaux placées sous la compétence du gouvernement fédéral et, le cas échéant, de veiller à l'aménagement, à l'exploitation et à l'entretien d'éléments précis du système de transport maritime.

En ce qui concerne précisément les systèmes de navigation maritime, l'objectif consiste à assurer la prestation, l'exploitation et l'entretien d'un système de navigation maritime national pour favoriser le mouvement des navires de façon économique, efficace et sûre dans les eaux canadiennes et dans les eaux internationales désignées.

L'objectif ci-dessus comporte deux sous-objectifs :

- aider les navigateurs à relever leur position par rapport à la terre ferme et à des obstacles cachés, afin de diminuer les risques d'échouage et le temps de passage des navires; et
- aider les navigateurs à relever leur position lorsqu'il n'est pas pratique d'avoir recours aux aides à faible portée, afin de diminuer les risques de navigation et le temps de passage des navires.

Le premier sous-objectif concerne le cabotage et la navigation dans les eaux où la liberté de manoeuvre est limitée. Il suppose l'emploi de balises radars ou RACON (et d'aides non électroniques à la navigation). Le deuxième sous-objectif concerne la navigation hauturière et suppose l'emploi de radiophares et du LORAN-C.

1.7

RESPONSABILITÉS ET FONCTIONS DU GROUPE MARITIME EN MATIÈRE DE RADIONAVIGATION

- a) Définir les exigences d'exploitation, établir les niveaux de service et mettre au point les plans, politiques, règles et normes de prestation et d'entretien des installations et services de navigation maritime nationaux.
- b) Examiner la nécessité d'installations de radionavigation maritime précises et apporter les modifications nécessaires.
- c) Concevoir, aménager et entretenir les infrastructures de navigation maritime et les systèmes connexes.
- d) Exploiter les systèmes de navigation maritime.
- e) Inspecter et contrôler le rendement opérationnel des systèmes de navigation maritime.
- f) Veiller à ce que les navires soient en état de naviguer, en appliquant des règlements qui prescrivent l'installation et l'utilisation de matériel de radionavigation.
- g) Fournir les données pertinentes aux utilisateurs des systèmes de navigation maritime.
- h) Examiner les technologies et notions nouvelles de navigation maritime.
- i) Consulter les utilisateurs et les autres intéressés pour s'assurer que les décisions relatives aux services de navigation s'appuient sur le maximum de données.
- j) Soutenir la prestation d'aides à la navigation maritime par d'autres organismes que Transports Canada, dans les cas où cette activité est avantageuse pour le système de transport national.
- k) Dans les cas utiles, exiger des utilisateurs des services de radionavigation maritime exploités par l'administration fédérale qu'ils assument leur juste part des frais de mise au point, d'acquisition, d'exploitation et d'entretien des systèmes en cause, dans la mesure où cela est économiquement et techniquement possible.

1.8 POLITIQUES ET PLANS RELATIFS AUX SERVICES DE NAVIGATION MARITIME1.8.1 Niveaux de service

Auparavant, le niveau des services de radionavigation assurés dépendait implicitement des directives du gouvernement et de la haute direction, des observations du public, de l'issue des consultations avec les collectivités maritimes et de la disponibilité des fonds. À l'heure actuelle cependant, on s'occupe, au sein de la Garde côtière, de formuler des énoncés officiels des niveaux de service à assurer en ce qui concerne les aides de grande portée à la navigation maritime, notamment les radiophares et le système LORAN-C. Le niveau de service sera défini en fonction de la zone de couverture, de la qualité du signal et de sa disponibilité. Le service sera expressément défini comme suit:

"... à l'usage des navigateurs conformément aux prescriptions internationales, obligations, ententes, accords et pratiques admises dans les cas où le trafic maritime, les impératifs de sécurité et les mesures de protection de l'environnement le justifient. Ces systèmes peuvent être pour:

- a) l'atterrage;
- b) un dispositif de radorallèlement; et
- c) une installation servant à faire le point pour faciliter la navigation, prévenir les collisions et faciliter les opérations de secours, ainsi qu'à l'exploration et à l'exploitation des ressources."

On a approuvé un niveau de service semblable pour les aides de courte portée¹⁶, qui comprennent les balises radars ("RACON").

1.8.2 Plan du service de radiophares maritimes

Ce plan¹⁷, adopté le 1^{er} décembre 1986, a été mis au point pour tenir compte de l'évolution des besoins du système de radiophares en raison de l'introduction d'autres moyens de navigation et de nouvelles techniques de recherche et de sauvetage. Il rationalise l'utilisation et le nombre de radiophares à exploiter dans les eaux canadiennes. Sa mise en oeuvre a été achevée dans le délai 1987- 1990.

1.8.3 Mesures d'urgence

Le ministère des Transports a conclu avec le ministère de la Défense nationale une entente¹⁸ concernant le contrôle des aides à la navigation advenant la déclaration d'un état d'urgence nationale. Cette entente, qui stipule qu'il faut, en pareil cas, contrôler les aides à la navigation, définit dans leurs grandes lignes la responsabilité de Transports Canada et de la Défense nationale pour ce qui est de la marche à suivre à appliquer dans les cas d'urgence.

Un autre plan de ces deux ministères, soit celui du Contrôle sécuritaire de la circulation aérienne et des aides à la navigation (SCATANA)¹⁹, précise les responsabilités et les procédures relatives au contrôle des aides à la navigation aérienne, notamment le LORAN-C, en cas d'alerte de défense aérienne.

1.9 POLITIQUES ET PLANS DES ÉTATS-UNIS

Les navires qui circulent dans certaines eaux canadiennes ont aussi recours à des systèmes de radionavigation de grande portée fournis par les États-Unis. Il faut donc tenir compte des politiques et plans des États-Unis à l'égard de ces systèmes au moment d'établir les stratégies et les plans canadiens. Voilà pourquoi nous reprenons ci-après les politiques et les plans exposés dans le Federal Radionavigation Plan des États-Unis, paru en 1990²⁰, et qui ont une incidence sur les services maritimes canadiens.

1.9.1 LORAN-C

"Le système LORAN-C offre des services de navigation, de localisation et d'indication de l'heure aux utilisateurs civils et militaires des voies de transport aérien, terrestre et maritime. Il s'agit d'un système de radionavigation fourni par le gouvernement américain pour la zone de confluence côtière des États-Unis (CCZ) ...Le système LORAN-C, qui dessert les États continentaux des États-Unis (y compris l'Alaska) et les régions côtières (à l'exception d'Hawaï), demeurera l'un des éléments de l'infrastructure de radionavigation en usage au-delà du tournant du siècle.

Le ministère de la Défense des États-Unis (MDÉU) délaissera le système LORAN-C le 31 décembre 1994. Les opérations effectuées par la Garde côtière américaine aux stations d'Hawaï et d'outremer seront progressivement supprimées. Dans le cas des stations implantées à l'extérieur des États-Unis, les pourparlers se poursuivent entre les États-Unis et les gouvernements étrangers intéressés pour que le service reste opérationnel après le retrait du MDÉU."

1.9.2 OMEGA

"OMEGA est un système mondial de navigation au service de la navigation maritime et aérienne.... L'appareillage et les antennes de plusieurs stations devront subir au milieu des années 1990, une remise en état qui pourrait occasionner un bouleversement ou une réduction du service dans certaines des zones. Le système OMEGA devrait continuer de faire partie de l'infrastructure de radionavigation en usage au cours du prochain siècle."

Le MDÉV délaissera OMEGA le 31 décembre 1994.

1.9.3 TRANSIT

"TRANSIT est un système de radionavigation par satellite exploité par le MDÉU.

Le MDÉU délaissera TRANSIT et cessera de l'exploiter en décembre 1996."

1.9.4 GPS

"GPS est un système mondial de navigation par satellite mis au point par le MDÉU et qui sera le principal système de radionavigation de ce ministère au cours du prochain siècle. La constellation sera ultimement composée de 24 satellites opérationnels (21 plus trois satellites de rechange opérationnels). Le MDÉU déclarera la constellation GPS entièrement opérationnelle lorsque 21 satellites opérationnels (bloc II) fonctionneront sur l'orbite qui leur a été attribuée, ce qui devrait avoir lieu en 1993. On a précisé aux utilisateurs, à titre de mise en garde, que le système est en cours de mise au point et que la disponibilité et la précision du signal risquent de changer sans avertissement préalable, à la discrétion du MDÉU. Ainsi, tant que le système ne sera pas déclaré opérationnel, il sera employé aux risques de l'utilisateur.

Le GPS assurera deux niveaux de service : un Service de positionnement standard (SPS) et un Service de positionnement de précision (PPS).

POLITIQUE RELATIVE AU SYSTÈME SPS : Le système SPS assure des services de positionnement et d'indication de l'heure. Il sera offert, sans frais directs, à tous les utilisateurs du GPS, à l'échelle mondiale et de façon continue. La transmission des données se fera sur la fréquence L1 du système SPS, laquelle soutiendra un code d'acquisition approximative (C/A) et un message de données navigationnelles. Le système SPS devrait permettre un positionnement horizontal avec une précision comprise entre 100 m 2 drms (probabilité de 95 pour cent) et 300m (probabilité de 99,99 pour cent). La fréquence L1 du GPS soutient également un code de précision (P) étranger au SPS. Pendant l'intensification de la constellation du GPS, le code P peut être disponible périodiquement. Cependant, dès que le système GPS aura été déclaré parfaitement opérationnel, le code P ne devrait plus être accessible au grand public.

POLITIQUE RELATIVE AU SYSTÈME PPS : PPS est un système militaire de haute précision assurant des services de positionnement, d'établissement de vitesse et d'indication de l'heure pour des utilisateurs autorisés par le MDÉU. Il sera offert de façon continue à l'échelle mondiale. Les données seront transmises sur les fréquences L1 et L2 du système GPS. Le système PPS a été conçu

principalement pour les forces armées américaines. L'accès aux usagers non autorisés sera bloqué grâce à un procédé cryptographique. Dans le cadre d'ententes spéciales passées avec le MDÉU, le PPS sera offert, dans les domaines civil et militaire, à des utilisateurs appartenant au gouvernement fédéral américain et aux gouvernements des pays alliés. On permettra aux civils nationaux et étrangers, à l'exclusion de ceux qui sont au service du gouvernement fédéral américain, d'utiliser le système PPS de façon restrictive; chaque civil devra présenter en ce sens une demande qui sera étudiée au cas par cas et sera autorisée si :

- o cette autorisation va dans le sens des intérêts des États-Unis;
- o l'utilisateur peut respecter des exigences particulières en matière de sécurité relative au système GPS;
- o l'utilisateur n'a pas d'autre solution de rechange logique que le PPS."

1.10 RADIOPHARES

"Les radiophares maritimes et aéronautiques desservent la collectivité des utilisateurs civils en offrant une aide à la navigation à coût faible. Ils continueront de faire partie de l'infrastructure de radionavigation au-delà du tournant du siècle.

1.11 DISPONIBILITÉ DU SIGNAL EN CAS D'ÉTAT D'URGENCE NATIONALE AUX ÉTATS-UNIS

"Il est essentiel, pour la sécurité de la navigation, qu'on puisse toujours avoir accès à des signaux de navigation précis. À l'inverse, la garantie d'un rendement optimal peut aller à l'encontre des objectifs de sécurité nationale; il faut donc prévoir des mesures d'urgence. Selon la politique nationale des États-Unis, les signaux de radionavigation ...seront tous offerts en permanence, sauf en cas d'extrême urgence nationale, conformément à la déclaration du National Command Authority (NCA), auquel cas seuls les signaux de radionavigation servant l'intérêt national des États-Unis seront assurés."

CHAPITRE 2

2. ÉVOLUTION DES SERVICES DE RADIONAVIGATION CANADIENS

2.1 INTRODUCTION

Le présent chapitre décrit les événements et les procédés récents qui ont façonné les niveaux actuels des services de radionavigation maritime nationaux. L'état actuel de ces services est le fruit d'interactions complexes de nombreux facteurs, dont les exigences et les besoins des utilisateurs, les politiques et les ressources du gouvernement, les influences extérieures et les progrès de la technologie.

Au milieu des années 1970, les décisions prises par les États-Unis d'éliminer progressivement les services LORAN-A et de faire du système LORAN-C l'aide fédérale à la navigation aux abords des côtes américaines, l'obligation, pour le Canada, de décider de l'avenir de ses chaînes DECCA et les pressions exercées par les utilisateurs canadiens afin de faire améliorer ou modifier les services existants ont amené la Garde côtière canadienne à faire une étude des aides électroniques canadiennes à la navigation. Ce projet d'envergure supposait l'examen des systèmes de radionavigation canadiens en l'état où ils existaient alors, la définition des exigences fonctionnelles du positionnement maritime et la formulation de recommandations concernant les systèmes les mieux adaptés à la collectivité maritime. Le rapport TP 579, intitulé "Report of the Electronic Marine Navigation Systems Study Team" et paru en janvier 1977, ainsi que les recommandations qui y sont formulées, constituent le fondement des installations et des services de radionavigation nationaux en place à l'heure actuelle.

2.2 EXIGENCES

L'un des objectifs essentiels de l'étude de 1977 consistait à cerner les exigences de la navigation maritime. Pour réaliser cet objectif, on a défini les principales catégories d'utilisateurs des systèmes de navigation, à savoir:

- la navigation commerciale
- le secteur de la pêche
- la navigation de plaisance
- les bâtiments gouvernementaux spécialisés
- les autres bâtiments spécialisés

On a ensuite subdivisé chaque catégorie d'utilisateurs de façon à définir les exigences d'exploitation de chacune. Les sous-catégories des trois premiers types d'utilisateurs sont énumérées ci-dessous. On a aussi établi de nombreuses sous-catégories d'utilisateurs spécialisés, d'après les nombreuses fonctions de ces dernières.

- a) Navigation commerciale
 - Atlantique
 - Pacifique
 - Grands Lacs et Voie maritime
 - Arctique
- b) Secteur de la pêche
 - Pêche côtière
 - Pêche hauturière
- c) Navigation de plaisance
 - Petites embarcations (moins de 6 mètres)
 - Bâtiments hauturiers (plus de 6 mètres)

Le processus de définition des exigences de la navigation maritime a notamment donné lieu à des entrevues avec des représentants de divers organismes utilisateurs, par exemple la Dominion Marine Association ou l'Association des bateaux de pêche de l'Atlantique, de même qu'avec des particuliers. Des entretiens ont également eu lieu avec des spécialistes des gardes côtières canadienne et américaine, du ministère de la Défense nationale et d'autres ministères du gouvernement canadien. Dans le cadre de ce processus, on a effectué un sondage auprès des utilisateurs, avec la collaboration de la Fédération maritime du Canada. Enfin, l'équipe chargée de l'étude a dépouillé la documentation sur les techniques et les exigences de la navigation maritime.

Ces travaux ont permis d'établir une liste d'exigences de précision de la navigation, qui est reproduite au tableau 1. Les chiffres indiqués sont expliqués en détail dans le rapport de l'équipe responsable de l'étude, qui est l'ouvrage le plus complet que détient la Garde côtière au sujet des exigences de la navigation maritime canadienne. Il faut cependant savoir que le tableau 1 ne donne qu'un aperçu des exigences en vigueur au moment de la parution du rapport et qu'il ne rend pas compte de leur évolution depuis lors. Certaines exigences sont aujourd'hui plus rigoureuses: on reconnaît maintenant, par exemple, que la précision du positionnement des aides flottantes à la navigation s'établit à quelques mètres seulement, plutôt qu'aux 20 mètres cités dans le tableau. Il convient de noter que la Résolution A.529 (13) datée du 17 novembre 1983 renferme la définition actuelle des normes de précision en matière de navigation.

L'une des principales conclusions du rapport de 1977 sur les critères de la prestation de services fondée sur les besoins des utilisateurs se lisait comme suit:

Source : Report of the Electronic Marine Navigation Systems Study Team - janvier 1977

<u>CATÉGORIE</u>	<u>SOUS-CATÉGORIE</u>	<u>ZONE DE COUVERTURE</u>	<u>PRÉCISION EXIGÉE</u>	<u>REMARQUES</u>
Navires de commerce	Atlantique))))	(Haute mer - 1 000 mm	± 2 mm	-----
		(Aux abords de la côte	± 1/2 mm - ± 1 mm	-----
		(15 mm - 300 mm		
	Pacifique))	(Approche portuaire (0 - 15 mm	± 1/20 mm - ± 1/4 mm	Doit pouvoir être répétée à ± 10 m
Grands Lacs et Voie maritime))	(Eau libre 250 mm	± 1 mm	Diffère du cas de la navigation en haute mer. On emploie normalement un radar.
		(Chenal 50 mm	± 20 mm	
	Arctique	Tout l'Arctique Approche portuaire, chenaux	± 2 mm ± 1/4 mm	Compte tenu des restrictions imposées par les cartes. Précision non respectée à l'heure actuelle, sauf à l'aide d'un radar.
Bateaux de pêche	Pêche côtière	Maximum de 12 mm des côtes	± 200 m))) Précision relative	Pour retrouver les bornes des filets. Préférence pour les récepteurs très peu coûteux.
	Pêche hauturière	Maximum de 250 mm des côtes	±150 m))))	La précision relative est beaucoup plus grande que la précision absolue, pour le contrôle du chalut.
Embarcations de plaisance	Bâtiments hauturiers (moins de 6 m)	3 mm des côtes	Gisement seulement	Aucun besoin réel de systèmes électroniques - toujours en vue de la côte.

TABEAU 1 - EXIGENCES DE PRÉCISION DE LA NAVIGATION (suite)

TP 9541

<u>CATÉGORIE</u>	<u>SOUS-CATÉGORIE</u>	<u>ZONE DE COUVERTURE</u>	<u>PRÉCISION EXIGÉE</u>	<u>REMARQUES</u>
	Navigation au large (plus de 6 m)	12 mm des côtes	± 2 mm à la limite	Précision nécessaire pour les croisières à plus long cours et la compatibilité avec les systèmes de R & S.
Bâtiments gouvernementaux spécialisés	Hydrographie (cartographie centrale)	15 mm des côtes	± 25 m	Précision absolue d'une très grande importance pour l'établissement de toute carte.
		15 mm des côtes	± 200 m	
	Océanographie	15 mm des côtes	± 25 m	Nécessité d'une possibilité de répétition très fidèle.
		15 mm des côtes	± 200 m, précision relative	
	Patrouille de souveraineté	12 mm, mer territoriale	± 1/2 mm	Emploi de points de navigation radars et côtiers.
		200 mm, zone d'exploitation des richesses naturelles	± 1 mm	
Opérations navales/OTAN	Monde entier	± 2 mm	Matériel courant privilégié dans le cas de l'OTAN. Système OMEGA retenu.	
Patrouille de pêche	limite de la zone de pêche	± 1 nm - 2 nm à la limite de 200 nm	Exigence liée directement à la capacité de précision des bâtiments observés.	

<u>CATÉGORIE</u>	<u>SOUS-CATÉGORIE</u>	<u>ZONE DE COUVERTURE</u>	<u>PRÉCISION EXIGÉE</u>	<u>REMARQUES</u>
Bâtiments gouvernementaux spécialisés (suite)	Recherche et sauvetage (mer)	Le long des côtes, à moins de 20 mm Au large, à plus de 20 mm	$\pm 1/4$ mm ± 1 mm	Précision moindre au large, car il y a tou-jours dérive par rapport à la position signalée étant donné le temps nécessaire pour se rendre sur les lieux; de plus, au large, la plupart des recherches initiales se font par la voie des airs.
	Mise en place des aides flottantes	Habituellement à moins de 10 mm des côtes	De ± 20 m à ± 200 m, précision absolue	Précision indiquée dans le cas des chenaux ou des obstacles balisés.
	Poursuite météo	100 mm du site de lancement	± 500 m précision absolue de long des côtes ± 2 mm en mer	Poursuite de ballons - sondes météorologiques.
	Contrôle des déversements dans l'océan	Moins de 15 mm des côtes	± 250 m, précision relative ± 500 m, précision absolue	Nécessité de relocalisation ultérieure.
	Dragage, contrôle et sondage des chenaux	Moins de 5 mm du site	± 2 m - ± 10 m	Exigence de sondage plutôt que de navigation

<u>CATÉGORIE</u>	<u>SOUS-CATÉGORIE</u>	<u>ZONE DE COUVERTURE</u>	<u>PRÉCISION EXIGÉE</u>	<u>REMARQUES</u>
Bâtiments gouvernementaux spécialisés (suite)	Reconnaissance des glaces	Moins de 200 mm des côtes	± 1/2 mm	Nécessaire au cheminement à travers les glaces et aux avis sur les glaces (exigences tactiques et stratégiques de la Garde côtière canadienne).
	Systèmes de gestion du trafic maritime	Port et approche portuaire	± 250 m, précision relative	Utilisation possible d'un répondeur plus éloigné à l'avenir. Précision relative la plus importante.
Bâtiments non gouvernementaux spécialisés	Sondage des richesses naturelles	Moins de 200 mm des côtes	± 50 m, précision relative ± 250 m, précision absolue	Besoins de services spécialisés habituellement satisfaits par des systèmes de sondage.
	Emplacement de puits	Moins de 200 mm des côtes	± 50 m, précision relative	Pour permettre de retourner au site.
	Entretien de câbles et pipelines	Jusqu'à 1 500 mm des côtes	± 200 m, précision relative ± 800 m, précision absolue	Pour permettre de localiser à nouveau à des fins d'entretien.
	Opération de dragage	Jusqu'à 5 mm du site de travail	± 5 m - ± 15 m	Exigence du système de sondage.

"... Il faut s'efforcer avant tout de fournir des données de navigation adéquates aux utilisateurs maritimes généraux, afin d'assurer la circulation rapide et sûre des navires de commerce, des bateaux de pêche et des embarcations de plaisance dans les eaux canadiennes. Les besoins des utilisateurs spécialisés devront par conséquent céder le pas à cet objectif essentiel."

2.2

RECOMMANDATIONS DU RAPPORT DE 1977

Après avoir cerné les exigences des utilisateurs, établi des critères de prestation des services de radionavigation et examiné les caractéristiques techniques des divers systèmes envisagés, l'équipe a fait, dans son rapport de 1977, de vastes recommandations qui ont, dans une large mesure, permis de définir les installations et les services de radionavigation en place à l'heure actuelle. Voici les principales recommandations ainsi formulées :

- faire du système LORAN-C la principale aide radioélectrique à la navigation maritime le long des deux côtes canadiennes;
- éliminer progressivement les stations LORAN-A sur la côte Est, en les gardant en exploitation pendant deux ans après la mise en place du système LORAN-C;
- éliminer progressivement les stations DECCA sur la côte Est, en les gardant en exploitation pendant deux ans après la mise en place du système LORAN-C;
- évaluer la couverture et la précision assurées par les systèmes OMEGA et OMEGA différentiel pour les besoins de la navigation maritime dans l'Arctique canadien;
- compléter la couverture des eaux septentrionales en employant plus de RACON et d'aides classiques dans les chenaux plus achalandés et dans les zones de mise en valeur;
- effectuer des recherches à plus long terme en prévision de l'aménagement ultime d'un système de navigation plus précis, tel le système LORAN-C, pour l'Arctique;
- poursuivre l'exploitation des radiophares dans les eaux méridionales du Canada et étendre le rayonnement de ce service dans la zone du Labrador et dans celle des côtes de l'île de Baffin; et
- s'efforcer de mettre au point un mini-système LORAN-C ou des systèmes semblables pour les chenaux étroits des Grands Lacs et de la Voie maritime du Saint-Laurent.

2.3 ACTIVITÉS ET PLANS DE LA PÉRIODE POSTÉRIEURE À 1977

Au cours des dix années qui ont suivi la publication de l'étude de 1977, les activités canadiennes relatives aux systèmes et services de radionavigation maritime nationaux visaient les objectifs suivants :

- mettre en oeuvre les conclusions de l'étude;
- examiner le Système tout temps de navigation de précision (PAWNS);
- étudier le Projet de système de navigation au radar de précision (PRANS);
- dresser le Plan du service de radiophares maritimes;
- faire une étude du GPS par l'entremise du Comité intraministériel des télécommunications et de l'électronique (CITÉ).
- créer le Groupe d'examen public des systèmes de sécurité des navires citernes et de capacité d'intervention en cas de déversement en mer.

2.3.1 Mise en oeuvre des recommandations de 1977

Les décisions et les mesures prises par le gouvernement à la suite du rapport de 1977, plus particulièrement en ce qui a trait aux aides de longue portée, ont eu d'énormes répercussions : elles ont entraîné un remaniement considérable des biens d'équipement et des ressources d'exploitation et d'entretien de la Garde côtière. Il en a résulté, du point de vue de l'utilisateur, une modification fondamentale des services de radionavigation canadiens. Les effets de ces activités ont fait ombrage aux autres mesures prises au cours de la décennie qui a suivi le rapport.

2.3.1.1 Aides de grande portée à la navigation

Le gouvernement canadien a approuvé la recommandation de la Garde côtière visant à adopter le système LORAN-C pour assurer le service de radionavigation aux abords des côtes Est et Ouest. La chaîne de la côte Ouest canadienne était déjà en cours d'implantation en 1977 et est devenue opérationnelle la même année grâce à l'aménagement d'une première station canadienne à Williams Lake, avant qu'on y ajoute une deuxième station à Port Hardy, en 1980. La chaîne de la côte Est canadienne, formée initialement de la station canadienne de Cap Race et de celles des États-Unis situées à Caribou et à Nantucket, a été mise en service en 1980. La station canadienne de Fox Harbour est venue s'ajouter à cette chaîne en 1983. La chaîne de la mer du Labrador, qui comprend les stations canadiennes de Fox Harbour et de Cap Race ainsi que celle qui se trouve à Angissok au Groënland, a été mise en service en 1983. La couverture des Grands Lacs a finalement été assurée par des stations situées aux États-Unis, qui ont été mises en service en 1980. Les stations LORAN-A de

la côte Ouest canadienne ont été mises hors service à la fin de 1979, et les stations de la côte Est, à la fin de 1981. Les chaînes DECCA de la côte Est ont été mises hors service progressivement entre 1982 et 1986; le système LORAN-C est devenu la seule aide canadienne de grande portée à la navigation maritime au moment de la fermeture de la dernière station DECCA, en décembre 1986.

2.3.1.2 Navigation dans l'Arctique

En raison du faible trafic maritime de l'Arctique et de l'existence des systèmes de navigation OMEGA et TRANSIT (comme le confirment les évaluations effectuées à la fin des années 1970 et au début des années 1980), il est devenu inutile d'établir un service canadien de radionavigation pour l'Arctique. On a aménagé dans l'Arctique les RACON recommandés, ainsi que les installations de radiophares sur les côtes de l'île de Baffin, conformément aux recommandations de l'étude effectuée en 1977.

Au début des années 1980, des groupes d'utilisateurs ont fait des démarches pour susciter une amélioration des aides à la navigation dans le Nord, particulièrement dans le delta du Mackenzie et le détroit d'Hudson. Les exploitants ont préféré les RACON aux vieux radiophares périodiques, qui n'étaient pas fiables. Le radar s'est imposé comme appareil standard à bord des navires, mais son rendement dans les zones de l'Arctique, où le relief est peu accidenté et les glaces dominant, laissait à désirer. L'agilité en fréquence des nouveaux RACON semblait donc apporter la solution aux problèmes de l'heure et, à la suite de ces démarches, la plupart des radiophares du delta du Mackenzie et du détroit d'Hudson ont été mis hors service et remplacés par des RACON.

2.3.2 Étude du système de navigation de précision en tout temps

Les auteurs du rapport de 1977 ont admis la nécessité de la navigation de précision dans les eaux de la Voie maritime du Saint-Laurent et dans les chenaux reliant les Grands Lacs, où la liberté de manoeuvre est limitée; ils jugeaient souhaitable d'offrir des aides électroniques à la navigation convenables dans ces eaux. Indépendamment de cette étude, la Garde côtière américaine faisait, avec le concours du Canada à la fin des années 1970, un examen des possibilités d'utilisation d'un mini-système LORAN-C dans les eaux où la liberté de manoeuvre est limitée. Aucun système opérationnel n'a cependant été déployé, puisque l'objectif de précision prévisible de 7,5 mètres ne pouvait être atteint.

En 1981, à la suite de la prévision d'un fort accroissement du trafic maritime, on constitua un comité multipartite international pour examiner diverses possibilités d'établissement d'un Système de navigation de précision en tout temps (PAWNS) dans la Voie maritime du Saint-Laurent. Ce comité réunissait des représentants des Gardes

côtières américaine et canadienne, de la United States St. Lawrence Seaway Development Corporation et de la Voie maritime du Saint-Laurent. Il fit l'étude et l'essai du système LORAN-C et de versions simulées du LORAN-C différentiel. On jugea cependant que le système LORAN-C n'était pas assez précis pour assurer une navigation de précision en tout temps et que le système LORAN-C différentiel n'offrait qu'une précision marginale. Le mouvement préconisant l'établissement du PAWNS et l'importance qu'on accordait à ce système diminuèrent beaucoup avec le repli économique du transport maritime au début des années 1980, et les travaux furent suspendus. L'adoption prévue du GPS (avant l'accident de la navette Challenger) et la promesse d'un GPS différentiel portaient en outre à croire qu'on pourrait bientôt proposer une meilleure solution à portée de la main. Un certain nombre d'évaluations du GPS différentiel, notamment un essai²² effectué en 1984 par la Garde côtière canadienne dans le contexte de l'entretien des feux et balises, ont permis de démontrer les possibilités du GPS différentiel pour le positionnement de précision.

Enfin, étant donné la baisse du trafic prévu dans la Voie maritime, on a mis fin aux activités du comité chargé d'étudier le système PAWNS.

2.3.3 Projet de système de navigation radar de précision

À peu près au moment de la publication du rapport de 1977, la Dominion Marine Association (DMA), précurseur de la Canadian Shipowner's Association, s'intéressa à un système américain connu sous le nom de "Precise Radar Navigation System" (PRANS). Ce système permettait d'obtenir un positionnement avec une précision de quelques pieds grâce à des réflecteurs terrestres et à des dispositifs embarqués de traitement assurant une synchronisation précise par radar. Avec le concours du Centre de développement des transports et de la GCC, la DMA évalua le système en 1980 en le remettant à des essais sur la Voie maritime. Le rendement dynamique du système n'était pas fiable en raison de la difficulté de positionner et de verrouiller le faisceau sur les réflecteurs.

Ce projet mit en relief la nécessité, pour une navigation précise par radar, d'une détection sûre et d'une poursuite fidèle des réflecteurs radar. C'est d'ailleurs ce projet qui a donné naissance aux travaux sur les réflecteurs polarimétriques "intelligents" qui équipent le système RANAV, dont il sera question à la section 3.5.

2.3.4 Plan du service de radiophares maritimes

Au milieu des années 1980, l'amélioration des services de radio-navigation et les modifications apportées aux règlements canadiens concernant l'installation d'appareils radiogoniométriques à bord des navires avaient changé le caractère et l'intensité de la demande de services de radiophares. La Garde côtière constitua donc un Comité consultatif spécial des radiophares afin de rationaliser l'objet et

Le niveau de service des radiophares et de dresser un plan de mise en oeuvre. Les critères d'installation des radiophares s'énonçaient comme suit :

- a) satisfaire aux exigences de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer sur les côtes océaniques, en assurant, dans les ports où les besoins des utilisateurs le justifient, des installations désignées de radioralliement et d'atterrissage à grande distance;
- b) assurer une installation de radioralliement dans les ports des Grands Lacs où les besoins des utilisateurs d'embarcations de plaisance le justifient;
- c) offrir le radioralliement à titre de service principal, bien qu'on ait déjà, dans certaines zones, les moyens nécessaires pour faire le point;
- d) émettre un signal continu afin de faciliter le radioralliement; et
- e) le cas échéant, coordonner le service de radiophares, partagé entre la Garde côtière canadienne et la Garde côtière américaine.

Le Plan du service de radiophares maritimes a été approuvé en décembre 1986. Il donnait lieu à une diminution du nombre de phares, qui devait passer de 135 à 82 (radiophares servant à la fois à l'aviation et à la marine), à l'élimination du balisage séquentiel (tous les radiophares devraient désormais fonctionner en continu) et à certaines modifications de la gamme de fréquences et de la portée de fonctionnement. La mise en oeuvre du plan est maintenant achevée.

2.3.5 Étude du GPS par le Comité interne des télécommunications et de l'électronique

Au cours des dix dernières années, le personnel de la Garde côtière canadienne a suivi attentivement l'évolution des nouveaux systèmes de radionavigation de pointe. Étant donné sa couverture mondiale et son rendement, le GPS devrait, en particulier, exercer une influence sur la demande de services de radionavigation maritime au Canada. Conscient des répercussions de la technologie du GPS, le Ministère a confié, en 1986, au Comité interne des télécommunications et de l'électronique le soin de voir comment le GPS pourrait influencer sur la planification de ses installations et services de radionavigation. Le rapport du CITE²³ indique comment le GPS peut répondre aux besoins de la majorité des navigateurs canadiens, ainsi qu'aux exigences de navigation et de positionnement de précision des utilisateurs spécialisés, grâce aux améliorations apportées par un fonctionnement différentiel. Le Comité en conclut que les

installations de radionavigation nationales actuelles ne seront influencées considérablement par le GPS qu'avant la fin du siècle et que le GPS n'entraînera pas de diminution notable des frais d'exploitation du Ministère au titre des services de radionavigation avant 2005. Par ailleurs, il conclut aussi qu'il serait difficile de justifier une amélioration substantielle des installations existantes en raison de l'accessibilité du GPS.

2.3.6 Groupe d'examen public des systèmes de sécurité des navires citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement en mer

Le 9 juin 1989, le Très honorable Brian Mulroney, Premier ministre du Canada, constituait le Groupe d'examen public des systèmes de sécurité des navires citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement en mer²⁴ pour répondre aux préoccupations grandissantes de l'opinion publique à l'égard de l'environnement marin, en raison du transport en vrac de pétrole et de produits chimiques dans les eaux et les zones de pêche du Canada.

La sécurité de la navigation est un facteur clé qui permet de réduire considérablement les risques de catastrophe écologique causés par les déversements de pétrole ou de produits chimiques dans les eaux canadiennes. Le Groupe a recommandé que l'élaboration et la mise en oeuvre de systèmes de navigation à longue portée soient financés et accélérés adéquatement, afin d'assurer au maximum la sécurité de la navigation. Au cours de la période prévisionnelle, il faudra donc s'efforcer de fusionner les technologies existantes de façon à garantir au mieux la navigation dans les eaux canadiennes.

2.3.7 Étude des nouvelles technologies concernant les systèmes de navigation

En 1989, Transports Canada a parrainé une étude de l'Université de Calgary. Cette étude visait à évaluer les possibilités offertes par les nouvelles technologies concernant l'avenir des systèmes de navigation dans le secteur des transports pour les 25 prochaines années²⁵. Parmi les prévisions liées à la navigation maritime, on entrevoit notamment l'amélioration de la couverture et du positionnement offerts par le LORAN-C, la généralisation du GPS et du GLONASS, la résolution des questions de couverture et d'intégrité par un arrangement géostationnaire de desserte, la suppression éventuelle de la disponibilité sélective du GPS, ainsi que l'accès aux signaux du code P. Les auteurs de l'étude prévoient que le système LORAN-C sera remplacé par le GPS et (ou) le GLONASS à mesure que ces systèmes seront implantés à l'échelle internationale.

2.4

CONCLUSION

La décennie 1978-1988 a, dans l'ensemble, constitué une période de transition pour les installations et les services de radionavigation canadiens. En raison des changements intervenus au cours de cette période, les milieux maritimes civils bénéficient maintenant de services de radionavigation qui répondent en grande partie à leurs besoins dans la plupart des régions. Le ministère des Transports a pour politique de ne pas servir les utilisateurs spécialisés, groupe qui se caractérise en règle générale par le besoin d'un système de positionnement de grande précision. Il a cependant fourni des installations localisées pour répondre aux besoins d'exploitation internes de la Garde côtière et continue d'envisager ce genre d'installations à mesure que les besoins se manifestent.

CHAPITRE 3

SYSTÈMES DE RADIONAVIGATION ET SYSTÈMES CONNEXES3. INTRODUCTION

Les systèmes de radionavigation nationaux d'usage courant au Canada, établis pour répondre aux besoins des utilisateurs maritimes, besoins définis au chapitre précédent, comprennent le LORAN-C, qui tient lieu de système primaire de grande portée au large des côtes Est et Ouest, les radiophares de radioralliement et d'atterrissage, ainsi que les RACON aménagés dans certaines zones côtières et portuaires. De plus, les systèmes américains OMEGA et TRANSIT sont offerts pour la navigation en haute mer et dans les eaux arctiques. Le système mondial de navigation par satellite GPS sera aussi offert sous peu. Le présent chapitre présente tous ces systèmes, sous l'angle de leur fonction, de leur état actuel, des utilisateurs et de leur utilisation, ainsi que de leurs perspectives.

Outre ces systèmes de base, il existe des techniques permettant d'améliorer leurs possibilités, ainsi que divers autres systèmes, existants ou nouveaux, de positionnement par voie de terre ou par satellite que le planificateur doit connaître. Enfin, il faut également tenir compte aussi des progrès technologiques de la cartographie marine et de la présentation des cartes au navigateur. Le présent chapitre aborde donc brièvement ces sujets.

3.1 SYSTÈMES DE RADIONAVIGATION3.1.1 LORAN-C3.1.1.1 Fonction

LORAN-C est un système de radionavigation de grande portée à basse fréquence. Il assure de façon continue un relèvement de position précis (à moins de 1/4 de mille marin), par calcul des différences de temps de propagation de signaux provenant de trois stations ou plus. L'annexe A renferme une description technique de ce système.

À l'origine, le système LORAN-C a été mis au point aux États-Unis pour offrir aux utilisateurs militaires des signaux précis de grande portée. Depuis, il a été choisi comme système de radionavigation national pour la marine civile aux États-Unis, ainsi que le long des côtes canadiennes et sur les Grands Lacs.

3.1.1.2 État actuel

Il y a, à l'heure actuelle, quatre stations d'émission LORAN-C en exploitation au Canada. Ces stations, dont deux se trouvent en Colombie-Britannique et deux autres à Terre-Neuve, font partie de trois chaînes LORAN-C assurant une couverture complète des zones côtières de l'Atlantique et du Pacifique. Des ententes bilatérales avec les États-Unis régissent la propriété, le partage des coûts, l'entretien, etc. de ces réseaux internationaux. Un coordonnateur canadien des opérations de la chaîne LORAN-C (COCO) est responsable du fonctionnement des chaînes de la côte Est du Canada et de la mer du Labrador. En 1991, un COCO a été affecté à la côte Ouest pour veiller au fonctionnement de la chaîne de la côte Ouest canadienne. La couverture LORAN-C des Grands Lacs est assurée par des stations situées uniquement aux États-Unis.

Le Canada exploite également quatre stations de contrôle, soit deux sur chacune de ses côtes; elles ont pour fonction de surveiller la qualité des signaux envoyés par les divers émetteurs et à en rendre compte. Les signaux LORAN-C des trois chaînes sont commandés, sur la côte Est, par la station de contrôle et de commande de St. Anthony (Terre-Neuve) et, sur la côte Ouest, par la station de Williams Lake (Colombie-Britannique).

Le système LORAN-C doit fournir, toute l'année, un signal de navigation continu tel que le relèvement de position puisse être répété à 1/4 de mille marin près ou mieux et que la probabilité de détection correcte du cycle soit d'au moins 95 pour cent. La disponibilité d'un relèvement faisant appel à trois stations (soit deux lignes de position) est normalement de 99,7 pour cent pour chacune des stations, ce qui oblige une disponibilité d'au moins 99,9 pour cent pour chaque station.

L'équipement de base LORAN-C pour petites embarcations coûte moins de mille dollars américains, cependant, on peut compter jusqu'à neuf mille dollars américains ou plus pour les systèmes de navigation à rendement optimum munis de dispositifs de conversion des coordonnées et de calcul du point de cheminement.

3.1.1.3 Utilisateurs et utilisation

Les utilisateurs du système LORAN-C dans le secteur maritime sont les bateaux de pêche (canadiens et étrangers), les cargos en voyage de cabotage, les navires océaniques, les embarcations de plaisance et les navires servant à l'exploration des ressources, aux levés hydrographiques et à la recherche scientifique. Le secteur de la pêche est premier utilisateur du système LORAN-C, dont l'excellente capacité de répétition et la couverture de grande portée, de même que l'existence de récepteurs peu coûteux, en ont fait un système très populaire auprès des pêcheurs. On estime que la majorité des bateaux de pêches de plus de 13 mètres de longueur utilise maintenant ce système et en est largement tributaire à l'heure actuelle.

Un bon nombre de navires côtiers et hauturiers sont équipés de récepteurs LORAN-C en raison, notamment, du Règlement sur les appareils et le matériel de navigation, qui stipule que les navires de 1 600 tonneaux et plus circulant en eaux canadiennes doivent être équipés d'une aide de localisation de type LORAN-C ou par satellite.

Bien qu'il n'existe aucune estimation officielle du nombre d'utilisateurs du système LORAN-C en eaux canadiennes, il est vraisemblable que plusieurs milliers de navires emploient régulièrement ce service.

Les entreprises d'aviation utilisent également de plus en plus le système LORAN-C pour avoir accès à des services de navigation en vol normal et en vol d'approche dans les zones où existe une couverture appropriée. Le secteur des transports terrestres et les utilisateurs de fonctions spéciales, par exemple, la chronologie de précision, font également appel à ce système, dans une moindre mesure.

3.1.1.4 Perspectives

Le système LORAN-C est une aide primaire à la navigation largement utilisée et reconnue le long des côtes canadiennes et américaines et sur les Grands Lacs; la demande à l'endroit de ce système se poursuivra, pour un avenir prévisible, dans la collectivité maritime. La politique actuelle des États-Unis vise à maintenir le service LORAN-C dans ses États continentaux (y compris l'Alaska) et ses régions côtières jusqu'au cours du prochain siècle. Une période de transition de 10 à 15 ans ne sera pas instituée avant ce moment, car il est évident que le système GPS réalisera tout son potentiel en satisfaisant aux exigences civiles, grâce à la mise en oeuvre de récepteurs fiables et peu coûteux. Pour diverses raisons, il est logique que le Canada adopte une politique parallèle. On peut donc s'attendre à ce que l'exploitation du système LORAN-C canadien se poursuive jusqu'en l'an 2000.

On ne prévoit aucune extension du service au Canada. Cependant, aux États-Unis, la demande exprimée par les utilisateurs dans le domaine de l'aviation a donné lieu au lancement d'un programme qui étendra la couverture LORAN-C à tous les États continentaux des États-Unis, y compris certaines régions de l'Alaska. Cette expansion supposera l'installation, en 1991, d'un matériel supplémentaire à la station de Williams Lake (Colombie-Britannique) afin de la synchroniser avec l'une des nouvelles chaînes américaines. Les nouvelles chaînes permettront une couverture LORAN-C plus large du centre du Canada, la zone desservie s'étendant approximativement à partir du milieu de la Colombie-Britannique jusqu'à l'est de l'Ontario.

Le ministère de la Défense des États-Unis soutient à l'heure actuelle l'exploitation de plusieurs chaînes LORAN-C outre-mer, dont une station à Angissoq, au Groënland. Cette station est synchronisée avec deux stations situées à Terre-Neuve pour former la chaîne de la mer du Labrador. Toutefois, les États-Unis comptent cesser d'assurer le soutien de ces chaînes outre-mer le 31 décembre 1994. Les pays européens établissent à l'heure actuelle des plans pour maintenir, voire étendre, la couverture LORAN-C en Europe de l'Ouest et dans le Nord de l'Atlantique. À ce sujet, le Canada participe à un groupe de réflexion sur le service LORAN-C afin de définir un partage équitable des frais d'exploitation de la station du Groënland, si celle-ci doit demeurer en service. Ainsi, lors de la réunion du groupe qui a eu lieu à Ottawa en janvier 1991, on a accompli d'importants progrès sur la voie d'une entente conjointe internationale sur l'exploitation d'un réseau LORAN-C européen (dont ferait partie Angissoq).

3.1.2 RADIOPHARES MARITIMES

3.1.2.1 Fonction

Les radiophares maritimes assurent le radioralliement et l'atterrissage à moyenne distance dans les ports où les besoins des utilisateurs le justifient. Ces deux fonctions correspondent en fait au service primaire assuré par ces appareils, qui peuvent aussi aider à faire le point le long des côtes, dans la plupart des zones très achalandées. Ce genre d'aide offre aux navires équipés du minimum de matériel de radionavigation un système de précision moyenne peu coûteux. L'annexe A renferme une description technique des radiophares.

Voici l'objectif de service des radiophares (dont l'énoncé est encore à l'état d'ébauche) :

a) Service général

Le service de radiophares est assuré aux endroits où le nombre et les besoins des utilisateurs le justifient. Les décisions sont prises selon le lieu, en tenant compte de critères comme la sécurité et les avantages économiques dans la localité.

Exception faite des radiophares d'étalonnage, les radiophares émettent en continu, chacun étant identifié par un code distinctif annoncé.

Le service de radiophares sert avant tout au radioralliement, bien qu'il puisse aussi aider à faire le point dans certaines zones.

b) Service côtier

Lorsque le service de radiophares est assuré le long des côtes, il sert:

- i) à l'atterrissage dans un rayon maximal de 200 milles marins; et
- ii) au radioralliement dans un rayon minimal de 15 milles marins et maximal de 100 milles marins.

c) Service sur les Grands Lacs

Dans les cas où il est offert dans la région des Grands Lacs, ce service sert au radioralliement dans un rayon minimal de 15 milles marins et maximal de 45 milles marins des ports assurant gîte et services aux embarcations de plaisance. Sur les lacs Ontario et Érié, la couverture s'étend jusqu'à la côte des États-Unis.

Ce service émet un signal d'une intensité minimale de 50 mV/m à la distance annoncée pour le radiophare. La disponibilité de chaque radiophare sera de 98 pour cent.

3.1.2.2 État

Les règlements canadiens exigeant l'installation de matériel radiogoniométrique (RG) à bord des navires de commerce canadiens ont été abrogés en 1984. Étant donné, par ailleurs, la tendance à mettre à bord des navires de commerce d'autres systèmes plus perfectionnés servant à faire le point, les radiophares, qui occasionnent peu de frais d'équipement, représentent un service convenant davantage aux petites embarcations de loisir qui circulent en eau libre qu'aux gros navires de commerce.

Étant donné l'évolution des besoins, on a dressé un nouveau plan des services de radiophares maritimes, qui a été mis en oeuvre. Le nombre de radiophares a été ramené de 135 à 82. On a en outre remplacé par des radiophares à fonctionnement continu les modèles séquentiels exploités par groupes de six à la même fréquence. Vingt-six radiophares fonctionnent de façon saisonnière (d'avril à décembre environ). Ils se trouvent surtout dans la zone des Grands Lacs et du Saint-Laurent. On modernise aussi, à l'heure actuelle, les installations de radiophares pour mieux servir les plaisanciers. Ainsi, on remplace certains radiophares séquentiels de grande portée par des radiophares continus de courte portée pour offrir aux plaisanciers un radioralliement plus efficace. L'élimination de certains radiophares de grande portée et la modification de certaines affectations de fréquence permettront un emploi plus efficace du spectre de RF attribuées. Dorénavant, tous les radiophares fonctionneront en continu et seront classés dans la catégorie des radiophares d'atterrissage ou de radioralliement.

On peut se procurer à moins de 500 dollars américains les radiogoniomètres de base pour petites embarcations; ils sont dotés d'un équipement plus évolué, dont des radiogoniomètres automatiques, qui sont proportionnellement plus onéreux.

3.1.2.3 Utilisateurs et utilisation

Il n'existe pas de statistiques sur le nombre réel de navires équipés de radiogoniomètres, ni sur le pourcentage d'utilisation de ces appareils en eaux canadiennes. Il semble toutefois, d'après les données recueillies aux États-Unis, que les radiophares sont largement utilisés dans le secteur de la navigation par les plaisanciers, embarcations de plaisance et certains bateaux de pêche. Comme il n'est plus obligatoire d'installer de radiogoniomètres à bord des navires de commerce canadiens, ce système a tendance à devenir une aide de réserve pour cette catégorie d'utilisateurs. Il n'en va pas de même pour les navires de commerce internationaux, pour lesquels le radiogoniomètre demeure un appareil obligatoire dans les zones côtières d'autres pays. Les pays européens déploient beaucoup d'efforts pour améliorer la fonction du signal automatique continu des radiophares pour faire le point. Il n'est d'ailleurs pas impossible que les navires internationaux soient appelés à utiliser les radiophares en eaux canadiennes. Les modifications apportées à la Convention SOLAS, à l'état de projet à l'heure actuelle, atténuerait davantage, si elles sont mises en oeuvre, l'obligation d'utiliser les radiogoniomètres à l'échelle internationale. Les administrations seront autorisées à exempter les navires de l'obligation d'utiliser des radiogoniomètres s'ils sont dotés d'un autre appareil de radionavigation approprié. Étant donné que l'installation de radiogoniomètres est maintenant facultative, il n'existe pas de statistiques sur le nombre et l'utilisation de ces appareils en eaux canadiennes.

3.1.2.4 Perspectives

Les relèvements effectués à l'aide de radiophares ne sont pas assez précis pour la navigation primaire dans les ports et les chenaux où la liberté de manoeuvre est limitée et ils ne conviennent jamais dans le cas des gros bâtiments. Ils sont toutefois d'une précision suffisante pour la navigation générale de moindre tonnage dans les eaux côtières, sauf à la limite de la zone de couverture et aux endroits où les conditions de propagation sont défavorables. Les radiophares continueront de servir jusqu'au prochain siècle, comme dispositifs de radioralliement, car, sous ce rapport, leur précision augmente à mesure qu'on s'approche de la destination. Ils demeureront aussi un instrument plus approprié pour l'atterrissage à plus grande portée ou aux endroits où le fouillis d'échos diminue l'utilité des affichages radars embarqués, alors que le RACON sera l'instrument privilégié à courte portée. Dans ce cas également, la popularité du service auprès des utilisateurs et l'absence d'une

solution de rechange à prix raisonnable permettront de maintenir la demande au-delà de l'an 2000. La demande relative au service de radiophares devra être examinée périodiquement. La formation dispensée et les encouragements prodigués à l'utilisation pour l'amener à passer à d'autres systèmes, tels le LORAN-C ou le GPS, devraient faire fléchir la demande. On peut donc s'attendre que le nombre de radiophares qui resteront en service diminuera au cours de la période visée.

Les radiophares pourraient servir à transmettre des signaux de correction GPS différentiel (cf. 3.2). Le ministère des Transports des États-Unis s'est d'ailleurs penché attentivement sur la question et les services DGPS à lancer par la Garde côtière américaine sont censés faire appel à des radiophares. Les pays d'Europe sont aussi sérieusement à cette application. On ne peut, par conséquent, écarter la possibilité que le Canada emploie également des radiophares. Or, cette possibilité risque de venir modifier les perspectives.

3.1.3 RACON

3.1.3.1 Fonction

Le RACON sert à donner à l'écran radar du navire une indication sûre et sans équivoque des repères de navigation, tels les bouées et les atterrages qu'on risque autrement de ne pas voir, en raison d'une visibilité réduite, ou de ne pas détecter à l'écran radar en raison des échos produits par la réflexion de la terre ou des glaces ou encore d'un relief peu accidenté. Il sert également à marquer les piliers de ponts qui peuvent représenter des risques de collision pour les navires. Il offre aussi des possibilités pour les alignements. Dès qu'il détecte les signaux d'un radar fonctionnant dans la même bande de fréquences et en deçà de son rayon d'action, le RACON émet un code morse (choisi pour désigner son emplacement exact) qui est reçu et affiché à l'écran radar embarqué. Le lecteur trouvera une description technique du RACON à l'annexe A.

L'utilisation du RACON tient aux conditions du lieu et n'est liée à aucune phase particulière de la navigation. Il s'utilise de pair avec des aides à la navigation fixes ou flottantes de façon à garantir le niveau nécessaire de service pour les eaux navigables.

3.1.3.2 État

À l'heure actuelle, 145 RACON sont installés dans les eaux côtières et intérieures du Canada. On garde en outre des appareils de réserve dans chaque région et (ou) district de la Garde côtière.

On trouve deux types de RACON :

- le modèle à basse vitesse de balayage (35 appareils installés),
- le modèle répondeur agile en fréquence (RAF) (110 appareils installés).

Le RACON peut fonctionner dans les bandes X ou S ou dans ces deux bandes à la fois. Tous les nouveaux appareils fonctionneront toutefois dans les deux bandes.

À l'heure actuelle, les navires dotés de radars maritimes standard n'ont pas besoin d'équipement spécial pour employer les RACON.

3.1.3.3 Utilisateurs et utilisation

Le RACON peut être utilisé sur tout navire équipé d'un radar en bande X (de 2 920 à 3 100 MHz) ou S (de 9 320 à 9 500 MHz). Il peut être employé aussi bien sur des yachts que sur de très gros bâtiments, selon la voie navigable en cours. Le nombre de navires faisant appel à ce service est estimé à plusieurs milliers par an.

3.1.3.4 Perspectives

L'emploi du RACON en double bande et agile en fréquence ne cesse de progresser en raison des diverses applications et exigences fonctionnelles; on en effectue plusieurs déploiements nouveaux chaque année. En raison de son rendement supérieur, on a pris la décision, en principe, de n'utiliser que des RACON agiles en fréquence (RAF) dans tous les cas et l'on s'attend à ce que cette tendance se poursuive dans un avenir prévisible.

On croit par ailleurs que les 35 RACON à basse vitesse de balayage qui restent seront remplacés au cours des cinq à dix prochaines années. Le RACON agile en fréquence à décalage de temps interrogé (ITOFAR) est un nouveau modèle présentant des possibilités d'utilisation au Canada. Cet appareil permet à l'opérateur radar d'utiliser la réponse du RACON seulement ou l'image radar dans la réponse du RACON, ou encore ces deux signaux à la fois.

3.1.4 SYSTÈME DE POSITIONNEMENT DE COUVERTURE MONDIALE (GPS)

3.1.4.1 Fonction

Le GPS est un système de radionavigation par satellite que le ministère de la Défense des États-Unis est en train de mettre au point. Une fois mis en oeuvre et entièrement opérationnel, il devrait fournir sans arrêt, par tous les temps et partout dans le monde, des données de positionnement tridimensionnelles précises à l'intention d'utilisateurs maritimes, aériens et de surface. Bien

que le GPS ait pour fonction essentielle de répondre aux besoins militaires, le système est aussi offert au secteur de la navigation civile. Le signal militaire, dit service de positionnement de précision (PPS), permettra un positionnement d'une précision de l'ordre de 18 mètres pour le secteur militaire et certains autres utilisateurs. Le service de positionnement standard (SPS) à l'usage des civils peut marquer un point à 40 mètres près environ; cependant, cette précision sera délibérément ramenée à 100 mètres près en raison de la politique actuelle des États-Unis en matière de sécurité nationale.

Une fois en exploitation, le GPS servira à la navigation côtière et hauturière. L'emploi de techniques différentielles pourrait également permettre de l'adapter à la navigation à l'intérieur et à proximité des ports, ainsi que dans les eaux intérieures, ou encore de l'affecter à d'autres applications que la navigation.

3.1.4.2 État

À l'heure actuelle, le GPS est au stade de l'intensification opérationnelle. Depuis le 1^{er} avril 1991, 15 satellites GPS sont en fonction, donc cinq sont des satellites d'essai de l'ancien Bloc I, dont la vie utile restante est limitée, et les dix autres sont des satellites du Bloc II en exploitation. Les satellites du Bloc II sont lancés à un rythme de cinq ou six par an. Une couverture bidimensionnelle est offerte aux secteurs de la marine canadienne pendant plus de 20 heures par jour; toutefois, le ministère de la Défense des États-Unis ne peut garantir la qualité ou la précision du signal tant qu'il n'aura pas déclaré que le système est opérationnel.

Le système sera déclaré opérationnel lorsqu'une configuration de 21 satellites du Bloc II sera offerte, ce qui devrait se produire en 1993. La configuration complète de 24 satellites (soit 21 satellites opérationnels et 3 en réserve) sera en place vers le milieu des années 1990.

Il est facile de se procurer des récepteurs adaptés aux utilisateurs maritimes civils et leurs prix régressent à l'heure actuelle. Des récepteurs de bas de gamme sont offerts moyennant quelques milliers de dollars et on peut prévoir que les prix des récepteurs GPS finiront par concurrencer ceux des récepteurs LORAN-C.

En 1989, la Garde côtière américaine a été désignée à titre de premier organisme du ministère des Transports des États-Unis pour le service GPS civil (SGC). À ce titre, la Garde côtière des États-Unis est responsable des comptes rendus d'état opérationnels destinés aux utilisateurs, de la distribution d'éphémérides précis, de la gestion de l'utilisation du PPS dans le secteur civil et de l'interface avec les utilisateurs civils du GPS. Dans ce dernier

cas, un comité d'orientation du CGS a été créé et se compose de représentants de différents pays. Il existe aussi six sous-comités chargés de se pencher sur des problèmes précis dans divers domaines d'application. La GCC est représentée au sein de ce comité et de deux sous-comités. La GCÉU a également institué un Centre d'information sur le GPS (CIGPS). Ce centre fournit aux utilisateurs civils des renseignements sur l'état et la planification du GPS, grâce à un babillard électronique, au téléphone à clavier et à d'autres moyens, comme le WWV et le NOTSHIP. À mesure que le GPS se généralise au Canada, la demande à l'endroit du CIGPS exploité par Transports Canada devient plus évidente.

L'intérêt du secteur de l'aviation en ce qui a trait à l'intégrité du GPS pourrait se traduire par une amélioration du service de GPS, ce qui sera avantageux pour les navigateurs. Par exemple, INMARSAT a mis au point une proposition sérieuse pour la mise en oeuvre d'un GPS de recouvrement géostationnaire destiné à diffuser des renseignements d'intégrité relative et à enrichir la constellation du GPS de satellites visibles en permanence.

3.1.4.3 Utilisateurs et utilisation

L'utilisation du GPS par la marine civile devrait progresser rapidement une fois qu'il existera une constellation opérationnelle; on s'attend même à ce qu'elle finisse même par dépasser de beaucoup son emploi par les militaires. Les navires de haute mer seront sans doute les premiers à adopter le GPS, étant donné le retrait du système TRANSIT en 1996. L'accessibilité du système LORAN-C ralentira vraisemblablement l'adoption du GPS au sein des flottes côtières et de celle des Grands Lacs; cependant, le système devrait être utilisé de plus en plus à mesure que le marché prendra de l'expansion et que le prix des récepteurs GPS baissera. Les embarcations de plaisance et les bateaux de pêche de moindre tonnage seront sans doute ceux qui hésiteront le plus longtemps à adopter le GPS, du moins jusqu'à ce qu'on leur offre des récepteurs à prix très abordable.

On utilise déjà le GPS pour le positionnement de précision dans le secteur maritime (hydrographie, sondage des richesses naturelles, etc.) et son utilisation dans ce type d'application prendra rapidement de l'expansion.

3.1.4.4 Perspectives

Une fois le GPS opérationnel, toutes les zones navigables du Canada seront couvertes par un signal de positionnement continu et très précis, par tous les temps. Le système pourrait satisfaire aux besoins de la marine civile, sauf dans les conditions de navigation les plus restrictives. Même dans ces cas, le recours à des techniques différentielles pourrait permettre de l'utiliser dans des

zones restreintes. L'emploi de ces techniques permettrait aussi de répondre aux besoins de services maritimes spécialisés, tels l'hydrographie, l'entretien des bouées et des feux de la Garde côtière canadienne, etc. Les États-Unis veulent faire du GPS le seul système de navigation offert par l'administration fédérale; mais, comme on l'a déjà mentionné, exception faite du système TRANSIT, les autres systèmes américains de grande portée demeureront en exploitation longtemps au-delà du tournant du siècle.

Au Canada, l'utilisation et l'adoption du GPS dans le secteur maritime devraient progresser au cours de la période visée, parallèlement à la mise en marché de récepteurs GPS de plus en plus abordables. Ainsi, même si le GPS exercera une influence fondamentale sur l'évolution de la navigation maritime au Canada, ses effets sur la navigation en général ne se manifesteront pas du jour au lendemain. En revanche, on devrait reconnaître les possibilités du GPS différentiel, d'une part, pour répondre aux besoins de positionnement de précision (à titre de services à la circulation maritime), par exemple dans les ports et dans les eaux où la liberté de manoeuvre est limitée, et, d'autre part, pour exercer des activités spécialisées, ce qui créerait une demande à l'endroit des services de GPS différentiel.

3.1.5 OMEGA

3.1.5.1 Fonction

OMEGA est un système de radionavigation à très basse fréquence assurant une couverture mondiale. Mis au point par les États-Unis, il est exploité à l'heure actuelle en collaboration avec d'autres pays qui ont des émetteurs sur leur territoire. Il assure une installation de radionavigation à couverture quasi mondiale, par tous les temps, et les États-Unis en ont fait leur système fédéral de radionavigation en haute mer. Sa précision, qui varie entre deux et quatre milles marins, en limite l'utilisation au segment hauturier de la navigation maritime. On peut toutefois employer des techniques différentielles pour en étendre l'utilisation à la phase côtière.

3.1.5.2 État

Au total, huit stations OMEGA ont été mises en exploitation depuis le mois d'août 1982. Elles se trouvent en Norvège, au Libéria, dans le Dakota du Nord, à Hawaï, sur l'île de La Réunion, en Argentine, en Australie et au Japon. La Garde côtière américaine exploite les deux stations situées aux États-Unis, et les ententes bilatérales conclues entre la Garde côtière américaine et les pays partenaires régissent l'exploitation des six autres stations.

D'après les renseignements dont on dispose à l'heure actuelle, le système OMEGA permanent en place couvre presque 100 pour cent de la surface de la Terre. Sa couverture et sa précision sont validées à l'échelle régionale. Le Canada collabore aux activités de validation en exploitant un site de contrôle OMEGA à Inuvik. Il convient de noter qu'OMEGA n'est plus validé dans l'Arctique canadien.

La Garde côtière canadienne a fait des essais et des analyses du système OMEGA et du système OMEGA différentiel à la fin des années 1970 et au début des années 1980, essentiellement afin d'aider à établir leur pertinence comme aides à la navigation dans l'Arctique. Les résultats obtenus ont permis de constater qu'on pourrait s'attendre à devoir émettre au moins trois signaux OMEGA aux niveaux admissibles d'intensité du signal pour offrir des données ayant presque la précision nominale du système OMEGA, soit quatre milles marins selon une probabilité de 95 pour cent, partout dans l'Arctique et en particulier dans la mer de Beaufort. Lorsque la station norvégienne OMEGA n'émet aucun signal, pendant les travaux de maintenance ou en cas de panne, la précision du système peut regresser pour passer à six ou huit milles marins dans la région du détroit de Davis, en raison de la géométrie restante du trajet des signaux. Il a été démontré que le système OMEGA peut assurer, au besoin, une navigation plus précise dans l'Arctique, bien qu'on n'ait effectivement fait aucun essai dans cette région.

On a mis au point un système OMEGA différentiel, dont il y a à peu près 15 stations en exploitation, surtout le long de la côte européenne et dans la Méditerranée. Il y a une station OMEGA différentielle dans l'île française de Saint-Pierre, au sud de Terre-Neuve.

Le matériel OMEGA autonome ne se vend habituellement pas sur le marché de la navigation maritime. Le prix des systèmes OMEGA/TRANSIT est généralement supérieur à 20 000 dollars américains.

3.1.5.3 Utilisateurs et utilisation

Les caractéristiques du système OMEGA en restreignent, en général, l'usage aux navires long-courriers. On croit que le système est peu répandu dans les eaux canadiennes, mais on n'a, à vrai dire, aucune statistique à ce sujet. Le matériel de bord est plus coûteux que dans le cas du système LORAN-C, et les résultats sont moins précis. Normalement, les navigateurs circulant dans les zones couvertes par le LORAN-C sont donc peu enclins à utiliser ce service. Ailleurs, dans les régions du Nord, à l'extrémité des Grands Bancs et, plus à l'est, dans les zones d'exploration au large des côtes, on l'utilise dans une certaine mesure, généralement de pair avec d'autres aides, comme le système TRANSIT. La couverture assurée dans l'est de l'Arctique ne suffit pas et celle qui est assurée dans l'ouest de l'Arctique n'est, aux dires des navigateurs, pas assez fiable pour

inspirer confiance. De plus, le système OMEGA n'a pas été validé officiellement dans l'Arctique. On comprend toutefois que les navigateurs n'ont guère confiance en la couverture assurée par le système OMEGA dans l'Arctique et que celui-ci n'est pas utilisé en général, le système TRANSIT étant l'aide radio à la navigation que préfèrent utiliser les navigateurs dans cette région. D'après les données que détient l'OMI, il est plus probable que les navires hauturiers soient équipés de récepteurs adaptés au système TRANSIT et (ou) LORAN-C, plutôt qu'au système OMEGA.

3.1.5.4 Perspectives

D'après le Plan fédéral de 1990 de radionavigation des États-Unis, le système OMEGA devrait, à court terme, demeurer en service. Cependant, la planification actuelle est fortement spéculative et conduit à une démarche prévisionnelle dynamique pendant les quelque cinq prochaines années. On ne prévoit aucune modification de sa configuration. Il faudra sans aucun doute moderniser quelque peu l'équipement des stations émettrices, pour assurer la grande disponibilité du système. Les efforts soutenus de la Garde côtière américaine afin de perfectionner davantage le modèle de prévision de propagation des signaux du système pourraient en améliorer la précision.

Le MDÉU abandonnera progressivement le système OMEGA d'ici à décembre 1994. Les États-Unis ont laissé entendre que toute décision opérationnelle concernant la durée utile du système sera prise en concertation avec les pays partenaires en raison du caractère international du système et de son adoption par les utilisateurs à l'échelle mondiale.

Comme dans le cas du système LORAN-C, il est évident que l'on reportera la mise hors service d'OMEGA jusqu'à ce que l'on ait assez d'expérience dans l'exploitation du GPS. Il y aura une période de transition s'échelonnant entre dix et quinze ans.

3.1.6 TRANSIT

3.1.6.1 Fonction

Le Navy Navigation Satellite System (NNSS) ou système de navigation par satellite de la Marine, dit aussi TRANSIT, est un système de positionnement par satellite assurant un positionnement bidimensionnel périodique précis. Mis au point essentiellement pour faciliter la tâche des sous-marins balistiques de la marine, il est maintenant utilisé, dans le monde entier, par de nombreux bâtiments civils et militaires pour la navigation hauturière et côtière.

3.1.6.2 État

Il y a aujourd'hui sept satellites TRANSIT en service et deux satellites placés sur orbite de réserve. D'autres satellites sont entreposés au sol et la Marine américaine a annoncé qu'elle comptait en lancer certains à l'aide des fusées Scout, avant le retrait prévu du programme Scout. Ces satellites seront gardés sur orbite d'attente jusqu'à ce qu'on en ait besoin.

On peut se procurer des récepteurs TRANSIT pour petites embarcations pour si peu que 1 000 dollars américains. De meilleurs systèmes de navigation peuvent coûter entre 8 000 et 9 000 dollars américains. Les navires hauturiers sont habituellement équipés d'une combinaison d'équipement TRANSIT/LORAN-C ou TRANSIT/OMEGA dont le prix peut dépasser 20 000 dollars.

3.1.6.3 Utilisateurs et utilisation

Bien que le système TRANSIT puisse fournir des données de relèvement très exactes, le caractère périodique de ces relèvements limite habituellement l'utilité de cette aide à la navigation de haute mer. Comme dans le cas du système OMEGA, les récepteurs sont coûteux, et les utilisateurs maritimes sont peu encouragés à faire appel au système dans les zones où l'on a accès à d'autres services, comme celui du système LORAN-C.

Le système TRANSIT est souvent utilisé de pair avec d'autres systèmes de navigation, tel le système OMEGA. Il est le principal instrument de navigation à grande portée des navires circulant dans les eaux arctiques canadiennes.

3.1.6.4 Perspectives

Le ministère de la Défense des États-Unis s'attend de continuer à exploiter le système TRANSIT jusqu'au 31 décembre 1996. Les militaires commenceront à remplacer le système TRANSIT par le GPS dès 1990. La conversion devrait être terminée en 1996, date à laquelle le TRANSIT sera officiellement remplacé par le GPS. On n'entend pas transférer le système TRANSIT ou la responsabilité de son exploitation à un organisme civil du gouvernement.

En bref, les utilisateurs du système TRANSIT en eaux canadiennes devront avoir accès à d'autres services de navigation d'ici 1996. La majorité d'entre eux adoptera probablement le GPS.

3.2

TECHNIQUES DIFFÉRENTIELLES

Les systèmes à couverture étendue, tels les systèmes OMEGA, GPS et LORAN-C, peuvent présenter certains écarts par rapport à un quadrillage prévu établi pour la navigation, la cartographie marine ou la production de données de guidage. Ces écarts peuvent s'expliquer par des anomalies de propagation, un brouillage accidentel de la synchronisation des signaux ou d'autres facteurs. Par ailleurs, divers protocoles visant expressément à assurer la sécurité, tel le protocole de disponibilité sélective du GPS/SPS, peuvent donner lieu à des écarts qui diminuent la précision des systèmes.

Or, on peut atténuer considérablement les effets adverses de ces écarts, voire les éliminer presque totalement, en ayant recours à des techniques différentielles. Ce mode de fonctionnement suppose l'utilisation d'une installation de référence située en un ou plusieurs points fixes de la zone d'intérêt. Les écarts existant entre les signaux observés et prévus à la station de référence sont communiqués aux utilisateurs sous la forme d'une correction différentielle leur permettant d'augmenter la précision et le rendement du processeur de leur récepteur.

L'installation de référence peut servir une zone de plusieurs centaines de kilomètres de rayon, selon le système utilisé, la méthode de mise en oeuvre et la précision exigée. Le fonctionnement différentiel augmente le champ d'application du service de radionavigation. Par exemple, le GPS/SPS convient normalement à la navigation côtière et hauturière seulement; toutefois, en mode différentiel, il peut aussi être utilisé pour la navigation à l'intérieur et à proximité des ports, et même pour la navigation dans les voies où la liberté de manoeuvre est limitée.

Diverses expériences ont permis de constater les possibilités offertes par le GPS différentiel dans le secteur maritime. Ainsi, on s'attend à ce que l'emploi de techniques différentielles permette de compenser les effets de la dégradation délibérée du SPS et d'assurer une précision supérieure à celle du PPS dans la zone de couverture de service différentiel. Il est en effet possible d'obtenir sans difficulté une précision supérieure à 10 mètres. On utilise actuellement divers moyens permettant de communiquer les corrections GPS, depuis les systèmes radio terrestres à courte et moyenne portées jusqu'à la diffusion par satellite à grand rayonnement à l'aide de liaisons de communications existantes ou projetées. Le Comité spécial 104 du Comité radiotechnique pour les services de navigation (CRSN) a mis au point un protocole de mise en forme pour la diffusion des corrections. Il devient par ailleurs plus facile de se procurer dans le commerce le matériel nécessaire aux stations de référence, et de nombreux modèles nouveaux de récepteur GPS peuvent fonctionner en mode différentiel. Le rendement du GPS différentiel

et la disponibilité des appareils nécessaires sur le marché pourraient fort bien susciter l'enthousiasme des milieux de la navigation, qui ont besoin de services de navigation ou de positionnement de grande précision, et créer une demande à l'endroit de ce système.

La Garde côtière américaine (GCÉU) exploitera un système GPS différentiel (DGPS) dans la zone maritime des États-Unis. La GCÉU utilisera le service DGPS pour ses propres activités (y compris le mouillage des bouées) et l'offrira au grand public et à d'autres organismes gouvernementaux. Le service DGPS devrait être opérationnel dans la plupart des zones côtières américaines d'ici le 1^{er} janvier 1996.

La GCC dirige un projet de R-D pour démontrer qu'on peut effectivement intégrer des systèmes électroniques modernes afin de contrôler les aides flottantes à la navigation. Ce projet, appelé "Contrôle de la position et de l'état des aides flottantes" (CPÉAF), prévoit l'utilisation du GPS différentiel.

À l'heure actuelle, il n'existe aucun système différentiel permanent au Canada. Le système OMEGA différentiel est offert dans certaines régions du monde, et on en trouve une station à l'île Saint-Pierre. Un système GPS différentiel privé, du nom de DIFFSTAR, est par ailleurs exploité dans la mer de Norvège. Le STARFIX, système commercial de positionnement par satellite, sert à transmettre les corrections de GPS différentiel sur une vaste étendue dans le cadre de ce service. D'autres organismes, dont COMSAT et RACAL, offrent des services de GPS différentiel de type longue portée. On exploite aussi un service LORAN-C différentiel de portée restreinte dans la zone de la rivière St. Mary's aux États-Unis, pour l'entretien des bouées et des feux de la Garde côtière américaine.

3.3 AUTRES SYSTÈMES DE RADIOREPÉRAGE PAR SATELLITE

3.3.1 Description

Il existe ou on prévoit, au cours de la période visée, outre le GPS, d'autres systèmes de navigation, de positionnement et de radio-localisation par satellite. Le seul autre système à couverture mondiale ayant atteint un stade comparable de développement est le GLONASS de l'Union soviétique. Bien qu'on sache, en Occident, que le système GLONASS repose sur des principes d'exploitation analogues à ceux du GPS, les connaissances sur ses paramètres techniques sont limitées. À une réunion récente du Comité spécial de l'OACI sur les futurs systèmes de navigation aérienne, l'Union soviétique a déposé un document technique détaillé sur le GLONASS et déclaré qu'elle était prête à mettre le système à la disposition des utilisateurs de la navigation civile.

Depuis, l'intérêt porté à l'intégration ou à l'exploitabilité du GPS et du GLONASS, ainsi que les études et projets de R-D, sont évidentes.

L'Agence spatiale européenne (ASE) étudie pour sa part, depuis quelque temps, un système de navigation par satellite comparable au GPS et qui lui ferait directement concurrence; or, ses efforts n'ont pas dépassé le stade des études.

La possibilité d'utiliser des techniques de télémétrie par satellite géosynchrone pour le radiorepérage a suscité plusieurs propositions au cours des quelques dernières années. L'une d'elles concernait le STARFIX, système appartenant à des intérêts privés et faisant appel à des techniques de télémétrie passive analogues à celles du GPS. Il semble que le STARFIX soit opérationnel et assure un service de positionnement pour des plates-formes d'exploration pétrolière au large des côtes, dans le golfe du Mexique et dans le nord de l'Alaska. Par ailleurs, la direction d'INMARSAT envisage sérieusement d'offrir un service de radiolocalisation et a effectué des essais de télémétrie par satellite. La décision adoptée en 1985 par la Commission fédérale des communications des États-Unis, d'attribuer des fréquences aux services privés de radiorepérage par satellite (RDSS) revêt une grande importance pour le positionnement par satellite. À l'heure actuelle, une société américaine privée, soit GEOSTAR, est le plus ardent défenseur des services de radiorepérage par satellite. Cette société se prépare à offrir un service opérationnel en Amérique du Nord dès le début des années 1990.

Les systèmes de radiorepérage par satellite sont des systèmes actifs: en d'autres termes, l'utilisateur doit "répondre" aux signaux d'interrogation provenant du satellite. Dans le cadre de la navigation ou du positionnement, l'utilisateur est informé de sa position (qui est calculée à l'installation au sol du système) par une liaison de transmission convenable. Le système de radiorepérage par satellite se caractérise notamment par sa capacité de transmission bilatérale des données. Les systèmes à satellites géosynchrones ne peuvent pas assurer une couverture mondiale, car ils ne peuvent fournir le service de positionnement dans les régions équatoriales et polaires en raison, dans le premier cas, de considérations géométriques et, dans le deuxième, de la portée optique limitée des satellites.

Les exploitations de ces systèmes, qui n'appartiennent pas au gouvernement, voudront répercuter leurs frais et les rentabiliser. Ils percevront donc des frais d'utilisation sous une forme ou une autre.

3.3.2 Répercussions

Il est peu probable que les systèmes de radiorepérage par satellite et autres systèmes du genre aient beaucoup d'influence sur la radio-navigation maritime, compte tenu de l'accessibilité des systèmes GPS et GLONASS et des services actuels de communications maritimes. Il se pourrait fort bien cependant qu'on utilise ces systèmes pour la poursuite et la gestion de flottes maritimes, les bâtiments en cause transmettant alors leurs coordonnées, de façon périodique ou continue, à une installation centrale de contrôle ou de répartition par l'intermédiaire d'un système par satellite. Par exemple, en 1988, trois garde-côtes de recherche et de sauvetage de la Garde côtière canadienne, dans la région de l'Ouest, ont été équipés d'appareils GEOSTAR, à titre expérimental, pour permettre d'évaluer les avantages qu'il y aurait à pouvoir suivre de près la situation des bâtiments de sauvetage.

La Garde côtière entend suivre l'élaboration et la mise en oeuvre de ces systèmes et d'autres systèmes de navigation par satellite, comme le GEOSTAR, avant d'essayer d'évaluer les effets possibles de ces systèmes sur la navigation maritime au Canada. Il faut insister sur le fait que, à l'exception, éventuellement, du système GLONASS, le GPS est actuellement le seul système par satellite permettant effectivement d'assurer une navigation de grande précision à l'échelle mondiale, sans le concours d'autres aides de positionnement.

3.4 AUTRES SYSTÈMES DE RADIOREPÉRAGE TERRESTRE

Diverses entreprises commerciales offrent des systèmes de radiolocalisation de précision conçus expressément pour les applications exigeant une précision exceptionnelle (de l'ordre de 1 m à 5 m) dans une zone limitée. Les systèmes classiques sont des systèmes UHF ou hyperfréquences actifs ou passifs, tributaires d'émetteurs ou de répondeurs installés à des endroits précis de la côte et de façon très géométrique par rapport à la zone d'exploitation. Leur plage de fonctionnement est généralement limitée à la portée optique dans le cas des systèmes hyperfréquences et à deux ou trois fois la portée optique pour ce qui est des systèmes à fréquences inférieures. En règle générale, ces systèmes ne conviennent pas à la navigation courante; ils répondent aux besoins d'utilisateurs spécialisés. Par exemple, il existe, à la gare maritime de Port-aux-Basques (Terre-Neuve), un système faisant appel à des appareils Decca Microfix pour faciliter l'entrée dans le port, le mouillage et le départ des traversiers de Marine Atlantique. La direction de la Garde côtière canadienne dans la région des Laurentides a établi, à titre expérimental sur le Saint-Laurent, un système de positionnement de précision faisant appel à des appareils Motorola Miniranger. Elle évalue ainsi la pertinence du système pour différentes applications, dont le sondage des chenaux, le déglacage et le positionnement des bouées.

L'installation à plus grande portée et à fréquence inférieure est un autre type de système terrestre. Les systèmes fonctionnant à la fréquence la plus basse (2 MHz) peuvent avoir une portée efficace de plusieurs centaines de kilomètres avec une précision prétendue de 10 mètres ou moins; la précision et la disponibilité de ces systèmes peuvent dépendre des conditions de propagation, mais on fait souvent appel à des techniques de modulation perfectionnées pour enrayer les problèmes de cet ordre. Ces systèmes peuvent servir à des activités spéciales au large des côtes, par exemple l'hydrographie et le sondage des ressources; ils ne devraient cependant pas être très demandés comme systèmes de navigation d'usage courant.

3.5 NAVIGATION PAR RADAR

Malgré la mise au point d'aides radioélectriques perfectionnées pour la navigation, le radar demeurera une aide fondamentale pour le navigateur maritime. Diverses améliorations de la navigation par radar, tels les RACON et les réflecteurs radars, sont répandues dans les cas où le radar primaire n'est pas suffisant. Les progrès de la technologie moderne du traitement et de l'affichage des signaux laissent entrevoir une navigation par radar encore plus efficace.

Un système, le "Radar Assisted Navigation" (RANAV), mis au point par la société canadienne Offshore Systems Limited (OSL) avec le concours financier du Centre de développement des transports (CDT), utilise des réflecteurs radar polarimétriques et des dispositifs perfectionnés de traitement des signaux radar pour fournir des indications de navigation avec une précision de l'ordre de quelques mètres. Un prototype de système RANAV est exploité sur le cargo à moteur diesel de Marine Atlantique, MV Atlantic Freighter, le réseau de réflecteurs étant installé au terminal de Port-aux-Basques, à Terre-Neuve. Marine Atlantique étend actuellement ses moyens RANAV à d'autres navires et ports. Par ailleurs, le CDT continue d'apporter son soutien financier.

La GCC a lancé un projet visant à évaluer sous l'angle opérationnel, en 1991-1992, le système RANAV dans la région des Laurentides. De plus, l'Association canadienne des armateurs a organisé une démonstration du système sur le canal Welland au cours de l'été 1991.

Bien qu'il soit assez peu probable que l'on utilise couramment un système RANAV, ce type d'installation aura tout de même un rôle à jouer dans certaines régions localisées, comme bien d'équipement principal ou secondaire. Certaines entreprises pourraient bien également se servir de ce système à titre privé.

3.6

SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE CARTOGRAPHIQUE

Les cartes marines assurent une fonction essentielle, car elles permettent de communiquer au navigateur des données hydrographiques et les caractéristiques du compartiment continental voisin dont il a besoin pour circuler en toute sécurité. Tout point de navigation fondé sur un système de positionnement ou de référence géodésique différent du système de référence de la carte ne pourra être reporté directement sur cette carte. En pareil cas, une solution pratique consiste à convertir les coordonnées de position aux données de référence locales ou régionales à partir desquelles la carte a été tracée.

Les techniques perfectionnées et modernes de positionnement utilisées dans la navigation font habituellement appel à des systèmes par satellite, qui sont géocentriques par définition, de sorte que les coordonnées qui en résultent peuvent, dans de nombreux cas, différer considérablement des données de référence locales ou régionales des cartes marines. On programme selon le Système géodésique mondial (WGS) à peu près tout le matériel de radionavigation (LORAN-C, TRANSIT et GPS) doté d'une fonction de calcul automatisé de la latitude et de la longitude géodésiques à partir de données provenant du système de radionavigation. Pour les utilisations normales en navigation maritime, le WGS-72 et le WGS-84 s'équivalent. Les données de référence régionales, comme celles du système de référence géodésique de l'Amérique du Nord 1927 (NAD-27), ont été mises au point pour fournir un meilleur système de coordonnées de référence à l'intérieur d'une zone délimitée (continent, pays, etc.). À ce niveau supérieur de précision, il n'est pas possible de considérer la Terre comme un sphéroïde mathématiquement parfait; il faut plutôt la considérer comme une surface imparfaite ou "bosselée" de sorte que les données régionales ne sont pas nécessairement géocentriques. Au Canada, les données régionales (NAD-27) et les données géocentriques (NAD-83) présentent un écart positionnel variant entre 5 m (près des Grands Lacs) et 120 m (le long des côtes du Pacifique et de l'Arctique); pour la plupart des cartes marines, il faudra peut-être transformer les données avant de reporter un point de navigation, afin de respecter la précision de la carte.

Environ 10 pour cent des cartes marines publiées par le Service hydrographique du Canada (SHC) se fondent sur le Système de référence géodésique de l'Amérique du Nord 1983 (NAD-83) sont équivalentes à ce système, étant donné leur échelle. À toutes fins utiles, le NAD-83 équivaut au WGS-84. La majorité (environ 75 pour cent) des cartes marines publiées actuellement par le SHC reposent sur le NAD-27 et à peu près le tiers comportent une note précisant l'importance de l'écart entre les coordonnées NAD-83 et NAD-27. Les autres cartes reposent sur des données locales ou inconnues.

La mise en oeuvre du GPS permettra d'améliorer considérablement la précision de la navigation dans le monde entier. Toutefois, la sécurité de la navigation le long des côtes demeurera limitée à tous les endroits où l'on ne se sert pas du même système de référence géocentrique pour produire des levés hydrographiques précis et à jour et les relevés topographiques assortis.

3.7

SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES D'INFORMATION ET D'AFFICHAGE CARTOGRAPHIQUES (ECDIS)

Les progrès de la radionavigation ont donné lieu à des systèmes de grande précision et à des mises à jour fréquentes, d'où une amélioration du rendement et un accroissement du volume de données sur la navigation. Par ailleurs, le secteur d'activité s'efforce sans cesse de tirer parfaitement parti de ce rendement; elle a donc tendance à appliquer les techniques modernes et le principe de l'intégration des systèmes aux systèmes maritimes, plus particulièrement à la navigation de précision. Par exemple, on met actuellement au point des systèmes électroniques d'information et d'affichage cartographiques (ECDIS), afin d'assurer une gestion automatique des données de cartographie marine et de permettre l'intégration des données de navigation et de cartographie marine.

Les ECDIS comportent un affichage à écran cathodique et du matériel complété par un logiciel commandant l'affichage à partir d'un ensemble de données cartographiques et marines. Ils permettent l'intégration de systèmes de radionavigation et peuvent aussi comprendre un radar. Il sont normalement commandés, en fonction des références du navire, par le ou les dispositifs de radionavigation qui y sont intégrés.

Si les ECDIS devaient remplacer les cartes imprimées, les données cartographiques marines qui y sont tracées devraient être produites ou approuvées par un bureau hydrographique agréé et, par conséquent, respecter certaines exigences. Cela assurerait l'équivalence du système par rapport aux cartes imprimées utilisées à l'heure actuelle. L'Organisation hydrographique internationale (OHI) s'occupe à l'heure actuelle, avec l'Organisation maritime internationale (OMI), d'établir des normes internationales pour les ECDIS. Le cahier des charges portera sur les paramètres du matériel, telles que les caractéristiques d'affichage et les catégories de systèmes, ainsi que sur divers aspects de la base des données, comme l'ensemble de données minimal admissible pour assurer la sécurité de la navigation.

Au Canada, le SHC examine à l'heure actuelle les effets de cette nouvelle technologie sur les services publics qu'il offre. En plus d'examiner la nécessité éventuelle d'une restructuration de ses bases de données cartographiques internes, il étudie des méthodes de production de données cartographiques et de distribution de

rectificatifs cartographiques. L'Institut océanographique de Bedford a mis au point un prototype d'expérimentation de cartographie électronique permettant au SHC d'acquérir directement l'expérience des cartes électroniques.

Avec le concours du gouvernement, l'industrie canadienne s'efforce de mettre au point un système ECDIS commercialisable destiné à répondre aux normes internationales définies par l'OMI. Ce système comprendra également des intrants radars. À l'avenir, le radar autonome pourrait aussi jouer un rôle important comme annexe des ECDIS. Ce n'est que récemment qu'on a reconnu la possibilité d'un tel principe, grâce aux progrès accomplis à l'égard de la mémorisation et de la vitesse de traitement des données et à la diminution des coûts afférents.

Le perfectionnement de la technologie ECDIS, l'incorporation de la desserte radar et l'intégration avec un système de positionnement précis comme le GPS différentiel, permettront d'améliorer considérablement la sécurité de la navigation dans les zones où la liberté de manoeuvre est limitée et d'éviter les accidents en mer comme celui de l'Exxon Valdez.

CHAPITRE 4PERSPECTIVES DES SERVICES DE RADIONAVIGATION MARITIMES4. INTRODUCTION

En supposant que les politiques et les objectifs actuels du gouvernement restent en vigueur, notamment à l'égard de la facturation des utilisateurs, la Garde côtière sera tenue de continuer à fournir des données de navigation adéquates aux navigateurs en général, afin de permettre la circulation économique et sûre des navires de commerce, des bateaux de pêche et des embarcations de plaisance dans les eaux canadiennes. À l'heure actuelle, elle satisfait à cet engagement grâce au système LORAN-C dans les zones de confluence côtière aux abords des côtes Est et Ouest du Canada, et grâce à un service de radiophares et de RACON dans certaines eaux canadiennes. Les navigateurs ont en outre accès à divers autres systèmes de navigation à couverture étendue, tels les systèmes TRANSIT et OMEGA, et devraient bientôt pouvoir utiliser le service civil GPS.

Le niveau des services à fournir à l'avenir dépendra des besoins et de la demande des utilisateurs, des priorités du gouvernement, ainsi que des ressources disponibles et des progrès de la technologie. Il sera également influencé par les plans et les activités d'autres fournisseurs de services, en particulier les États-Unis.

4.1 LORAN-C

Le système LORAN-C assure un service primaire de radionavigation à grande portée qui est bien établi dans les zones de confluence côtière canadienne. Il compte de nombreux utilisateurs, et on peut facilement se procurer le matériel nécessaire de façon économique. Le service assuré par ce système devrait continuer de faire l'objet d'une forte demande au cours de la période visée; cette modification devrait cependant se faire de façon progressive, à mesure que le GPS gagnera en popularité et que le prix du matériel afférent deviendra plus concurrentiel. On admet que toute mesure visant à restreindre ou éliminer le service LORAN-C au cours de la période à l'étude soulèverait fort probablement une forte opposition. À l'échelle internationale, l'utilisation du LORAN-C s'étend dans le milieu maritime, facteur qui aura pour effet de renforcer la demande.

Le LORAN-C est aussi le service fédéral de navigation aux abords des côtes des États-Unis. Étant donné l'intégration des chaînes des côtes Est et Ouest, le Canada surveille actuellement de près les plans et les politiques des États-Unis à l'égard du LORAN-C. Même si le gouvernement américain entend abandonner un jour le LORAN-C en

faveur du GPS, aucun calendrier officiel n'a encore été établi, et aucune décision ne sera prise avant qu'on ait confirmé la capacité du GPS de répondre aux besoins des utilisateurs de façon économique. Le gouvernement des États-Unis a par ailleurs déclaré avoir l'intention d'exploiter les deux services parallèlement pendant une période de transition de 10 à 15 ans après qu'il aura décidé de mettre fin au service LORAN-C. Ainsi, le service LORAN-C américain demeurera vraisemblablement en exploitation bien au-delà du tournant du siècle. Il serait difficile, pour le Canada, d'adopter des mesures qui ne s'harmonisent pas avec celles des États-Unis, et il n'y a pas non plus de besoin apparent de le faire.

Les États-Unis prévoient cesser d'employer et d'appuyer les stations LORAN-C outremer d'ici à la fin de 1994. Le seul effet possible de cette décision sur le LORAN-C canadien concerne l'avenir de la station d'Angissoq (Groënland), l'une des stations constituant la chaîne de la mer du Labrador. Comme le Canada et les pays européens ont intérêt à poursuivre l'exploitation de cette station, ils concluent actuellement des ententes d'exploitation appropriées pour partager les coûts de prise en charge de l'exploitation de cette station. Le Canada devra s'engager à assumer une part des frais d'exploitation de la station d'Angissoq.

En résumé, la prépondérance des facteurs influant sur les plans d'avenir du service LORAN-C canadien auront tendance, dans l'ensemble, à renforcer le maintien du service actuel. Il n'y a, pour l'instant, aucun plan visant à modifier les services LORAN-C offerts aux navigateurs, et l'on s'attend à ce que la situation actuelle soit maintenue pendant toute la période visée.

4.2

RADIOPHARES MARITIMES

En raison des modifications apportées aux règlements canadiens relatifs au matériel radiogoniométrique embarqué, de l'évolution de la collectivité des utilisateurs de radiophares et de l'accessibilité d'autres aides à la navigation, on a récemment rationalisé l'objet et les niveaux de service de radiophares. Le Plan de service de radiophares maritimes, approuvé en décembre 1986, a été mis en oeuvre. La demande de services de radiophares, qui vient surtout des plaisanciers, devrait se maintenir. En effet, les utilisateurs peuvent facilement se procurer des récepteurs à prix très modique, et l'on ne s'attend pas à ce que le prix des récepteurs LORAN-C ou GPS baisse suffisamment, au cours de la période visée, pour éliminer complètement la demande de services de radiophares. On croit par contre que la demande accusera une baisse, ce qui donnera lieu à une réduction du nombre de radiophares en service.

4.3

RACON

Peu importe les perfectionnements de la technologie des systèmes de radionavigation modernes, le radar demeurera une aide essentielle à la navigation pour la grande majorité des navires circulant dans les eaux canadiennes, lorsque ceux-ci se trouvent à proximité de la terre ou dans un passage exigü. Les avantages d'une amélioration de la navigation radar grâce à l'installation judicieuse de RACON sont bien connus du navigateur; on s'attend donc au maintien de la demande à l'égard du service RACON actuel et même à une certaine demande d'expansion du service. La disponibilité d'une technologie RACON plus puissante et polyvalente est l'autre facteur qui, outre la demande continue, aura une incidence sur le niveau de service offert au cours de la période visée. On s'attend par conséquent à ce que la demande des utilisateurs et la nouvelle technologie occasionnent une expansion modeste, mais continue, du service RACON en eaux canadiennes.

4.4

OMEGA ET TRANSIT

Il importe d'examiner les perspectives de ces systèmes de radionavigation étrangers, parce qu'ils assurent une couverture mondiale et qu'ils sont donc utilisés par les navires circulant en eaux canadiennes et à proximité de ces eaux. De fait, le Règlement sur les appareils et le matériel de navigation fait du TRANSIT un système de navigation obligatoire à bord des navires de plus de 1 600 tonnes circulant en eaux canadiennes, en dehors de la zone de couverture du système LORAN-C, ce qui comprend tout l'Arctique.

L'emploi du système OMEGA en eaux canadiennes semble minimal, surtout parce que d'autres systèmes plus acceptables pour le navigateur sont offerts dans la plupart des zones maritimes. Le gouvernement américain semble avoir à peu près les mêmes plans pour le système OMEGA que pour le système LORAN-C : il compte en cesser l'exploitation un jour, mais il confirmera d'abord la pertinence du GPS comme système de remplacement et laissera s'écouler une période de transition de 10 à 15 ans. Ainsi, bien que le système OMEGA ne joue pas un rôle important au Canada, on peut s'attendre à ce qu'il reste en exploitation et soit offert aux utilisateurs en eaux canadiennes pendant toute la période visée.

En revanche, les plans des États-Unis à l'égard du système TRANSIT sont bien arrêtés. Le gouvernement américain a déclaré qu'il a l'intention de mettre fin à l'exploitation du système en 1996. Les navires de commerce circulant en eaux canadiennes dépendent dans une certaine mesure de ce système, qui, comme on l'a mentionné précédemment, constitue aussi une aide primaire dans l'Arctique. Comme le GPS devrait être entièrement en service avant 1996 et qu'il ne devrait pas être difficile de se procurer les récepteurs assortis, l'élimination du système TRANSIT n'aura pas d'effet sur la

demande de services de radionavigation nationaux. De fait, les utilisateurs du TRANSIT seront vraisemblablement ceux qui passeront les premiers aux systèmes de navigation GPS.

4.5 GPS

Les satellites et le système de contrôle du GPS sont censés être en place et entièrement opérationnels d'ici à la fin de 1993. Les navigateurs se trouvant à quelque endroit que ce soit dans les eaux canadiennes et environnantes bénéficieront alors d'un service de radiopositionnement de grande précision adapté à toutes les utilisations de la navigation, sauf les plus précises, sans frais pour le gouvernement canadien.

On peut d'ores et déjà prévoir l'effet du GPS sur la demande des services de radionavigation nationaux actuels. Il sera de plus en plus facile de se procurer des récepteurs GPS à prix modique, à mesure de l'augmentation de la demande. Les navires océaniques et autres bâtiments hauturiers auront ainsi accès à un service de navigation continu de grande précision, par tous les temps. Dans la même veine, les avantages de ce service pour la navigation dans les régions arctique et subarctique canadiennes seront encore plus marqués. La suppression du système TRANSIT en 1996 amènera cette catégorie d'utilisateurs à être les premiers à se convertir au système de navigation GPS. Les navigateurs des eaux côtières et des Grands Lacs auront le choix du LORAN-C ou du GPS au cours de la période visée. Les frais relatifs représenteront vraisemblablement la considération la plus importante pour les utilisateurs envisageant de se convertir au GPS, même si pour beaucoup, notamment les pêcheurs hauturiers et les navigateurs circulant à la limite de la zone de couverture du LORAN-C, l'uniformité et la grande précision du GPS constitueront un facteur déterminant. Certains fournisseurs de matériel fabriquent déjà des récepteurs GPS/LORAN combinés pour lesquels ils n'auront très vraisemblablement aucune difficulté à trouver preneur. Les appareils de navigation maritime modernes ont tous des sorties LAT/LONG, et l'on manifeste de plus en plus d'intérêt pour les affichages cartographiques (cartes électroniques) commandés par les mêmes données LAT/LONG. Pour la plupart des utilisateurs généraux, le "capteur" ou la source sont transparents, et la conversion au GPS exigera peu de formation particulière et soulèvera peu d'opposition.

Les plaisanciers, qui font massivement appel aux radiophares et, dans une moindre mesure, au LORAN-C, constituent la catégorie d'utilisateurs la moins susceptible de passer au système de navigation GPS, du moins tant qu'il n'auront pas accès à des récepteurs GPS simples à prix abordable, ce qui ne se produira sans doute pas avant la fin de la période visée.

Les nombreuses études et les essais sur le terrain tendent à confirmer le potentiel sans précédent que représente la navigation de précision sur les vastes étendues à l'aide de techniques différentielles. Cela stimulera vraisemblablement la demande d'offre de ce genre de service par la marine civile. C'est ce dont témoigne la décision de l'USCG d'implanter un service de DGPS opérationnel dans la zone maritime des États-Unis. La demande se raffermira lorsque les possibilités du service de cartographie électronique pour le positionnement de précision intégré seront exploitées et largement diffusées.

4.6 BESOINS CANADIENS FUTURS

Il est clair que la gamme de services de radionavigation nationaux et globaux qui sera offerte au cours de la période à l'étude répondra à la majorité des besoins de tous les groupes d'utilisateurs de base circulant dans les eaux canadiennes et voisines. Les seules exceptions possibles visent les eaux où la liberté de manoeuvre est limitée, tels la Voie maritime du Saint-Laurent, ainsi que les canaux reliant les Grands Lacs et les passages intérieurs de la côte Ouest où la navigation peut exiger une précision supérieure aux 100 mètres assurés par le GPS. On a examiné la possibilité d'utiliser des moyens électroniques pour diminuer les restrictions imposées à la navigation dans la Voie maritime et on les a soumis à divers essais. Même si la technologie nécessaire existe, les coûts liés à la prestation d'un tel service, conjugués avec une conjoncture économique moins favorable pour les utilisateurs, et la diminution du trafic ont atténué la demande à cet égard au cours des dernières années. En mettant l'accent sur la réduction des risques d'accident avec les cargos dangereux ou qui constituent une menace pour l'environnement, on tient notamment compte de la navigation de précision, ce qui s'inscrit dans le contexte de la gestion du trafic maritime, mais déborde le cadre du présent document.

À l'heure actuelle, il n'existe aucun plan visant à établir des services de navigation de précision fondés sur le GPS ou d'autres systèmes; toutefois, un regain de la demande (par exemple, de l'Association des armateurs canadiens) a suscité un nouvel examen de la question.

4.7 TECHNOLOGIE FUTURE

Outre le GPS, la technologie du positionnement électronique continue de progresser à d'autres plans, notamment celui des systèmes radars et des systèmes par satellite.

L'utilisation de la technologie moderne du radar et du traitement des signaux pour répondre aux besoins de la navigation maritime offre des possibilités considérables, et on assistera certainement

à une intensification des travaux de développement dans ce domaine. Au cours de la période visée, des systèmes autonomes de navigation de précision par radar seront lancés. Toutefois, ces systèmes ne devraient pas influencer sur la demande à l'égard des services fédéraux actuels de radionavigation maritime, mais ils auront certainement des répercussions sur le développement futur.

Il est très difficile de prévoir l'effet du lancement de systèmes privés de radiolocalisation par satellite, tels le GEOSTAR, le STARFIX et éventuellement l'INMARSAT, sur la collectivité maritime. Dans la perspective des services de navigation, ces systèmes devront faire face à une très forte concurrence de la part du GPS, dont le service est gratuit, ou même des récepteurs convenant à la fois au GPS et au GLONASS si, comme cela semble probable, le prix de ces appareils devient de plus en plus abordable. Pour le moment, on ne croit pas que l'accessibilité à d'autres services de radiolocalisation par satellite n'ait d'effet concret sur les besoins ou la demande de services de radionavigation maritime fédéraux au cours de la période à l'étude.

L'évolution de la cartographie électronique continuera de s'accélérer. Bien qu'il ne s'agisse pas d'un système de radionavigation en soi, son intégration avec des systèmes tels que le GPS et l'intégration d'un radar de recouvrement offriront une capacité de navigation améliorée et plus sûre. Ce sera particulièrement le cas dans les eaux où la liberté de manoeuvre est limitée, si l'on suppose que les services de positionnement de précision sont offerts. Une fois que les systèmes de navigation fondés sur la cartographie électronique seront largement reconnus, ils pourraient répondre à la demande de matériel et de services de radionavigation complémentaires.

4.8

RÉSUMÉ

En établissant des prévisions, il faut se rappeler que des événements nationaux ou internationaux fortuits, qui, par définition, ne sauraient être pris en compte, peuvent à tout moment fausser les prévisions établies. Sous réserve de cette mise en garde, la situation des services de radionavigation maritime nationaux canadiens devrait, dans l'ensemble, être assez stable au cours des 15 à 20 prochaines années.

On maintiendra vraisemblablement les services LORAN-C actuels nettement au-delà de l'an 2000. En effet, bien que le gouvernement des États-Unis entende cesser de financer la station d'Angissoq (Groënland) en 1994, dans le cadre de sa politique établie depuis longtemps concernant toutes les chaînes américaines situées à l'extérieur du continent, le Canada et, on l'espère, les pays d'Europe continueront d'exploiter cette station.

À la suite d'une vaste étude du rôle modifié des radiophares dans le contexte de la navigation maritime moderne, la Garde côtière canadienne a approuvé, en décembre 1986, un nouveau Plan du service des radiophares maritimes. La mise en oeuvre de ce plan, qui rationalise le nombre et le déploiement des radiophares, est terminée depuis la fin de 1988. Par ailleurs, une certaine modération de la demande entraînera vraisemblablement une nouvelle diminution du nombre de radiophares en service au cours de la période envisagée.

Le Canada fait massivement appel aux balises radars ou RACON, et l'on s'attend à une modeste expansion de ce service au cours de la période visée.

Depuis le début des années 1970, les navigateurs ont accès au TRANSIT, système militaire américain de navigation par satellite caractérisé par un signal de positionnement périodique très précis. Or, les États-Unis entendent cesser l'exploitation de ce système d'ici à la fin de 1996, et les utilisateurs devront alors avoir converti leurs installations au GPS, qui lui succédera comme système de navigation par satellite.

Le lancement, en 1993, d'un GPS parfaitement opérationnel marquera le début d'une ère nouvelle dans la radionavigation. La navigation dans les régions non desservies par les systèmes actuels de radionavigation nationaux ouvrira la voie à la conversion au GPS. Dans les régions actuellement desservies par les systèmes nationaux, les navigateurs auront le choix entre ces systèmes et le GPS. La décision de procéder ou non à la conversion sera dictée par la reconnaissance intrinsèque du rendement du GPS, par la qualité du service existant et par le coût admissible des récepteurs du GPS. Dans ce cas, la conversion devrait se faire progressivement et les répercussions sur la demande des systèmes existants ne devraient pas se manifester avant la fin de la période visée.

La demande de services différentiels de navigation de précision à partir du GPS pourrait augmenter peu de temps après le lancement du GPS et sera alimentée par l'offre croissante de cartes électroniques. La décision de l'USCG d'implanter dans la zone maritime des États-Unis un service de DGPS qui devrait être opérationnel le 1^{er} janvier 1996 aura également des répercussions importantes sur l'utilisation du DGPS pour les besoins du positionnement de précision.

D'autres systèmes de positionnement faisant appel à un satellite, tels que les systèmes de navigation par radar de précision et par liaisons terrestres, seront également offerts aux navigateurs. Toutefois, ces systèmes ne devraient pas avoir un effet marqué sur la demande de services nationaux existants.

Compte tenu de ces prévisions, la Garde côtière canadienne devrait avoir pour objectif de continuer à fournir, de façon économique, les services de radionavigation en place, modifiés par la mise en oeuvre de programmes approuvés, tout en tenant compte de la probabilité d'une demande renouvelée, stimulée par la technologie, à l'endroit des nouveaux services de navigation de précision pendant la durée visée par le présent rapport.

CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES DE RADIONAVIGATION

A.1 INTRODUCTION

La présente section expose, en général, les caractéristiques, les possibilités et les restrictions des systèmes de radionavigation d'usage courant appliqués dans le secteur maritime. Chacun des systèmes est décrit en fonction des paramètres de rendement qui déterminent son utilisation. Voici ces paramètres :

- Caractéristiques du signal
- Précision
- Disponibilité
- Couverture
- Intégrité
- Cadence de relèvement
- Forme du relèvement
- Capacité
- Ambiguïté

A.1.1 Caractéristiques du signal

Les paramètres caractérisant le signal dans l'espace sont essentiellement son intensité, sa fréquence, ses techniques de modulation, sa cadence de transmission et toute autre donnée permettant de définir complètement le moyen par lequel un utilisateur obtient des informations pour la navigation.

A.1.2 Précision

En navigation, on appelle "précision" le degré de conformité de la position et (ou) de la vitesse mesurée ou dérivée à partir d'échantillons, d'observations ou de relevés d'un capteur de navigation, à un moment précis, avec la position ou la vitesse de référence la plus vraisemblable.

On emploiera un niveau de confiance de 95 pour cent (2 sigma) pour indiquer une précision linéaire ou unidimensionnelle, la précision d'axes orthogonaux (erreur de distance sur la route à suivre ou écart latéral, par exemple), une précision verticale ou une précision de relèvement.

Lorsqu'on indique une précision bidimensionnelle, on emploie une estimation d'incertitude de 2 drms (moyenne quadratique de distances). La mention 2 drms correspond à deux fois l'erreur radiale, définie comme l'erreur quadratique des distances de l'endroit ou du point le plus vraisemblable, estimé par la moyenne, jusqu'aux positions relevées dans un ensemble de mesures. Lorsque la distribution des erreurs n'est pas circulaire, le niveau de confiance dépend de l'allongement de l'ellipse d'erreurs. Lorsque celle-ci se confond avec une droite, le niveau de confiance de la

mesure 2 drms est voisine de 95 pour cent; par contre, plus l'ellipse d'erreurs devient circulaire, plus le niveau de confiance approche les 98 pour cent. La précision 2 drms du GPS correspond à une probabilité de 95 pour cent.

La précision d'un système de radionavigation est habituellement présentée sous forme d'une mesure statistique des erreurs du système; elle est :

- a) prévisible - Précision d'une position observée ou dérivée par rapport au système de référence des coordonnées de la Terre.
- b) répétée - Précision avec laquelle un capteur ou un récepteur de navigation peut déterminer à nouveau les coordonnées d'une position mesurée antérieurement à l'aide du même système de navigation.
- c) relative - Précision avec laquelle un capteur ou un récepteur de navigation peut mesurer la position en fonction d'un autre capteur ou récepteur du même système de navigation. En règle générale, on reconnaît que l'erreur relative suppose des mesures prélevées en même temps à des endroits différents, tandis que l'erreur répétée désigne des mesures prises au même endroit à des moments différents.

A.1.3 Disponibilité

La disponibilité d'un système de navigation s'exprime par le pourcentage de temps au cours duquel celui-ci peut être utilisé par le navigateur. Elle indique la capacité du système d'assurer un service exploitable dans une zone de couverture précisée. La disponibilité du signal indique le pourcentage de temps au cours duquel les signaux de navigation émis par des sources externes sont accessibles. Elle est fonction à la fois des caractéristiques matérielles du milieu et de la capacité technique des installations d'émission.

A.1.4 Couverture

La couverture assurée par un système de navigation correspond à la superficie ou à l'espace où les signaux ont une intensité suffisante pour que le matériel de navigation électronique fonctionne avec la précision indiquée. Elle dépend de la géométrie du système, de l'intensité du signal, de la sensibilité du récepteur, des bruits atmosphériques et d'autres facteurs qui influent sur la disponibilité du signal.

A.1.5 Cadence de relèvement

La cadence de relèvement se définit comme le nombre de relèvements ou de points distincts offerts par le système au cours d'une unité de temps.

A.1.6 Forme du relèvement

Cette caractéristique permet de savoir si le système de navigation fournit un relèvement linéaire, c'est-à-dire une ligne de position unidimensionnelle, ou un relèvement bidimensionnel ou tridimensionnel. La capacité du système de dériver une quatrième dimension, c'est-à-dire l'heure, à partir des signaux de navigation est également prise en compte.

A.1.7 Capacité

La capacité du système correspond au nombre d'utilisateurs que l'on peut servir simultanément.

A.1.8 Ambiguïté

Il y a ambiguïté lorsque le système de navigation relève deux positions possibles ou plus du récepteur à partir des mêmes mesures, sans indiquer la position qui est la plus correcte.

A.1.9 Intégrité

L'intégrité est la capacité du système de faire savoir en temps opportun aux utilisateurs qu'il ne faut pas l'employer.

A.2 LORAN-C

A.2.1 Caractéristiques du signal

Le LORAN-C est un système hyperbolique très puissant qui émet des impulsions dans la bande de 90 kHz à 110 kHz. La navigation repose sur la mesure de la différence de temps à la réception d'impulsions radiofréquences provenant d'une chaîne d'émetteurs synchronisés, éloignés les uns des autres de plusieurs centaines de milles. Les mesures de la différence de temps sont prélevées par un récepteur, qui fournit un résultat de grande précision, en comparant le passage par zéro d'un cycle radiofréquence donné de l'impulsion de la station principale à celui du cycle correspondant de l'impulsion de la station secondaire. En faisant la comparaison tôt au cours de l'impulsion, on peut s'assurer que la différence de temps est mesurée à partir de l'onde de sol, avant l'arrivée possible de l'onde ionosphérique correspondante. Afin d'éviter que l'onde ionosphérique ne fausse la mesure de la différence de temps, on modifie la phase de la porteuse d'une impulsion sur deux selon un mode prédéterminé.

Tous les récepteurs en usage à l'heure actuelle comportent un microprocesseur et peuvent convertir les mesures de différence de temps en un relevé de latitudes-longitudes plus facile à utiliser. Il en découle une série d'options de navigation par points de cheminement qui facilitent beaucoup la tâche du navigateur.

Les caractéristiques du LORAN-C sont résumés au tableau A1.

A.2.2 Précision

En deçà de la portée de l'onde de sol, le système LORAN-C peut assurer une précision prévisible d'au moins 0,25 mille marin (2 drms), quand on emploie un récepteur de qualité et un signal d'une intensité suffisante. La précision répétée et la précision relative du LORAN-C s'établissent entre 18 et 90 m.

Pour la navigation à l'aide du LORAN-C, on utilise presque exclusivement l'onde de sol. La navigation à l'aide de l'onde ionosphérique est possible, mais entraîne une grande perte de précision. Le LORAN-C a d'abord été conçu comme un système de navigation hyperbolique permettant une radiogoniométrie et une poursuite automatique à l'aide de récepteurs relativement peu coûteux.

TABLEAU A1 - CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME LORAN-C (SIGNAL DANS L'ESPACE)

SYSTÈME: LORAN-C

DESCRIPTION DU SYSTÈME:

Le LORAN-C est un système de radionavigation hyperbolique fonctionnant à 100 kHz. Le récepteur calcule des lignes de position d'après la différence de temps à la réception de signaux provenant de deux stations émettrices synchronisées, appartenant à la même chaîne. Il faut trois stations (une station principale et deux stations secondaires) pour effectuer un relèvement en mode normal. Le LORAN-C peut aussi fonctionner en mode RHO-RHO; on obtient alors un relèvement précis à l'aide de deux stations seulement. Ce mode de fonctionnement exige toutefois que la plate-forme de l'utilisateur soit équipée d'une horloge précise.

PRÉCISION			DISPONIBILITÉ	COVERTURE	CADENCE DE RELÈVEMENT	FORME DU RELÈVEMENT	CAPACITÉ	POSSIBILITÉ D'AMBIGUITÉ
PRÉVISIBLE	RÉPÉTÉE	RELATIVE						
0.25nm (460m) RSB 1:3°	60-300pi (18-90m)	60-300pi (18-90m)	99.7% *	Zones côtières d'Amérique du Nord, y compris les Grands Lacs et certaines régions du continent	Quasi continu	Bidimen- sionnel	Illimitée	Oui facilement résolue

* Triade disponible

Depuis l'adoption de normes de fréquence à grande stabilité, on peut maintenant l'employer pour la navigation à deux distances (RHO-RHO), en comparant la phase du signal reçu à un temps de référence connu pour calculer le temps de propagation et, par conséquent, la distance des stations. Ce mode de fonctionnement peut s'appliquer dans les cas où l'utilisateur se trouve à portée de réception de deux stations distinctes, mais au-delà de la zone de couverture hyperbolique qui exige la réception du signal de trois stations. Le mode de navigation RHO-RHO à l'aide du LORAN-C oblige l'utilisateur à emporter à son bord une horloge très stable et très précise. Le coût élevé de ce genre d'équipement limite l'emploi de ce mode de navigation.

A.2.3 Disponibilité

Le matériel émetteur LORAN-C est très fiable. Des émetteurs redondants permettent de diminuer les interruptions de service. La disponibilité des signaux d'une seule station émettrice LORAN-C est habituellement supérieure à 99,9 pour cent; la disponibilité d'un relèvement (c'est-à-dire la réception des signaux à partir de trois stations) est généralement supérieure à 99,7 pour cent.

A.2.4 Couverture

Le Canada a conjugué ses efforts avec ceux des États-Unis pour assurer le service LORAN-C sur la plus grande partie des zones côtières d'Amérique du Nord, y compris les Grands Lacs. Dans l'Ouest, cette couverture s'étend de la frontière mexicano-américaine jusqu'à la mer de Béring, à l'exception d'une petite zone au large de la côte du sud de l'Alaska. Dans l'Est, la couverture côtière s'étend du golfe du Mexique au sud du Labrador et vers le nord-est jusqu'à l'extrémité inférieure du Groënland.

Le système LORAN-C couvre également toute la zone des Grands Lacs. La figure A1 indique la couverture assurée par ce système en Amérique du Nord.

La Federal Aviation Administration des États-Unis a par ailleurs complété la couverture LORAN-C aux États-Unis, au centre du continent, en installant quatre stations nouvelles. Cette réalisation permet d'étendre les services offerts dans la partie sud des provinces canadiennes des Prairies.

A.2.5 Cadence de relèvement

Les relèvements que permet d'effectuer le matériel LORAN-C employé par l'utilisateur varient; cette cadence peut toutefois être rapide et se chiffrer à deux relèvements à la seconde.

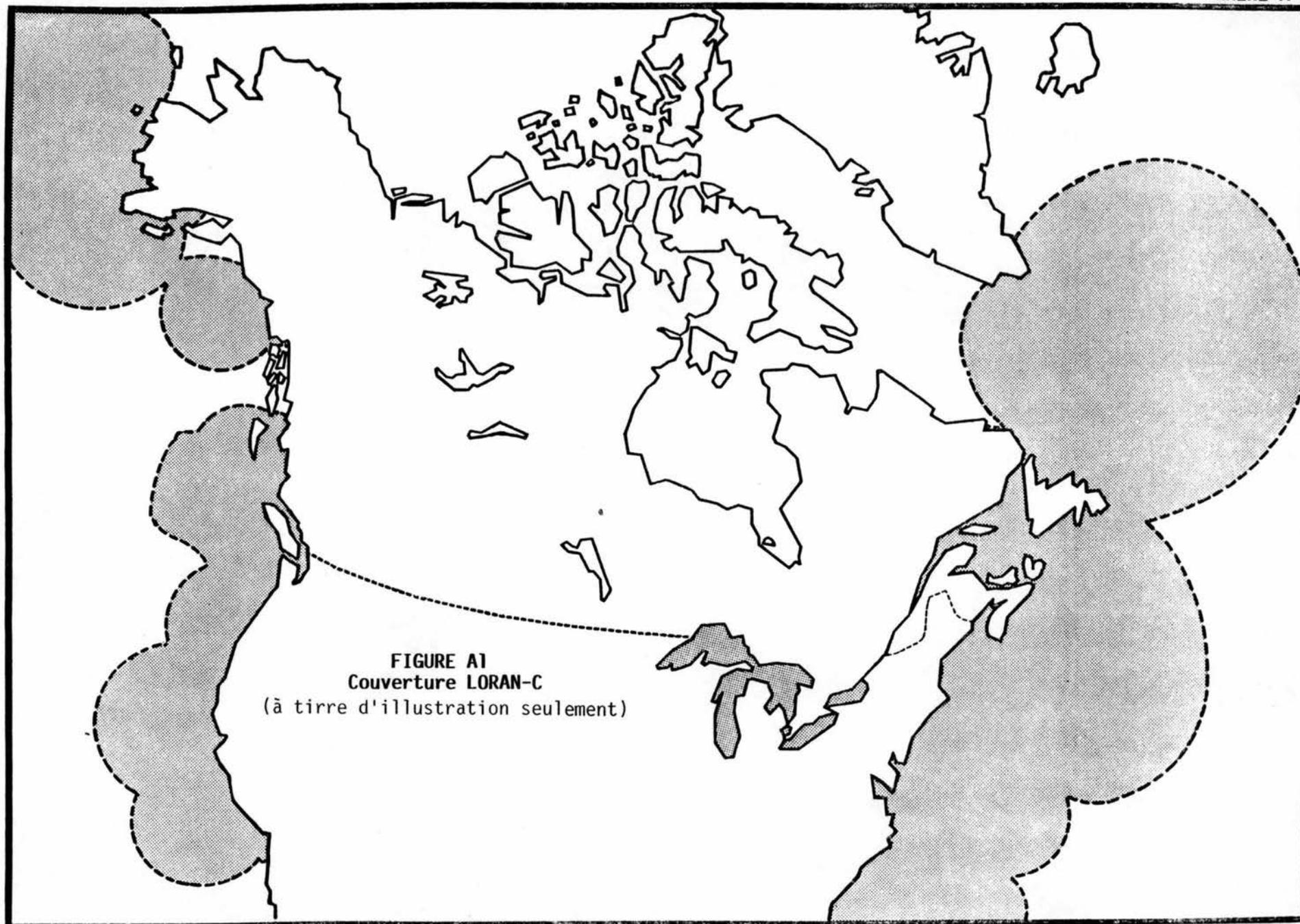


FIGURE A1
Couverture LORAN-C
(à titre d'illustration seulement)

A.2.6 Forme du relèvement

Le LORAN-C fournit deux lignes de position ou plus pour permettre un relèvement bidimensionnel.

A.2.7 Capacité

Le nombre de récepteurs qui peuvent utiliser le LORAN-C simultanément est illimité.

A.2.8 Ambiguïté

Comme dans le cas de tous les systèmes hyperboliques, les lignes de position peuvent théoriquement se croiser à plus d'un endroit sur la Terre. Toutefois, étant donné la conception de la zone de couverture, tout relèvement ambigu se produit habituellement à une grande distance du relèvement désiré et est facilement résolu.

A.2.9 Intégrité

Les stations LORAN-C sont sous surveillance constante. Cette précaution permet de détecter toute anomalie du signal susceptible de rendre le système inutilisable pour les besoins de la navigation. Les stations secondaires se mettent à "clignoter" pour faire savoir à l'utilisateur qu'un ensemble station principale - station secondaire est devenu inutilisable. Le "clignotement" débute moins de soixante secondes après l'anomalie. On compte ramener ce délai à 10 secondes pour les utilisateurs du secteur de l'aviation.

A.3 RADIOPHARES MARITIMES

Les radiophares sont des stations radioémettrices fournissant des signaux non directionnels à basse fréquence (BF) ou à moyenne fréquence (MF) pour assurer la propagation d'ondes de sol à destination des récepteurs radiogoniométriques des navires. Les radiogoniomètres embarqués calculent ensuite le relèvement des émetteurs par rapport au cap du navire. Les caractéristiques des radiophares sont résumées au tableau A2.

A.3.1 Caractéristiques du signal

Les radiophares fonctionnent dans la bande de 285 kHz à 400 kHz. Leurs émissions consistent en une onde entretenue codée ou modulée permettant de les identifier. L'onde entretenue codée est produite par la modulation d'une porteuse unique par une tonalité de 400 Hz ou de 1 020 Hz pour l'identification en code Morse. L'onde entretenue modulée s'obtient par l'émission de deux porteuses espacées de 400 Hz ou de 1 020 Hz et la manipulation de la porteuse supérieure afin d'assurer l'identification en code Morse. La puissance de sortie est fonction de la couverture à assurer. Les radiophares d'atterrissage ont habituellement une portée de 100 à 200 milles marins, leur signal étant d'une intensité égale ou supérieure à 50 uV/m. Les phares de radorallieement ont une portée de 15 à 100 milles marins, leur signal étant d'une intensité minimale de 50 uV/m.

A.3.2 Précision

La précision de la position dérivée de l'intersection des relèvements est fonction de considérations géométriques, de la précision du cap compas, de celle de la mesure, de la distance de l'émetteur, de la stabilité du signal, de la nature du terrain entre le radiophare et le navire, de l'étalonnage du récepteur radiogoniométrique embarqué et du bruit radioélectrique. Dans la pratique, la précision du relèvement est de l'ordre de 3 à 10 degrés (2 sigma). Comme la plupart des récepteurs radiogoniométriques s'accordent sur plusieurs bandes de fréquences, les émissions de sources connues, comme celles de stations de radiodiffusion MA, peuvent aussi servir à calculer le relèvement. Les effets côtiers représentent des erreurs considérables qui découlent de distorsions de la propagation des émissions radio en raison d'un relief accidenté et (ou) de la réfraction des signaux frappant les rives à un angle inférieur à 30°. On vérifie la couverture et les effets côtiers de tous les radiophares et on communique aux intéressés les erreurs auxquelles ils peuvent s'attendre.

TABLEAU A2 - CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME DE RADIOPHARES MARITIMES (SIGNAL DANS L'ESPACE)

SYSTÈME: RADIOPHARES MARITIMES

DESCRIPTION DU SYSTÈME: Les radiophares maritimes servent à repérer l'entrée des ports et ils constituent également un moyen de navigation peu coûteux dans les régions côtières.

PRÉCISION			DISPONIBILITÉ	COVERTURE	CADENCE DE RELÈVEMENT	FORME DU RELÈVEMENT	CAPACITÉ	POSSIBILITÉ D'AMBIGUITÉ
PRÉVISIBLE	RÉPÉTÉE	RELATIVE						
Maritime 3° - 10°	S/O	S/O	98%	Jusqu'à 200nm	Continu	Une ligne de position par phare	Illimitée	Une forte possibilité de relèvement réciproque, lorsqu'il n'y a pas d'an- tenne de lever de route

A.3.3 Disponibilité

Les signaux des radiophares nationaux sont en moyenne disponibles pendant plus de 98 pour cent des heures d'exploitation annoncées pour ces appareils.

A.3.4 Couverture

La couverture assurée en eaux canadiennes par les radiophares est représentée à la figure A2.

A.3.5 Cadence de relèvement

Chaque radiophare fournit en continu une ligne de position ou un gisement.

A.3.6 Forme du relèvement

En règle générale, chaque radiophare ne fournit qu'une ligne de position. On peut faire le point bidimensionnel quand on se trouve à portée de deux radiophares ou plus.

A.3.7 Capacité

Le nombre de récepteurs que l'on peut utiliser simultanément est illimité.

A.3.8 Ambiguïté

La seule ambiguïté possible dans le cas du système de radiophares tient au récepteur embarqué, qui peut produire un relèvement réciproque s'il n'est pas équipé d'une antenne de lever de doute pour déterminer l'orientation.

A.3.9 Intégrité

Les radiophares font l'objet d'une surveillance continue ou périodique, selon la configuration de l'équipement. Les pannes sont communiquées aux intéressés dans l'"Avis à la navigation". Les pannes de longue durée sont annoncées à la fois dans l'"Avis à la navigation" et dans l'"Avis aux navigateurs".

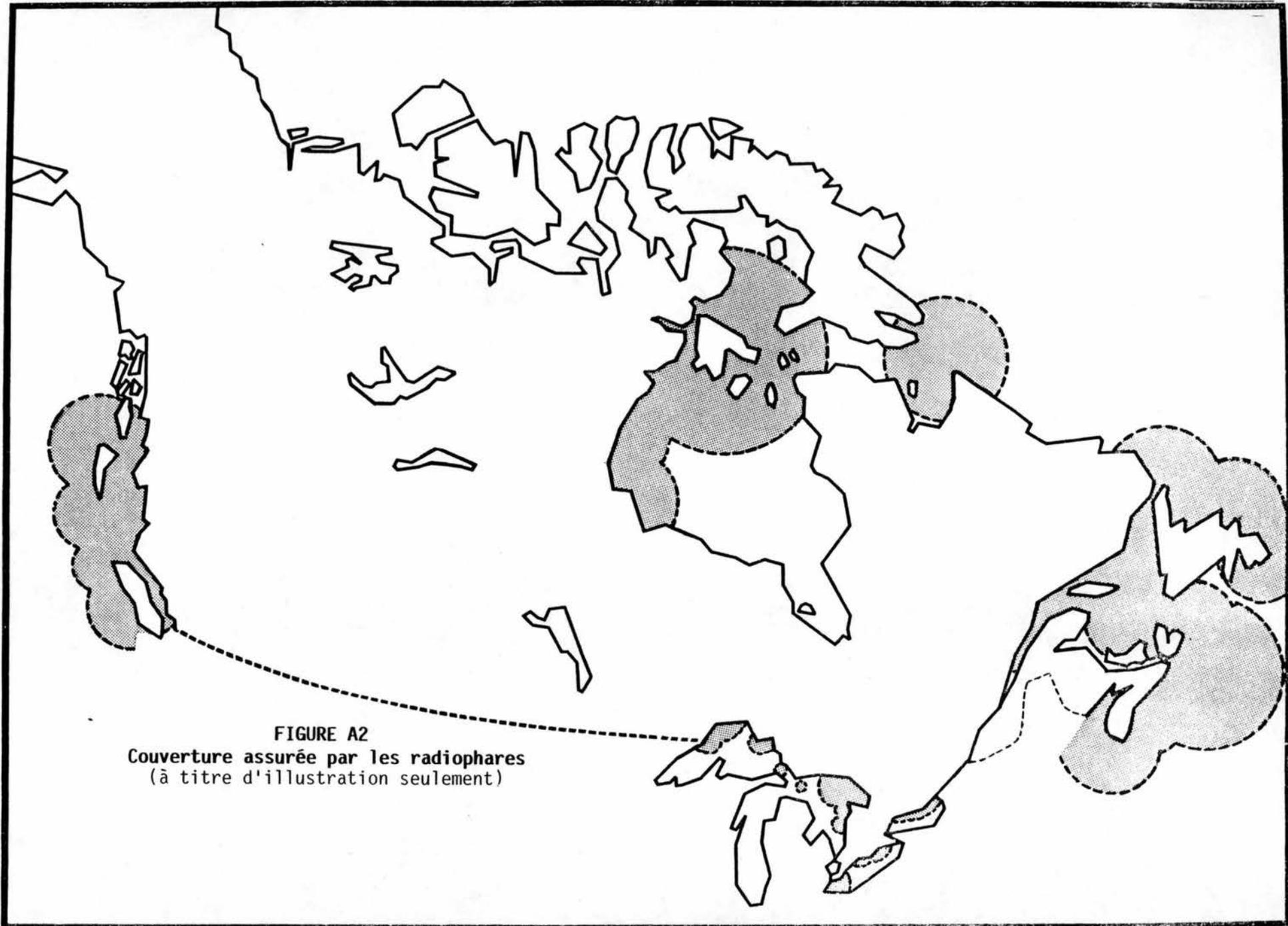


FIGURE A2
Couverture assurée par les radiophares
(à titre d'illustration seulement)

A.4 RACON

Le RACON est un dispositif installé à un endroit particulier, comme une bouée de navigation, un atterrissage, la culée d'un pont, etc., et qui répond à la réception des signaux radars d'un navire en émettant un signal codé indiquant sa propre position. Il est destiné à faciliter la navigation radar à proximité de la terre ferme et dans les chenaux étroits.

A.4.1 Caractéristiques du signal

Grâce à sa double bande agile en fréquence, le RACON peut répondre à des signaux radars, émis en bande X ou en bande S, de 9 320 MHz à 9 500 MHz, ou de 2 920 MHz à 3 100 MHz respectivement. Lorsque le RACON reçoit une impulsion radar, il répond par un signal codé à la même fréquence, avec un degré élevé de précision et dans un très court délai. Le signal de réponse codé est supérieur à une puissance de sortie de 500 milliwatts pour le fonctionnement des bandes X/S avec des signaux parasites supérieurs à 80 dB en deça de la porteuse. Les caractéristiques du RACON sont énoncées dans les détails au tableau A3.

A.4.2 Précision

Dans le cas de la navigation au radar dans les eaux confinées, la précision de la position établie à l'aide d'un RACON varie approximativement entre 25 et 75 mètres (selon le temps de réponse et les caractéristiques techniques et opérationnelles des divers types de systèmes de radar de navigation). Un signal codé clair provenant d'un RACON apporte au navigateur un relèvement précis et une distance par rapport au RACON, ce qui lui permet d'établir une position précise. Dans un proche avenir, les techniques de décalage de fréquence permettront d'améliorer la précision du RACON dans le calcul de la position.

A.4.3 Disponibilité

La disponibilité du signal est supérieure à 99,9 pour cent pour chaque RACON; elle peut cependant être inférieure dans les endroits très éloignés.

A.4.4 Couverture

Le rayon de couverture s'étend de 10 à 40 milles marins, selon la hauteur de l'antenne, les caractéristiques techniques du radar embarqué et les conditions de propagation du signal radar.

La couverture géographique en eaux canadiennes s'établit à peu près comme suit :

- détroit de Juan de Fuca et détroit de Géorgie;
- Prince Rupert;
- baie de Mackenzie et cap Dalhousie;
- golfe Reine-Maude;
- lac Winnipeg;
- détroit d'Hudson;

TABLEAU A3 - CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME RACON

SYSTÈME: RACON

DESCRIPTION DU SYSTÈME:

Les RACONS sont des répondeurs fonctionnant en bande X/S et agiles en fréquence ils sont installés dans des endroits où ils peuvent d'améliorer la navigation par radar dans les eaux

PRÉCISION			DISPONIBILITÉ	COVERTURE	CADENCE DE RELÈVEMENT	FORME DU RELÈVEMENT	CAPACITÉ	POSSIBILITÉ D'AMBIGUITÉ
PRÉVISIBLE	RÉPÉTÉE	RELATIVE						
S/O	S/O	25 - 75m	Supérieure à 99% *	Étendue dans le eaux côtières et intérieures canadiennes (voir le texte)	2 minutes (modèle SS) Une fois par balayage modèle (RAF)	Bidimen- sionnel	Selon le modèle	Aucune

* Par RACON

- partie supérieure de la baie d'Hudson;
- partie inférieure de la baie James;
- baie d'Ungava;
- certaines régions des Grands Lacs;
- fleuve Saint-Laurent;
- parties de la baie de Fundy et sud-ouest de la Nouvelle-Écosse;
- port d'Halifax; et
- certaines régions de Terre-Neuve et du Labrador.

A.4.5 Cadence de relèvement

L'intervalle de relèvement est de deux minutes dans le cas du RACON à basse vitesse de balayage; il est quasiment nul dans le cas du RACON agile en fréquence, le relèvement étant alors pratiquement instantané.

Le radar interrogateur n'impose aucune restriction, sauf celle de son taux de répétition de l'impulsion qui, parce qu'elle varie de 500 à 4 000 impulsions par seconde, est trop élevée pour constituer une restriction véritable.

A.4.6 Forme du relèvement

Le RACON permet un relèvement bidimensionnel de sa propre position par rapport au radar embarqué.

A.4.7 Capacité

En pratique, aucune limite n'est imposée à la capacité des RACON à basse vitesse de balayage; cependant, le modèle agile en fréquence est limité à 100 navires environ, étant donné le perfectionnement de la technique de suppression des lobes latéraux employés.

A.4.8 Ambiguïté

Le relèvement obtenu à l'aide d'un RACON n'est pas ambigu.

A.4.9 Intégrité

Les émissions RACON sont d'une très grande intégrité pour les distances annoncées; toutefois, le RACON n'émet aucun avertissement de panne.

A.5 OMEGA

OMEGA est un système de radionavigation à très basse fréquence et à grande portée, conçu pour assurer une couverture continue à l'échelle mondiale. Mis au point aux États-Unis à des fins militaires, il est aujourd'hui utilisé massivement par la collectivité de la navigation civile pour les activités hauturières. Le système est exploité à l'échelle internationale par sept pays ayant sur leur territoire des émetteurs OMEGA contrôlés par la Garde côtière américaine.

A.5.1 Caractéristiques du signal

Le système OMEGA compare la phase de l'onde entretenue des signaux d'horloge précis de trois stations ou plus pour produire un relèvement indiquant la latitude et la longitude du récepteur. Les stations émettent des signaux à quatre fréquences : 10,2 kHz, 11,33 kHz, 13,6 kHz et 11,05 kHz. Outre le signal émis à ces fréquences communes, chaque station produit à une fréquence unique un signal qui permet de la repérer et d'accroître le rendement du récepteur.

Les signaux des huit stations OMEGA ne sont pas émis simultanément à la même fréquence. Les émissions s'effectuent en temps partagé de façon que le récepteur puisse reconnaître un signal particulier. Les caractéristiques du système OMEGA sont résumées au tableau A4.

A.5.2 Précision

La précision inhérente du système OMEGA est limitée par celle des corrections d'erreur de propagation à appliquer aux divers relevés du récepteur. Ces corrections peuvent être tirées de tables de prévisions ou calculées automatiquement par les récepteurs informatisés. Le système a été conçu pour assurer une précision prévisible de 2 à 4 milles marins (2 drms). Cette précision dépend du lieu, des paires de stations utilisées, du moment de la journée et de la validité des corrections d'erreur. Les tables de correction de la propagation sont fondées sur la théorie, les corrections étant modifiées en fonction des données recueillies au cours de longues périodes d'observation dans les zones délimitées.

TABLEAU A4 - CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME OMEGA

SYSTÈME: OMEGA

DESCRIPTION DU SYSTÈME: OMEGA est un système de radionavigation hyperbolique à très basse fréquence (10 kHz-14 kHz), comportant huit stations émettrices en exploitation. Le relèvement s'obtient par la mesure de l'écart de phase relatif des signaux OMEGA reçus. Le système est multinational: il est exploité par sept pays, la Garde côtière américaine en contrôlant le fonctionnement quotidien.

PRÉCISION			DISPONIBILITÉ	COVERTURE	CADENCE DE RELÈVEMENT	FORME DU RELÈVEMENT	CAPACITÉ	POSSIBILITÉ D'AMBIGUITÉ
PRÉVISIBLE	RÉPÉTÉE	RELATIVE						
2-4nm (3,7-7,4km)	2-4nm (3,7-7,4km)	0,25-0,5nm (463-926m)	97% *	Continue à l'échelle mondiale	1 relèvement/ 10 secondes	Bidimen- sionnel	Illimitée	Nécessite connaissance de la position à l'intérieur du couloir **

- * Disponibilité du signal de trois stations de façon concomitante
- ** Récepteur à trois fréquences (10,2, 11,33 et 13,6 kHz)
Couloir de 36 milles marins

Le système OMEGA peut fonctionner en mode hyperbolique (mesure de l'écart de phase), en mode RHO-RHO-RHO (mesure directe de la phase des signaux de trois stations) ou en mode RHO-RHO (mesure directe de la phase des signaux de deux stations). En mode RHO-RHO, le récepteur doit être équipé d'un oscillateur (horloge) très précis pour donner des résultats exacts, ce qui n'est pas nécessaire dans les deux autres cas. En mode hyperbolique, il faut insérer la position initiale avec une certaine précision déterminée par la ou les fréquences utilisées par le récepteur. Le logiciel calcule alors la position réelle. Dans les deux autres cas, on doit introduire la position initiale avec exactitude, puisque toute erreur initiale est conservée et que les erreurs qui en découlent sont cumulatives.

A.5.3 Disponibilité

À l'exception de rares interruptions prévues pour l'entretien, la disponibilité du système OMEGA est supérieure à 99 pour cent par an pour chaque station et à 95 pour cent pour trois stations. On évalue à l'heure actuelle l'exécution de la maintenance des tours sans en interrompre le fonctionnement. Si ces méthodes de maintenance sont jugées viables, on pourra accroître la disponibilité des émetteurs en conséquence. La disponibilité annuelle du système a jusqu'ici été supérieure à 97 pour cent, y compris les interruptions prévues.

A.5.4 Couverture

Le système OMEGA est conçu pour assurer une couverture mondiale et son fonctionnement est limité dans certaines régions à cause de phénomènes locaux comme l'absorption attribuable à la calotte polaire.

A.5.5 Cadence de relèvement

Le système OMEGA assure des relèvements de position distincts à raison d'une fois toutes les dix secondes.

A.5.6 Forme du relèvement

Le système OMEGA fournit deux lignes de position (LP) ou plus pour assurer un relèvement bidimensionnel.

A.5.7 Capacité

Le nombre de récepteurs que l'on peut utiliser simultanément est illimité.

A.5.8 Ambiguïté

En mode hyperbolique, il y a ambiguïté des lignes de position, puisqu'il y a plusieurs lignes affichant le même écart de phase à l'intérieur d'une même zone de couverture. Les espaces entre ces lignes sont des "couloirs", dont la largeur dépend de la ou des fréquences utilisées par le récepteur. Ainsi, un récepteur fonctionnant uniquement à la fréquence de 10,2 kHz aurait un couloir de 8 milles marins de largeur, tandis qu'un récepteur fonctionnant à quatre fréquences pourrait avoir un couloir de 288 milles marins. La position initiale du récepteur doit être indiquée à la largeur de son couloir près. Le récepteur OMEGA relève sa position en comptant le nombre de couloirs traversés à partir du point initial et déterminant sa position à l'intérieur d'un couloir. Ce compte peut être faussé par des pannes d'alimentation du récepteur, des modifications de la propagation du signal à l'approche du coucher ou du lever du soleil dans la région, ainsi que d'autres facteurs de propagation. Par conséquent, il est essentiel de continuer à faire le point à l'estime ou de faire un relèvement au moyen d'autres installations de navigation pour les comparer à la position obtenue par le système OMEGA afin de repérer et de corriger les ambiguïtés causées par le "saut de couloir".

A.5.9 Intégrité

Les émissions OMEGA sont surveillées constamment, afin qu'on puisse détecter les défauts du signal susceptibles de modifier la zone de couverture utilisable. Des avis d'urgence sont fournis en moins de 24 heures par l'OMEGA Navigation System Center pour indiquer les changements d'état imprévus (puissance réduite, pannes, anomalie de la calotte polaire, etc.). Ces avis sont distribués par le National Bureau of Standards (annonces WWV/WWVH) et sous forme de Broadcast Notice to Mariners, de messages HYDROLANT/HYDROPAC et de messages téléphoniques enregistrés. Les interruptions prévues sont annoncées dans les éditions hebdomadaires des OMEGA Status Advisory Messages et des Notice to Mariners.

A.6 TRANSIT

TRANSIT est un système de radionavigation et de radiopositionnement par satellite constitué de sept satellites sur orbite polaire de 960 km environ. La mise en place des satellites est délibérément étalée, de façon à réduire au minimum, pour les utilisateurs, le délai écoulé entre les relèvements. Le système TRANSIT comporte en outre quatre stations de contrôle au sol. Ces stations suivent chaque satellite, pendant qu'il est en vue, et fournissent les données de poursuite nécessaires pour mettre à jour toutes les 12 heures les paramètres de l'orbite des satellites.

A.6.1 Caractéristiques du signal

Les satellites diffusent des éphémérides en continu à l'aide de porteuses de 150 MHz et 400 MHz. Un récepteur mesure les effets Doppler successifs ou les écarts de fréquence apparents du signal porteur, à mesure que le satellite s'approche et passe au-delà de la station de l'utilisateur. Il établit ensuite la position géographique de l'utilisateur d'après les données transmises par les satellites concernant sa propre position et les données obtenues concernant le décalage Doppler du signal du satellite. Il faut une seule fréquence pour déterminer la position; toutefois, en utilisant deux fréquences, on peut réaliser une précision supérieure. Les caractéristiques du système TRANSIT sont résumées dans le tableau A5.

A.6.2 Précision

La précision des calculs de navigation est largement tributaire de l'exactitude avec laquelle on connaît la route, la vitesse et l'heure du navire. Les précisions indiquées ci-après supposent des conditions optimales. La précision prévisible du positionnement est de 500 mètres dans le cas d'un récepteur à fréquence unique et de 25 mètres dans le cas d'un récepteur à deux fréquences. La précision répétée du positionnement est de 50 mètres dans le cas d'un récepteur à fréquence unique et de 15 mètres dans le cas d'un récepteur à deux fréquences. On a par ailleurs pu calculer des positions à moins de 10 mètres près (précision relative) en faisant appel à des techniques de translocation.

A.6.3 Disponibilité

La disponibilité du signal est de 99 pour cent lorsqu'un satellite TRANSIT est en vue. Elle dépend de la latitude de l'utilisateur, de l'angle du masque d'antenne, des manoeuvres de l'utilisateur pendant le passage du satellite, du nombre de satellites en exploitation et de la configuration du réseau de satellites.

TABLEAU A5 - CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME TRANSIT (SIGNAL DANS L'ESPACE)

SYSTÈME: TRANSIT

DESCRIPTION DU SYSTÈME:

Le système TRANSIT comprend en un minimum de sept satellites à basse altitude sur orbite polaire. Les satellites diffusent des données à des fréquences de 150 MHz et 400 MHz. Un récepteur mesure le décalage de fréquence apparent des signaux (effet Doppler), à mesure que les satellites approchent de lieu de l'utilisateur et dé passent. Le récepteur calcule ensuite la position géographique de l'utilisateur, d'après la position connue du satellite et des corrections tirées du signal émis. Il faut connaître avec exactitude la vitesse et l'heure de l'utilisateur.

PRÉCISION			DISPONIBILITÉ	COVERTURE	CADENCE DE RELÈVEMENT	FORME DU RELÈVEMENT	CAPACITÉ	POSSIBILITÉ D'AMBIGUITÉ
PRÉVISIBLE	RÉPÉTÉE	RELATIVE						
Deux fré- quences: 25m Une fré- quence 500m	15m 50m	En deçà de 10 mètres grâce à la transloca- tion	99%, lorsque le satellite est en vue	Monidiale, non con- tinue	Varie selon la latitude: 30 min à 80° lat. et 100 min au- dessus de l'équateur	Bidimen- sionnel	Illimitée	Aucune

A.6.4 Couverture

La couverture du système est mondiale, sans toutefois être continue, étant donné l'altitude relativement faible des satellites TRANSIT et la précession des orbites des satellites.

A.6.5 Cadence de relèvement

La cadence de relèvement varie selon la latitude; en théorie, elle varie de 110 minutes en moyenne au-dessus de l'équateur à 30 minutes environ à 80 degrés de latitude. Aujourd'hui, l'espacement orbital est plus uniforme que par le passé, ce qui réduit au minimum les longs intervalles occasionnels qui se produisaient entre les relèvements de position des satellites.

A.6.6 Forme du relèvement

Les satellites TRANSIT assurent un relèvement bidimensionnel.

A.6.7 Capacité

Le nombre de récepteurs qui peuvent utiliser les satellites TRANSIT est illimité.

A.6.8 Ambiguïté

Les relèvements effectués à l'aide du système TRANSIT ne présentent aucune ambiguïté.

A.6.9 Intégrité

Les signaux des satellites TRANSIT sont surveillés par le Naval Astronautics Group (NAG), à Point Mugu (Californie); ce centre sert d'installation de commande au sol du réseau de satellites. Lorsque le signal de navigation transmis par satellite ne respecte pas les tolérances établies ou, pour une raison quelconque, ne convient pas à la navigation, le NAG diffuse un avertissement "SPATRAK" parmi tous les utilisateurs connus du système TRANSIT de la marine américaine, en en transmet une copie à la Defence Mapping Agency (DMA), à titre d'information. La DMA s'assure alors d'introduire l'avertissement dans le système de diffusion des Notice to Mariners en prévision de sa distribution aux utilisateurs civils. La même démarche permet de faire connaître les moments où l'on prévoit exécuter des essais ou des travaux de maintenance préventive sur des satellites désignés. Les récepteurs TRANSIT ne sont pas en mesure de contrôler l'intégrité du signal de navigation; ils peuvent simplement reconnaître et rejeter le signal brouillé diffusé par des satellites désignés au cours de certains essais du système effectués par le NAG.

A.7

SYSTÈME DE POSITIONNEMENT DE COUVERTURE MONDIALE (GPS)

Le GPS est un système spatial indicateur de position, de vitesse et d'heure appartenant au ministère de la Défense des États-Unis et qui comporte trois segments importants, soit les segments spatial, de commande et utilisateur. Lorsqu'il sera parfaitement opérationnel, le segment spatial du GPS sera constitué de 21 satellites (ainsi que de trois satellites de rechange opérationnels) disposés sur six plans orbitaux. Les satellites sont placés sur des orbites circulaires de 20 200 km (10 900 mm) à un angle d'inclinaison de 55 degrés selon une période de 12 heures. L'espacement entre les satellites en orbite fera en sorte qu'un minimum de cinq satellites seront visibles pour les utilisateurs du monde entier, avec une diminution de la précision de position (PDOP) de six ou moins. Chaque satellite émet sur deux bandes L de fréquence, L1 (1 575,42 MHz) et L2 (1 227,6 MHz). La bande L1 porte un code précis P et un code d'acquisition approximative (C/A). La bande L2 porte le code P. Un message de données se superpose à ces codes. Le même message de données de navigation est émis sur les deux fréquences.

Le segment de commande comprend cinq stations de contrôle, trois antennes au sol et une station principale de commande (SPC). Les stations de contrôle suivent passivement la trajectoire de tous les satellites en vue, en cumulant des données sur la distance. Cette information est traitée à la station principale afin de déterminer les orbites des satellites et de mettre à jour le message de navigation de chaque satellite. L'information mise à jour est transmise à chaque satellite au moyen des antennes terrestres.

Le segment utilisateur se compose d'antennes et de récepteurs-processeurs qui fournissent à l'utilisateur la position, la vitesse et l'heure précise.

A.7.1

Caractéristiques du signal

Le principe du GPS suppose une connaissance précise et constante du temps et de la distance entre la position spatiale de chaque satellite utilisable et la station de l'utilisateur. Chaque satellite émet ses propres éphémérides. Ces données sont mises à jour périodiquement par la station principale de commande, qui emploie à cette fin les renseignements fournis par cinq stations de contrôle très dispersées.

Chaque satellite émet en continu un signal composite à spectre étalé aux fréquences 1 227,6 MHz et 1 575,42 MHz. Le récepteur GPS effectue des mesures du temps de réception des signaux de satellite afin d'obtenir la distance entre l'utilisateur et les satellites. Les calculs de distance, ainsi que les données sur la vitesse de

TABLEAU A6 - CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME DE POSITIONNEMENT À COUVERTURE MONDIALE NAVSTAR (GPS)

SYSTÈME: SYSTÈME DE POSITIONNEMENT DE COUVERTURE MONDIALE NAVSTAR (GPS)

DESCRIPTION DU SYSTÈME: Ce système de radionavigation et de radiopositionnement par satellite assurera un positionnement tridimensionnel précis, le calcul de la vitesse et l'heure aux utilisateurs ayant le matériel voulu, partout à la surface de la Terre ou dans son environnement immédiat. Le secteur spatial sera constitué de 21 satellites en exploitation et de trois satellites de réserve sur orbite de 12 heures. Chaque satellite émettra des données de navigation et des signaux horaires à 1 575,4 MHz et 1 227,6 MHz

PRÉCISION			DISPONIBILITÉ	COUVERTURE	CADENCE DE RELÈVEMENT	FORME DU RELÈVEMENT	CAPACITÉ	POSSIBILITÉ D'AMBIGUITÉ
PRÉVISIBLE	RÉPÉTÉE	RELATIVE						
PPS*			Devrait s'approcher de 98%	Mondiale et continue	Essentiel- lement continu	Tridimen- sionnel + vitesse + heure +	Illimitée	Aucune
Hor.-17,8m Vert.-21,7m	Hor.-17,8m Vert.-27,7m	Hor.-7,6m Vert.-11,7m						
Temps-90ns								
SPS			Probabilité de 98% que le réseau de 21 satellites soit disponible					
Hor.-100m Vert.-156m	Hor.-100m Vert.-156m	Hor.-28,4m Vert.-44,5m						
Temps-175ns								

* Pour les Forces armées américaines et alliées, le gouvernement des États-Unis et des utilisateurs civils désignés expressément approuvés par le gouvernement américain.

distance, sont combinées à l'heure du système de rendement et à la position tridimensionnelle et à la vitesse de l'utilisateur, en ce qui a trait au système de satellites. Un facteur de coordination du temps assure alors la liaison entre le système de satellites et les coordonnées terrestres. Les caractéristiques du GPS sont résumées dans le tableau A6.

A.7.2 Précision

Le GPS offre deux services de calcul de la position : le SPS et le PPS. La précision du relèvement GPS varie selon la capacité de l'équipement de l'utilisateur.

1. Service de positionnement standard (SPS)

Le SPS est le service standard spécifié de précision dans la position, la vitesse et l'heure; ce service est offert, sans réserve ni restriction, à tout utilisateur dans le monde entier, de façon continue. La précision de service sera établie par le ministère de la Défense des États-Unis, en fonction des impératifs de sécurité de ce pays. Une fois que le GPS sera déclaré opérationnel, le MDÉU prévoit d'assurer quotidiennement, pour n'importe quelle position à la grandeur du globe, une précision de positionnement de 100 mètres (2 drms), ou mieux, horizontalement, et de 300 mètres, avec une probabilité de 99,99 pour cent.

2. Service de positionnement de précision (PPS)

Le PPS est le service d'information continu sur le positionnement, la vitesse et l'heure le plus précis dans le monde entier; il est offert à partir du GPS. Ce service sera réservé aux utilisateurs militaires autorisés des États-Unis et aux gouvernements alliés, ainsi qu'aux utilisateurs civils qui peuvent satisfaire aux exigences des États-Unis. L'accès au PPS sera refusé aux utilisateurs non autorisés en faisant appel à la cryptographie. L'équipement des utilisateurs militaires autorisés pour le code P offrira une précision de position prévisible d'au moins 17,8 mètres (2 drms) horizontalement, et de 27,7 mètres (2 sigmas) verticalement. La précision de l'heure et de l'intervalle de temps, se situera à moins de 100 nanosecondes (1 sigma).

A.7.3 Disponibilité

On prévoit que le GPS aura une disponibilité voisine de 100 pour cent, étant donné la constellation de 21 satellites et les trois satellites de rechange sur orbite, quatre des satellites étant en vue au-dessus d'un angle de masque de cinq degrés. La probabilité de disponibilité des 21 satellites du réseau devrait être de l'ordre de 98 pour cent.

A.7.4 Couverture

Le système GPS assurera une couverture mondiale continue à la surface de la Terre, dans l'atmosphère et dans l'espace. La couverture à faible altitude peut être interrompue par l'effet d'ombre causé par un relief accidenté.

A.7.5 Cadence de relèvement

Le relèvement est essentiellement continu. Le délai nécessaire au premier relèvement dépend de la capacité du matériel employé par l'utilisateur et de la géométrie satellites-utilisateur du moment.

A.7.6 Forme du relèvement

Le GPS assure un positionnement tridimensionnel, ainsi qu'une indication de la vitesse et une mention de l'heure très précise.

A.7.7 Capacité

Le nombre de récepteurs qui peuvent utiliser les données des satellites du GPS est illimité.

A.7.8 Ambiguïté

Les relèvements effectués à l'aide du GPS ne comportent aucune ambiguïté.

A.7.9 Intégrité

Les satellites GPS seront surveillés pendant plus de 95 pour cent du temps par un réseau de cinq stations de contrôle, dispersées dans le monde entier. Les données recueillies par ces stations seront traitées par la station principale de commande à Colorado Springs (Colorado) et serviront à mettre à jour périodiquement le message à la navigation (y compris un message d'état) transmis par chaque satellite. Le message concernant l'état du satellite, qui n'est pas modifié entre les mises à jour des messages à la navigation, est transmis aux utilisateurs du PPS et du SPS dans le cadre des messages GPS à la navigation qui leur sont destinés. Des dispositifs placés à bord des satellites mêmes surveillent les paramètres de fonctionnement de ces derniers, comme les erreurs des données de navigation, la disponibilité du signal, les défaillances du système anti-déception et certains types de pannes de l'horloge embarquée. Les utilisateurs sont au courant des défaillances internes de l'équipement satellisé moins de six secondes après qu'elles se sont produites. Il faut cependant, parfois, de quinze minutes à plusieurs heures pour corriger les autres pannes que seul le segment de commande peut détecter.

BIBLIOGRAPHIE

1. Report of the Electronic Marine Navigation Systems Study Team - TP 579 - janvier 1977.
2. Acte de l'Amérique du Nord britannique - 1867.
3. Loi sur le ministère des Transports - révisée 1984.
4. Loi nationale sur les transports - 1988.
5. Loi sur la marine marchande du Canada - révisée 1988.
6. Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques - révisée 1984.
7. Règlement sur les appareils et le matériel de navigation - 1^{er} septembre 1984.
8. Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer.
9. Échange de notes entre le gouvernement du Canada et le gouvernement des États-Unis concernant l'établissement, l'entretien et l'exploitation d'une station d'émission LORAN-C à Williams Lake (C.-B.) - 3 juin 1976.
10. Échange de notes entre le gouvernement du Canada et le gouvernement des États-Unis constituant un accord prévoyant l'établissement d'une station LORAN-C à proximité de Port Hardy sur l'île de Vancouver (C.-B.) - 29 mars 1979.
11. Échange de notes entre le gouvernement du Canada et le gouvernement des États-Unis remplaçant l'accord du 16 septembre 1964 concernant la construction, l'utilisation et l'entretien des stations LORAN-C de Terre-Neuve - 3 mai 1984.
12. Échange de notes entre le gouvernement du Canada et le gouvernement des États-Unis constituant l'accord concernant l'établissement, l'entretien et l'exploitation de quatre stations de surveillance du système de navigation OMEGA au Canada - 26 juillet 1978.
13. Memorandum of Understanding Between Canada and the United States Concerning the Coordination of Marine Radio Beacons - 22 août 1962.
14. Memorandum of Understanding Between Air Administration and Marine Administration for the Provision, Installation, Maintenance and Operation of Shared Marine/Air Radio Beacons - 22 mars 1985.
15. Niveaux de service - Aides à la navigation à grande portée première ébauche - 11 janvier 1991.

16. Niveaux de service - Aides à la navigation à faible portée - 15 octobre 1990.
17. Plan du service de radiophares maritimes - préparé par le Comité consultatif sur les radiophares - 1^{er} décembre 1986.
18. An Agreement Between the Department of Transport and the Department of National Defence Regarding the Control of Aids to Navigation in a National Emergency (CONFIDENTIEL) - 27 juin 1983.
19. Le Plan de contrôle de la circulation aérienne et des aides à la navigation aérienne aux fins de la sécurité nationale - 1^{er} décembre 1987.
20. United States Federal Radionavigation Plan - DOT - TSC - RSPA - 90-3 mars 1990.
21. Status Report - Potential of OMEGA and Differential OMEGA for Marine Use in the Arctic - TP 6237E - février 1985.
22. Summary of a Study on the Use of the Global Positioning System for Navigation Buoy Positioning - TP 7014E - octobre 1985.
23. Développement du système NAVSTAR/GPS - Comité interne des télécommunications et de l'électronique - TP 9183 - septembre 1987.
24. Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin, Rapport final - septembre 1990.
25. Assessment of Emerging Technologies for Future Navigation Systems in the Canadian Transportation Sector - TP 1055 - juillet 1990.

TP 9541

ABRÉVIATIONS

BF	-	Basse fréquence
CITÉ	-	Comité intraministériel des télécommunications et de l'électronique
COCO	-	Coordonnateur canadien des opérations de la chaîne
CRSN	-	Comité radiotechnique pour les services de navigation
DMA	-	Defence Mapping Agency
DR	-	À l'estime
drms	-	Moyenne quadratique de deux distances
E&M	-	Exploitation et maintenance
ECDIS	-	Système électronique d'information et d'affichage cartographique
FMam	-	Fréquence myriamétrique
GCC	-	Garde côtière canadienne
GCÉU	-	Garde côtière des États-Unis
GLONASS	-	Global Navigation Satellite System (Système de l'URSS)
GPS	-	Système de positionnement global
Hz	-	Hertz
INMARSAT	-	Système international de satellites maritimes
ITOFAR	-	RACON agile en fréquence à décalage de temps interrogé
LAT	-	Latitude
LONG	-	Longitude
LORAN	-	Navigation de grande portée
LP	-	Lignes de position
m	-	Mètres
MA	-	Modulation d'amplitude

MCW	-	Onde entretenue modulée
MDÉU	-	Ministère de la Défense des États-Unis
MDN	-	Ministère de la Défense nationale
MF	-	Moyenne fréquence
MHz	-	Mégahertz
MM	-	Mille marin
MT	-	Ministère des Transports
NAD	-	Système de référence géodésique de l'Amérique du Nord
NAG	-	Naval Astronautics Group
NCA	-	National Command Authority
NNSS	-	Navy Navigation Satellite System, également connu sous le nom de TRANSIT
NS	-	Niveaux de service
OACI	-	Organisation de l'aviation civile internationale
OE	-	Onde entretenue
OEC	-	Onde entretenue codée
OHI	-	Organisation hydrographique internationale
OMI	-	Organisation maritime internationale
PAWNS	-	Système tout temps de navigation de précision
PDOP	-	Diminution de la précision du positionnement
PPS	-	Service de positionnement de précision
PRANS	-	Système précis de radar
RACON	-	Balise radar RACON
RDFS	-	Radiogoniomètre
RDSS	-	Service de radiorepérage par satellite

R et S	-	Recherche et sauvetage
RF	-	Radiofréquence
RG	-	Radiogoniométrie
RHO-RHO	-	Portée-portée
SCATANA	-	Contrôle sécuritaire de la circulation aérienne et des aides à la navigation
SCD	-	Service cartographique de la Défense
SHC	-	Service hydrographique du Canada
SOLAS	-	Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer
SPC	-	Station principale de commande
SPGD	-	Système de positionnement global différentiel
SPS	-	Service de positionnement standard
TD	-	Écart de temps
TRANSIT	-	Voir NNSS
UIT	-	Union internationale des télécommunications
WGS	-	Système géodésique mondial
ZCC	-	Zone de confluence côtière