

DIRECTION DE LA PLANIFICATION DES SYSTÈMES SPATIAUX

①
SYSTÈMES À SATELLITES
PERMETTANT DE RÉPONDRE
AUX BESOINS DIVERSIFIÉS
DE TÉLÉCOMMUNICATIONS À FAIBLE CAPACITÉ
AU CANADA

Volume 1

QUEEN
TK
5102.5
.C3314
1973
v.1

MINISTÈRE DES COMMUNICATIONS

SEPTEMBRE 1973

TK
51025
.C33f
v.1

DD4634709
DL4634751

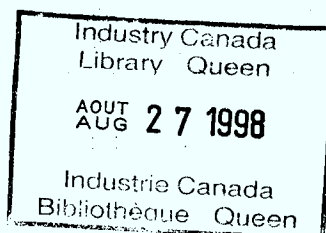
Remerciements

L'étude de planification stratégique faisant l'objet du présent rapport a été lancée et administrée par la Direction de la planification du ministère des Communications. Le système a été analysé et un modèle en a été établi dans le cadre du programme de planification du Ministère. La mise en oeuvre d'un tel système n'est pas, actuellement, au programme du gouvernement, ni du Ministère.

Le Centre de recherches sur les communications a apporté une précieuse contribution au développement de la conception de ce système, grâce aux travaux expérimentaux et de recherche qui ont été effectués dans le cadre de divers projets de recherche relatifs aux systèmes de télécommunications par satellite à petits terminaux. Ces travaux de recherche, commencés en 1967 et s'étendant des mesures de la propagation à la mise au point de matériel, a démontré que les communications avec des stations mobiles et transportables, par l'intermédiaire de répondeurs UHF placés à bord de satellites, étaient réalisables. Une grande partie de la recherche a été financée par le ministère de la Défense nationale, dont les représentants ont aussi fait des observations précieuses au cours des études sous contrat.

Le ministère des Communications est reconnaissant à RCA Limitée, de Montréal, de l'aide que cette société lui a apportée grâce à plusieurs études techniques de systèmes, effectuées sous contrat, qui examinaient la faisabilité de systèmes de différente conception, et qui ont résulté en un élégant profil de mission pour la mise en oeuvre du secteur spatial.

De nombreux organismes du gouvernement nous ont aussi fourni une contribution importante pour définir les besoins et déterminer les avantages. Les organismes du ministère de l'Environnement nous ont apporté une aide particulièrement efficace. Les autres participants comprennent les ministères de la Santé et du Bien-être social, des Affaires indiennes et du Nord et celui des Transports, la Société Radio-Canada et la Gendarmerie royale du Canada. Mentionnons également Télésat Canada qui nous a fourni des données utiles récentes sur les coûts.



O.S. Roscoe
Directeur du Programme

Système à satellites permettant de répondre aux besoins diversifiés
de télécommunications à faible capacité au Canada

RÉSUMÉ

Le contexte

L'importance potentielle que présente la technologie des satellites pour les télécommunications au Canada a été vite reconnue et un Livre blanc sur "Un système domestique de télécommunications par satellite pour le Canada" a été publié en mars 1968. La technologie des télécommunications continue à se manifester dans divers systèmes répondant à une large gamme de besoins sociaux, et ce fait justifie une attention soutenue quant aux besoins et à la planification des systèmes, dans un pays où, très exceptionnellement, la combinaison des facteurs suivants s'oppose aux autres formes de télécommunications:

- très grandes distances au sol;
- terrain et climat défavorables, qui nuisent à l'installation de systèmes de Terre et augmentent les frais d'entretien;
- la découverte et l'exploitation des ressources font varier, en matière de télécommunications, les besoins administratifs et commerciaux qu'il est difficile de prévoir. Cette demande changeante exige que le déploiement du système soit souple et que le système comprenne des terminaux de télécommunications portatifs ou montés à bord de véhicules ou d'aéronefs;
- les effets des aurores boréales rendent les communications à longue distance par radio HF encore moins efficaces que dans les autres parties du monde.

En tenant compte de ces difficultés, on peut parvenir, parfois spectaculairement, à un déploiement approprié de systèmes à satellites. Il est réaliste, étant donné l'état de développement de la technologie, de prendre pour but, pour l'ensemble du Canada, la qualité élevée des services téléphoniques, de

radiodiffusion, de transmission des messages et des données habituellement disponible dans le sud. Il n'est toutefois pas possible, dans l'état actuel de la technique, de répondre à tous les besoins par un seul et unique système et il est nécessaire de penser à une infrastructure de systèmes à satellites, si l'on veut bénéficier au maximum de la technologie. C'est l'un de ces systèmes qui fait l'objet du présent rapport.

Une caractéristique des communications dans les endroits éloignés est que les utilisateurs actuels et potentiels sont principalement des organismes gouvernementaux et que le facteur sous-jacent à la demande est plutôt la nécessité stratégique que la viabilité commerciale. Le présent rapport a été préparé par le ministère des Communications du gouvernement fédéral, en se fondant sur les recherches et les analyses effectuées en partie au Ministère, mais surtout en vertu de contrats passés avec le secteur industriel. Ainsi, soit dit en passant, le Ministère applique une politique du gouvernement canadien concernant la recherche et le développement dans l'industrie, et contribue à garder à l'industrie canadienne ses compétences en matière de télécommunications par satellite. On doit aussi considérer le système décrit ci-après comme une partie importante des installations de télécommunications contribuant à la mise en oeuvre d'une politique récemment adoptée en ce qui concerne le développement dans le Nord.

L'idée fondamentale que, au moins au début, les télécommunications dans les endroits éloignés ne seront pas commercialement viables, souligne l'importance de l'étude attentive des besoins et de la sélection du système à satellites. Les satellites à emplois multiples peuvent présenter d'énormes

avantages, mais cela n'est réalisable en pratique que si l'on peut répondre à des demandes raisonnables de services privés. L'une des caractéristiques du satellite UHF décrit ici est qu'il est à emplois multiples et que les différents genres de voies de répéteurs d'un seul satellite peuvent être attribués à des utilisateurs distincts et indépendants, comme base de leur système privé de télécommunications, et qu'il est, malgré tout, économique, grâce à un déploiement minimal du système à satellites et à un seul organisme national d'exploitation des satellites de télécommunications nationales.

L'analyse

Les principaux objectifs de l'étude faisant l'objet du présent rapport ont été les suivants:

- définir la meilleure combinaison de besoins pour les services dans le Nord, qu'un seul système à satellites, à petits terminaux, pourrait satisfaire;
- établir la faisabilité d'un tel système en déterminant en détail la conception des composants - en particulier du secteur spatial - qui n'ont pas été développés ailleurs;
- étudier le point de vue économique d'un tel système à emplois multiples pendant une durée raisonnable de vie.

Les caractéristiques essentielles du système à emplois multiples décrit ci-après, ont été choisies pour compléter le service disponible grâce au système existant de satellites ANIK. Les canaux et les terminaux au sol donnent une capacité de communications équivalente à une voie téléphonique unique, et les terminaux sont suffisamment petits pour être portatifs ou être installés dans des véhicules, aéronefs compris. Les

utilisateurs possibles de ce système, pour lequel on a mis l'accent sur la souplesse du déploiement et l'utilisation à différentes fins, se trouvent dans l'administration civile, la mise en application des lois, la radiodiffusion sonore, les services de santé et de bien-être social dans les agglomérations éloignées, les communications publiques*, le contrôle des ressources nationales et de l'environnement, et dans le domaine de l'exercice général de la souveraineté sur un vaste territoire dont l'importance stratégique ne peut qu'augmenter avec le temps. Une partie de cette région - et 80% de la population actuelle - qui bénéficierait des services projetés de télécommunications par satellite se trouve à l'intérieur de frontières provinciales, ce qui laisse prévoir un avantage supplémentaire d'un système national servant les objectifs fédéraux et provinciaux.

Lors de l'étude de la conception du secteur spatial, nous avons été influencés par les récentes décisions de l'UIT relatives aux attributions de fréquence. Les considérations techniques et opérationnelles indiquent qu'un système fonctionnant dans la gamme UHF aurait les caractéristiques nécessaires pour répondre aux besoins. Parmi les bandes attribuées, on a trouvé que celle de 240 à 400 MHz était la plus appropriée pour les terminaux transportables et mobiles, en particulier pour ceux qui seront installés à bord d'aéronefs et d'autres véhicules variés. De nombreuses études de développement et expériences très utiles ont déjà été effectuées sur les terminaux. Nous sommes aussi attirés par cette région du spectre du fait de l'obligation de relayer les données sur l'environnement provenant des détecteurs au sol, sur les fréquences

* Des interfaces avec les réseaux téléphoniques nationaux et locaux, en des points appropriés, sont compris dans le système.

attribuées de 401 à 403 MHz. Il n'y a cependant pas beaucoup de place pour l'extension des services dans la bande de 225 à 400 MHz; aussi nous sommes-nous tournés vers la région des 2.5 GHz, récemment attribuée aux services fixes de télécommunications. On a demandé à RCA Ltée de Montréal, entrepreneur chargé de faire le modèle du satellite, d'étudier la conception d'un satellite à deux fréquences ayant des répondeurs dans chacune des deux régions du spectre, et l'entrepreneur a contribué à l'établissement de certaines caractéristiques élégantes de l'ensemble du système. En utilisant deux satellites raisonnablement espacés sur l'orbite, et un arrangement souple de la commutation de l'alimentation principale et de la conception des répondeurs, il est possible d'éviter la défaillance totale de l'un quelconque des services offerts, soit par suite d'une éclipse, soit par suite d'une panne d'un satellite.

Nous avons effectué l'analyse économique du point de vue de l'exploitant du système qui a la responsabilité de trouver les capitaux nécessaires et de mettre au point et d'exploiter le système. Nous avons supposé qu'une partie de la capacité du système sera utilisée pour les services publics, ce qui implique le partage de l'équipement et des voies de transmission, et qu'une autre partie de la capacité sera louée à des organismes qui l'incorporeront à leurs propres systèmes privés, l'exploitant du système central spatial n'étant pas responsable des terminaux à utilisation spéciale dont ils auront besoin. Une deuxième hypothèse importante concerne la vie utile du système. La désuétude technologique menace toujours les systèmes de télécommunications par satellite, quels qu'ils soient, bien que le temps relativement long nécessaire à développer et mettre en oeuvre un nouveau satellite compense un peu ce risque.

C'est pourquoi nous avons décidé, un peu arbitrairement, de considérer, aux fins de l'analyse économique, une vie utile de 10 ans pour le système (ce n'est pas la vie prévue pour chaque satellite!). Pendant cette période, les recettes d'exploitation du système doivent couvrir tous les frais d'immobilisation et d'exploitation de l'exploitant du système, et comprendre un profit raisonnable. Si la technologie justifie encore l'utilisation de la même conception de satellite au-delà de la période de 10 ans, les économies ultérieures d'exploitation seront sensiblement augmentées, puisque les coûts de développement et les frais initiaux d'immobilisation auront été recouverts.

La troisième décision qui influe sur l'analyse économique se rapporte au plan de déploiement. Alors que le système se fonde sur deux satellites opérationnels, le fait que chaque satellite puisse, à lui seul, assurer tous les services, est à la base de la conception du système, ce qui garantit le fonctionnement du système, même en cas de défaillance d'un satellite ou d'éclipse. Cela permet aussi de justifier qu'un seul satellite soit en orbite pendant l'établissement initial du trafic dans le système. Le budget des lancements est donc établi pour les années 1 et 3 et l'on suppose de plus que, pour conserver la pleine capacité correspondant aux deux satellites en orbite, un troisième lancement se fera au cours de l'année 7.

La société qui a effectué les études de modèles a estimé les frais de développement et de production des satellites et des stations terriennes. Le montant total s'élèverait à environ 110 millions de dollars pour quatre satellites, le lancement de trois de ces satellites, les stations de télécommande nécessaires et 250 stations terriennes, y compris les frais de gestion du programme et les profits.

Après avoir calculé les dépenses d'immobilisation du système, il est possible de calculer le coût annuel que devra supporter l'exploitant, coût qui comprendra les frais d'entretien et d'exploitation, les intérêts, les frais généraux et l'amortissement. Ces frais, plus le profit de l'exploitant, devront être couverts par les recettes qui proviendront de la location des voies utilisées par d'autres organismes pour les services privés et des taxes de service des utilisateurs des stations fixes, y compris l'interconnexion avec les principaux réseaux nationaux de télécommunications. Nous avons calculé des recettes annuelles en supposant un certain trafic initial et une augmentation annuelle de ce trafic de 15%. Pour le modèle de trafic adopté, il faudra exiger une taxe indépendante de la distance d'un peu plus de un dollar par minute et par voie téléphonique, pour pouvoir produire les recettes nécessaires.

Dans les recettes annuelles fixes, nous avons compté un certain montant pour la distribution de la radiodiffusion par les voies du système. Un service de radiodiffusion extrêmement souple, desservant l'ensemble du Canada sur une base nationale et régionale, et offrant une vaste gamme de points de production locale d'émissions, pourrait être établi à un prix relativement faible.

Enfin, nombreux sont les avantages possibles qu'on pourrait tirer de l'utilisation d'une petite partie du secteur spatial pour relayer les données provenant de différentes plates-formes de détection placées au sol. On pourrait éliminer la manipulation des données et obtenir pratiquement un fonctionnement en temps réel. Les utilisations possibles vont du contrôle des bassins de retenue aux observations hydrologiques générales, à la

météorologie, à la prévision et au contrôle des incendies de forêts et aux radiobalises de localisation des sinistres aériens. Nous avons été encouragés par la coopération active des organismes intéressés à ces applications et avons parrainé un contrat d'étude de sous-système, dans le cadre duquel les besoins des utilisateurs ont été analysés, un module normal d'émetteur radio conçu pour être fixé à un détecteur, et la conception globale du sous-système examinée. Les coûts du sous-système ont été évalués dans la présente étude, de sorte qu'on ait un cadre utile de planification pour les évaluations d'avantages/coûts et la prise de décision quant à ce service qui pourrait être très précieux.



Système à satellites permettant de répondre aux besoins diversifiés
de télécommunications à faible capacité au Canada

Volume 1

Table des matières	<u>Page</u>
1. Introduction	1
2. Objectifs	4
3. Les besoins	6
Besoins civils et gouvernementaux	
Besoins militaires	
Nouvelles demandes	
Caractéristiques des besoins	
4. Pourquoi un système à satellites?	9
5. Système à satellites UHF à emplois multiples pour les télécommunications dans le Nord	13
Conception du système	
Attribution de fréquences	
Caractéristiques des voies	
Caractéristiques spéciales du système	
Accès au satellite et contrôle du réseau	
Paramètres du système	
Exploitation du système	
Application à la retransmission des données de détection	
Contrôle des radiobalises de localisation des sinistres	
6. Considérations d'ordre économique	31
Façon de procéder	
Coûts du matériel	
Modèle financier et économique	
Répartition des frais entre les usagers	
Autres méthodes de financement	
7. Avantages	42
Avantages militaires	
Radiodiffusion	
Terminaux transportables	
Terminaux fixes	
Données de télémessure provenant de détecteurs éloignés	
Radiobalises de localisation des sinistres aériens	
8. Conclusion	50
Bibliographie	52

Système à satellites permettant de répondre aux besoins diversifiés
de télécommunications à faible capacité au Canada

ANNEXES

Volume 2

- Annexe 1 Besoins d'installations de télécommunications à faible capacité dans les endroits reculés du Canada
- Annexe 2 Sommaire des études de systèmes
- Annexe 3 Sommaire de l'étude du sous-système de retransmission des données de détecteur
- Annexe 4 Spectre nécessaire aux télécommunications par satellite dans la bande UHF
- Annexe 5 Attribution des ressources du satellite aux divers services
- Annexe 6 Analyse financière du système de télécommunications par satellite UHF à emplois multiples
- Annexe 7 Analyse de l'emploi et des avantages possibles de stations terriennes fixes, transportables et mobiles maritimes
- Annexe 8 Avantages de la transmission des données sur l'environnement provenant de détecteurs éloignés, au moyen d'un satellite de télécommunications UHF à emplois multiples
- Annexe 9 Systèmes de radiobalises de localisation des sinistres utilisant un satellite pour le relais des données

TABLEAUX

		<u>Page.</u>
5.1	Paramètres généraux d'exploitation	23
5.2	Paramètres du secteur terrien	24
5.3	Paramètres du secteur spatial	25
5.4	Capacité normale du système à deux satellites	25
6.1	Coût des divers éléments du système	34
6.2	Calendrier du coût en capital	37
6.3	Frais annuels	39
7.1	Ministères gouvernementaux ayant des bureaux dans des agglomérations éloignées	46

FIGURES

		<u>Page</u>
1.1	Limite adoptée aux fins de la planification des télécommunications dans le Nord	3
5.1	Télécommunications par satellites à emplois multiples	13a
5.2	Système de transmission des données sur l'environnement	29
6.1	Coûts en capital	40
6.2	Recettes nécessaires	40

ABRÉVIATIONS ET SIGLES UTILISÉS DANS LE TEXTE

HF	Haute fréquence
UHF	Ultra haute fréquence
UIT	Union internationale des télécommunications
MHz	Mégahertz
GHz	Gigahertz
LES 5, 6	Satellites expérimentaux des Laboratoires Lincoln
p.i.r.e.	Puissance isotrope rayonnée équivalente
AMRF	Accès multiple à répartition de fréquences
dBW	Décibels par rapport à un watt
dB	Décibels
FM	Modulation de fréquence
GOES	Satellite géostationnaire opérationnel pour l'étude du milieu
GRAN	Réseau mondial de recherches et d'alarme
ERTS	Satellite technologique de détection des ressources naturelles de la Terre
OMEGA	Système mondial de navigation au moyen de radiobalises à très basse fréquence
GRC	Gendarmerie royale du Canada
\$xxM	Millions de dollars
\$xxk	Milliers de dollars

Système à satellites permettant de répondre aux besoins diversifiés
de télécommunications à faible capacité au Canada

1. Introduction

Pour les Canadiens, le Nord représente une région où "de petites collectivités très éloignées les unes des autres affrontent un climat rigoureux, sur un sol ingrat", où "la culture des indigènes, et même leur mode de subsistance, sont menacés" et qui "recèle d'immenses richesses minérales...."^{(1)*}. Cette région a été décrite d'une autre manière comme la région se trouvant au-delà des "limites de la distribution continue de population et de la continuité des réseaux de transport et de télécommunications"⁽²⁾. Il s'agit des parties septentrionales des provinces et des territoires du Nord. Le Nord compte une population d'environ 250,000 personnes qui subissent continuellement leur grand isolement. Le gouvernement a reconnu dans son Livre blanc sur les télécommunications par satellite de 1968, que des services améliorés de télécommunications ayant la qualité disponible et considérée comme normale dans le Sud, étaient nécessaires pour combattre cet isolement et assurer le développement harmonieux du Nord.

Lors des études du ministère des Communications sur les besoins en communications dans les endroits éloignés, on a trouvé que la frontière méridionale du Nord correspondait en gros à la ligne indiquée sur la carte de la figure 1.1. Dans cette vaste région, les fondements

(1) Page 144, Univers sans distances, rapport sur les télécommunications au Canada.

(2) Enquête de la Commission royale de la province du Manitoba sur les transports dans le Nord.

* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie.

économiques ont été insuffisants pour appuyer le développement étendu d'une infrastructure des télécommunications. L'évaluation des différentes solutions a mis en lumière la nécessité pour le Ministère de jouer un rôle actif et progressif et d'entreprendre la formulation de projets visant à atteindre les objectifs des lignes de conduite établies.

Le présent rapport expose l'étude d'un système de télécommunications par satellite à buts multiples, destiné à répondre à une large gamme de besoins de service dans les régions éloignées. Les études des objectifs et des besoins, la construction de modèles à la pointe de la technique et l'évaluation des données économiques entrent dans le cadre du présent rapport. Le présent rapport s'efforce de donner suffisamment de renseignements sur les aspects techniques et opérationnels, les coûts, et les avantages du programme afin de permettre d'évaluer les répercussions qui pourront se produire si l'on décide de mettre en oeuvre un tel système. Il ne recherche pas les nouveaux services rendus possibles par une telle extension de la technologie des télécommunications par satellite, mais il est évident que de nombreuses sources nouvelles de trafic de communications seraient engendrées par la disponibilité de communications de haute qualité à des endroits où il n'en existait aucune auparavant.

LIMITE ADOPTÉE AUX FINS DE LA PLANIFICATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS DANS LE NORD



Figure 1.1

2. Objectifs

Le Livre blanc intitulé "Un système domestique de télécommunications par satellite pour le Canada"⁽³⁾, 1968, est un document qui expose la politique en vigueur en ce qui a trait aux télécommunications par satellite au Canada. La raison fondamentale pour laquelle ce document a été préparé est que la nouvelle technologie rend techniquement faisable l'établissement de services de télécommunications et de radiodiffusion d'une qualité uniforme dans tout le pays, sans réserve quant à la grandeur ou à l'emplacement des diverses agglomérations. Nous ne croyons pas que ce but puisse être atteint par un seul et unique système de satellite et le présent document essaie de répondre au besoin d'assurer des services d'une nature qui ne peut pas être réalisée à l'aide du premier système national canadien. Pour décrire les buts du nouveau système exposé plus loin, on peut se reporter à deux documents supplémentaires: (1) La Défense dans les années 70, Livre blanc, 1971⁽⁴⁾, (2) Le Nord canadien dans les années 70, rapport présenté au Comité permanent des Affaires indiennes et du Nord canadien, 28 mars 1972.⁽⁵⁾ Un examen détaillé des besoins exposés d'une façon générale dans ces deux documents nous amène à la définition des objectifs du nouveau système, comme suit:

- 1) Des services téléphoniques, d'une qualité normalement offerte dans les agglomérations urbaines, qui
 - soient disponibles 24 heures sur 24,
 - permettent d'accéder, sur demande, à un nombre d'adresses virtuellement illimité,
 - puissent être utilisés par l'abonné, sans formation ni procédures spéciales,

- aient une qualité suffisante pour simuler le contact verbal direct de personne à personne;

- 2) Un service de distribution de radiodiffusion (son) ayant la capacité technique de fournir un mélange approprié de programmations locale et nationale.
- 3) Un service de téléphone et de messages accessible à toutes les équipes mobiles dans quelque endroit qu'elles se trouvent.
- 4) Une souplesse permettant une rapide expansion des installations de communications dans tout emplacement déjà existant ou récemment établi.

Des installations qui répondent à ces objectifs réduiraient une grande partie des disparités qui existent au Canada dans le domaine des communications. Elles peuvent donc être exploitées promptement en vue de répondre aux principales aspirations sociales et culturelles des secteurs éloignés.

Pour terminer, mentionnons que nous anticipons la nécessité de l'élaboration d'un troisième système de satellites qui permettrait d'assurer des services de radio et de télévision dans tout le pays. Cette dernière exigence fait actuellement l'objet d'une évaluation au sein du ministère des Communications. La technologie qui se développe dans le cadre du projet du satellite technologique de télécommunications sera particulièrement applicable à ce troisième système.

3. Les besoins

Le système qui doit être décrit est conçu de façon à répondre aux besoins d'une grande variété d'utilisateurs dont certains peuvent représenter un service public de communications assuré par une société exploitante tandis que d'autres auront besoin de voies de satellite pour construire leurs propres systèmes. Il faut comprendre que le groupe d'utilisateurs dont les besoins reçoivent une attention particulière dans le présent document n'est pas nécessairement complet et certainement pas unique, c'est-à-dire qu'à l'intérieur de très larges limites on peut supposer un système de satellites fonctionnant sur deux bandes de fréquence qui répondrait aux besoins de différents utilisateurs sans s'éloigner de façon importante des conclusions opérationnelles ou économiques de l'analyse présentée dans le présent rapport.

Les exigences en matière de communications qui sont à la base des objectifs sont discutées en détail à l'annexe 1. Elles comprennent les besoins civils, gouvernementaux et militaires surtout en communications téléphoniques et par téléimprimeur en direction de terminaux fixes dans des endroits isolés, de terminaux transportables et de terminaux mobiles sur les navires et les aéronefs. De plus, on a besoin de voies de distribution de programmes radio, de télémétrie à partir de capteurs isolés et de radiobalises d'urgence pour les recherches et le sauvetage. La souplesse et la facilité de déploiement sont de la plus haute importance pour la plupart de ces services.

Les usagers ci-après ont besoin de services dans les régions éloignées:

- plus de 200 agglomérations de 40 à 2000 habitants ont besoin de services téléphoniques et de services de radiodiffusion destinés à renseigner le public. Les bureaux gouvernementaux situés dans ces agglomérations ont également besoin de services de téléimprimeur, de fac-similé et de données. Ces services sont également nécessaires aux terminaux fixes aux quartiers généraux des forces armées et aux unités de commandement en campagne.
- plus de 300 équipes d'arpenteurs, d'explorateurs, d'agents de police, de chercheurs scientifiques, etc., ont besoin d'une gamme semblable de services à destination et en provenance de terminaux transportables. Le secteur militaire a également besoin de terminaux transportables.
- environ 25 navires gouvernementaux naviguant dans l'Arctique et dans les eaux côtières ont besoin de terminaux mobiles. Les navires et les aéronefs militaires ont aussi besoin de ces terminaux.
- pour le moment, plus de 700 plates-formes de détection doivent transmettre des données de télémétrie pour la météorologie, l'hydrologie et d'autres services relatifs aux ressources naturelles et à l'environnement. Éventuellement, il faudra desservir un réseau de plus de 7000 plates-formes.
- les services de recherches et de sauvetage ont besoin d'un moyen pour détecter les sinistres et en déterminer l'emplacement, non seulement dans le cas des sinistres aériens, mais aussi des petits bateaux et des équipes au sol.

Nouvelles demandes

On s'attend à ce que l'arrivée d'une installation qui assure un nouveau service là où, auparavant, il n'en existait aucun, encourage de nouvelles demandes, non seulement dans de nouvelles localités où les services normaux sont nécessaires, mais aussi en ce qui a trait à de nouvelles applications, comme la télécommande, l'accès à des systèmes de télé-informatique, l'extension de services tels que le contrôle de la circulation aérienne dans des régions éloignées, et plusieurs autres.

Caractéristiques des besoins

La nécessité d'un système de communications à emplois multiples est fondée sur les besoins conjoints des usagers militaires, civils et gouvernementaux travaillant dans des régions éloignées. Ces usagers ont besoin de services de communications pour leurs:

terminaux mobiles

terminaux transportables

terminaux fixes

terminaux de télémétrie (données de détecteurs)

radiobalises de localisation des sinistres

Bien que ces besoins semblent variés, ils ont des caractéristiques communes. La capacité exigée est faible: tout au plus une voie téléphonique, qui doit être disponible en tout temps mais qui n'est utilisée qu'une partie du temps. De nombreux terminaux sont nécessaires pour chaque application; donc, le prix unitaire doit être bas pour ne pas grever le budget de l'utilisateur. A cause de l'emplacement des terminaux, dans des régions accidentées et difficiles d'accès, il faut que les terminaux soient faciles à transporter et à installer. Pour les utiliser dans des régions où l'on ne dispose pas de compétences techniques, il est nécessaire qu'ils soient faciles à faire fonctionner et à entretenir.

4. Pourquoi un système à satellites?

Pour satisfaire aux besoins décrits, il faut utiliser une technologie courante, mais néanmoins perfectionnée. Au Canada, il est naturel d'avoir recours à la technologie du satellite car elle triomphe des grandes distances et du sol accidenté qui rendent les communications terrestres conventionnelles très coûteuses. Elle offre de plus la souplesse qui manque aux systèmes terrestres et qui est très importante pour les régions en voie de développement. Une évaluation de la technologie des télécommunications par satellites indique que divers besoins peuvent être satisfaits par un système conçu pour être utilisé avec de petits terminaux fonctionnant dans la bande UHF. De tels systèmes sont déjà très bien développés car on s'en est déjà servi pour les besoins tactiques militaires avec des satellites tels que LES 5, LES 6 et TACSAT 1.

Au lieu d'utiliser des petits terminaux UHF avec un satellite, on pourrait prolonger les réseaux actuels à micro-ondes et à haute fréquence. Dans le système radio à haute fréquence, qui est la technique la plus utilisée à l'heure actuelle pour les communications dans les régions éloignées, les communications dépendent de l'état de l'ionosphère et, théoriquement, sont possibles 95% du temps. Ainsi donc, il est physiquement impossible d'assurer un service avec une fiabilité suffisante, c'est-à-dire de l'ordre de 99.9%. En pratique, le système radio à haute fréquence s'est avéré satisfaisant pour 50% à 80% du temps seulement⁽⁶⁾.

Plusieurs sociétés exploitantes de télécommunications étudient actuellement la possibilité de prolonger les réseaux terrestres existants pour satisfaire à certains des besoins des régions septentrionales des provinces. De telles extensions sont très coûteuses. Lorsque les investissements nécessaires dans chaque province pour assurer un service téléphone terrestre aux agglomérations les plus faciles d'accès sont totalisés, ils sont presque aussi considérables que les investissements nécessaires à l'établissement d'un système à satellites. Étant donné que l'investissement total pour les systèmes terrestres doit être maintenu dans des circonstances difficiles, les coûts d'exploitation et d'entretien sont également très élevés, au moins 12% du total des frais d'investissement. Le coût d'exploitation correspondant d'un système à satellites conçu pour être utilisé avec des terminaux à prix modiques est de beaucoup inférieur parce qu'il sert dans le secteur terrien seulement. Les satellites doivent nécessairement être conçus de façon à ce qu'ils ne comportent aucun frais d'entretien.

Les systèmes terrestres souffrent d'autres désavantages comparables. De par leur nature, ils manquent de souplesse et ne peuvent pas être utilisés pour satisfaire rapidement aux demandes dans les nouvelles localités. Ils ne peuvent pas non plus satisfaire aux besoins des terminaux mobiles, transportables, de retransmission des données de détecteur, ou des radiobalises. De plus, étant donné qu'il ne sera jamais pratique de relier certaines agglomérations par des moyens terrestres parce qu'elles sont trop petites ou qu'elles sont trop éloignées du plus proche point de jonction, les tentatives d'assurer un service par l'extension des réseaux

à micro-ondes terrestres auront l'effet contraire, c'est-à-dire qu'elles accroîtront les disparités régionales. Tout système qui ne permet pas de pénétrer dans toutes les agglomérations qui en ont besoin produira, à coup sûr, le même effet contraire.

On pourrait se poser la question: "pourquoi un nouveau système de satellite puisqu'il en existe déjà un au Canada"? Le système ANIK est la première application de la technologie des télécommunications par satellite pour répondre aux besoins du Canada et il est capable d'éviter les obstacles que présente l'environnement. Certains des besoins en communications dans les régions éloignées sont satisfaits par une extension du programme d'ANIK au moyen de systèmes à faible trafic permettant d'assurer un service téléphonique et un service de radiodiffusion à plusieurs agglomérations du Nord. Il est cependant très peu économique d'essayer d'utiliser un satellite à faible puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) pour les faibles capacités (de l'ordre de 1 voie téléphonique). Les stations terriennes sont coûteuses et ont été conçues surtout pour quelques-unes des importantes agglomérations dans le grand Nord. Il n'est pas possible d'étendre encore plus le programme d'ANIK pour assurer un service aux terminaux mobiles et de faibles dimensions, facilement transportables, ni pour assurer la retransmission des données ou un service de relais des signaux des radiobalises d'urgence. Un système à satellites pour ces services, qui pourrait également être utilisé avec des terminaux à coût modique dans les nombreuses petites agglomérations, permettrait de satisfaire à tous les besoins. De plus, un tel système compléterait le système ANIK et représenterait une plus grande exploitation de la technologie au Canada.

Cette possibilité a été prévue dans l'exposé de vues du gouvernement contenu dans le Livre blanc de 1968⁽³⁾. Dans ce document, on reconnaît que l'importance fondamentale d'un système de télécommunications par satellite au Canada vient du fait qu'il permettrait d'assurer toute la gamme des services de télécommunications et de radiodiffusion qui sont actuellement offerts dans les centres urbains du Sud. La réalisation du potentiel global de la technologie nécessitera plus d'un seul type de système à satellites. Par conséquent, le système que nous allons décrire peut être considéré comme faisant partie d'une infrastructure fondamentale de systèmes à satellites.

5. Système à satellites UHF à emplois multiples pour les télécommunications dans le Nord

Conception du système

Le système se fonde sur un secteur spatial comportant un ou plusieurs satellites géostationnaires à puissance relativement élevée, conçus pour fonctionner avec de nombreuses petites stations au sol, de faible coût. La conception de ce système, qui se fonde sur les études techniques des systèmes complexes^(10,11,12) résumées à l'Annexe 2, est exposée d'abord dans ses grandes lignes, puis en détail dans les sections qui suivent. Une illustration graphique en est donnée à la figure 5.1.

Une fois entièrement mis en place, après une période initiale de 2 ans pour le développement du trafic, deux satellites identiques seront employés dans le secteur spatial, chacun d'eux étant muni de répondeurs fonctionnant dans deux bandes UHF, 240 à 400 MHz et 2500 à 2690 MHz. Cela augmentera la capacité réelle du secteur spatial en matière de trafic. En envisageant d'une manière nouvelle la question de la redondance dans l'espace, pour arriver à l'idée de redondance croisée discutée ci-après, on a trouvé une solution ingénieuse aux problèmes des fonctions de réserve en orbite et d'éclipse, pour le système projeté.

Les stations au sol ont accès aux répondeurs du secteur spatial par une seule voie par porteuse, en mode AMRF (accès multiple à répartition de fréquences), les voies étant assignées en fonction de la demande. Dans la bande inférieure de fréquences, les répondeurs sont conçus pour fonctionner avec des stations au sol mobiles et transportables dont la largeur de bande peut aller jusqu'à celle nécessaire à une voie téléphonique, pour

TÉLÉCOMMUNICATIONS PAR SATELLITES À EMPLOIS MULTIPLES

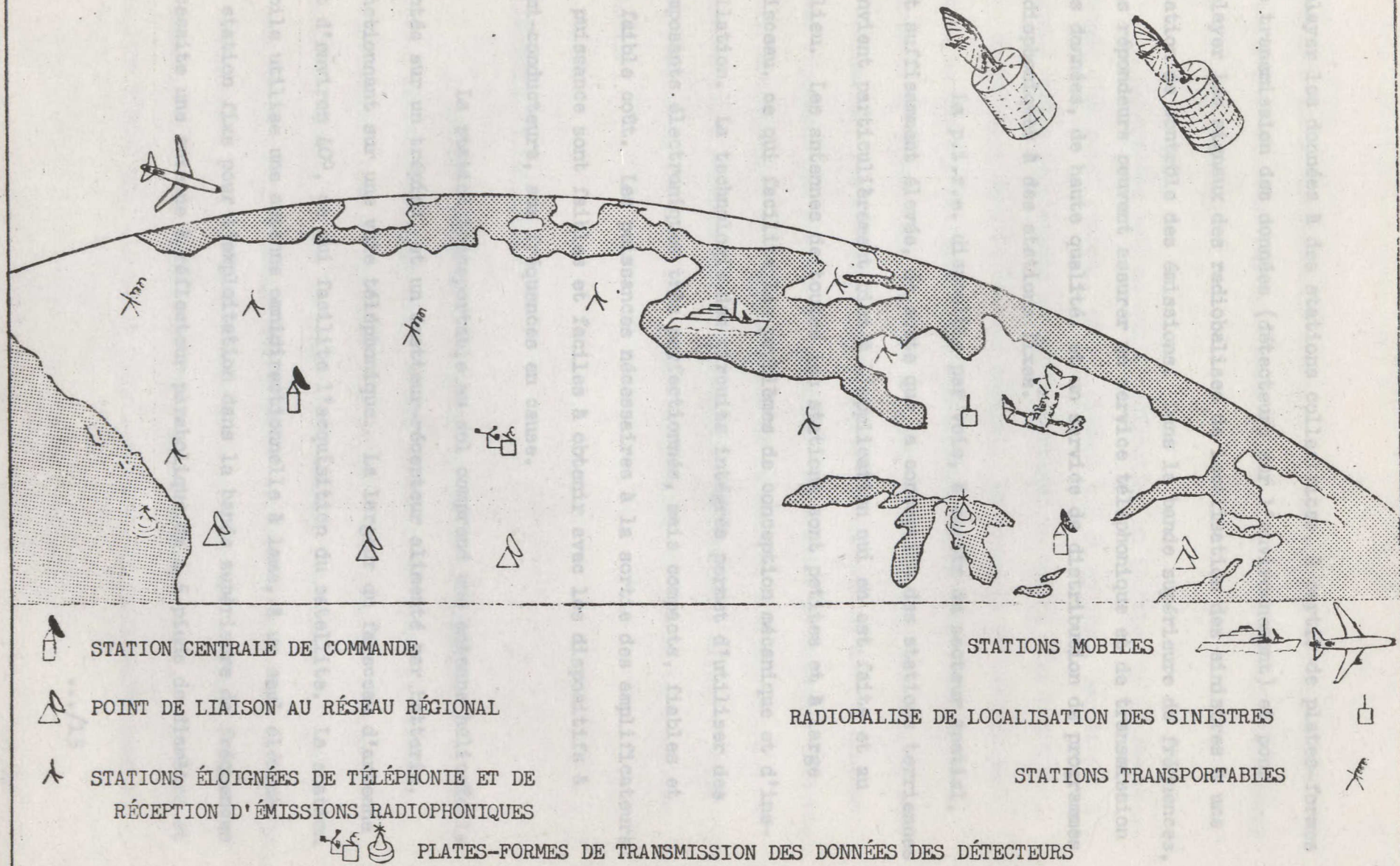


Figure 5.1

.../74

relayer les données à des stations collectrices, à partir de plates-formes de transmission des données (détecteurs sur l'environnement) et pour relayer les signaux des radiobalises de localisation des sinistres à une station de contrôle des émissions. Dans la bande supérieure de fréquences, les répondeurs peuvent assurer un service téléphonique et de transmission des données, de haute qualité, et un service de distribution de programmes radiophoniques à des stations fixes.

La p.i.r.e. disponible par voie, à partir du secteur spatial, est suffisamment élevée, de sorte que la conception des stations terriennes convient particulièrement bien à l'application qui en est faite et au milieu. Les antennes de toutes les stations sont petites et à large faisceau, ce qui facilite les problèmes de conception mécanique et d'installation. La technologie des circuits intégrés permet d'utiliser des composants électroniques très perfectionnés, mais compacts, fiables et de faible coût. Les puissances nécessaires à la sortie des amplificateurs de puissance sont faibles et faciles à obtenir avec les dispositifs à semi-conducteurs, aux fréquences en cause.

La station transportable au sol comprend une antenne hélicoïdale montée sur un trépied, et un émetteur-récepteur alimenté par batterie, fonctionnant sur une voie téléphonique. La largeur du faisceau d'antenne est d'environ 40° , ce qui facilite l'acquisition du satellite. La station mobile utilise une antenne omnidirectionnelle à lame, à un seul élément. La station fixe pour l'exploitation dans la bande supérieure de fréquences nécessite une antenne à réflecteur parabolique de 4.5 pieds de diamètre et

donne deux voies téléphoniques duplex. Une station qui devrait aussi recevoir les émissions radiophoniques nécessiterait une antenne légèrement plus large (5.5 pieds).

Le système automatique d'assignation en fonction de la demande, commandé d'un point central, est un élément clé du système, permettant à un grand nombre de stations au sol de partager un nombre plus petit de voies disponibles dans le secteur spatial. La commande du réseau, permettant de fournir une voie et la signalisation entre les stations désireuses de communiquer, se fait à partir d'une station centrale au sol, par ordinateur, les éléments électroniques de commande de chaque station au sol répondant aux signaux de commande. La méthode de commande projetée réduit la complexité de l'exploitation de la station éloignée à celle de la numérotation téléphonique au cadran pour raccordement direct à toute autre station au sol ou à tout poste téléphonique du réseau téléphonique national.

Attributions de fréquences

L'analyse du spectre, du point de vue de la propagation et des limites d'exploitation imposées a montré qu'une large gamme de fréquences UHF conviendrait bien au système. Les études techniques des systèmes, résumées à l'annexe 2, ont confirmé qu'on pouvait répondre efficacement aux besoins en tirant avantage des caractéristiques offertes par les systèmes qui fonctionnent dans les deux bandes de fréquences UHF attribuées aux télécommunications par satellite. Il s'agit des bandes de 240 à 400 MHz et de 2500 à 2690 MHz. La bande inférieure convient particulièrement à

l'utilisation par les terminaux mobiles, tandis que la bande supérieure permet d'employer plus efficacement les ressources des engins spatiaux et serait avantageusement utilisée par les stations fixes.

Bande de 240 à 400 MHz. - Cette bande est attribuée aux services fixe et mobile, sauf pour les fréquences comprises entre 328.6 et 335.4 MHz, et peut être utilisée par le service mobile par satellite. Au Canada, cette bande est assignée au gouvernement du Canada. Du point de vue militaire, de nombreux avantages résulteraient de l'établissement d'un système dans cette bande. Le Canada a collaboré avec le ministère de la Défense des Etats-Unis à des programmes expérimentaux qui ont permis non seulement de déterminer la faisabilité en général, mais aussi de concevoir du matériel de terminal au sol pour différentes installations fixes et mobiles, y compris les installations aéroportées. Du fait de la grande largeur du faisceau des antennes des stations terriennes, la réutilisation des fréquences sur la base de la séparation des engins spatiaux sur l'orbite n'est pas possible pour l'arc d'orbite approprié à la couverture du Canada. Par conséquent, le partage du spectre sur la base des fréquences plutôt que par l'attribution normale de la position sur l'orbite s'impose. Etant donné l'énorme zone de couverture des transmissions par satellite, l'introduction de systèmes à satellites dans la bande soulève de graves problèmes d'attribution de fréquences, qui doivent être résolus avec les autres pays de la Région 2.

Il est par conséquent important de définir les besoins du Canada en fréquences dans le spectre. Si l'on tient compte des besoins militaires et gouvernementaux civils, on s'aperçoit qu'une attribution totale de 10 MHz pour chaque sens (voir annexe 4) suffirait. Il faut confirmer les besoins totaux de fréquences dès que possible et le gouvernement du Canada doit déterminer sa position sur les besoins du pays, relatifs à une partie de cette bande de fréquences pour usage intérieur.

Bande de 2500 à 2690 MHz. - Dans cette bande, les fréquences de 2500 à 2535 MHz sont attribuées au trajet descendant et les fréquences comprises entre 2655 et 2690 MHz au trajet montant, pour le service fixe par satellite limité aux systèmes nationaux ou régionaux, et sont prévues spécifiquement pour les systèmes de faible capacité desservant les régions éloignées. Pour les applications spatiales, l'attribution est partagée avec la radiodiffusion par satellite. La réutilisation des fréquences par séparation sur l'orbite est possible et la place sur orbite dont on

a besoin pour satisfaire aux besoins canadiens doit être déterminée et faire l'objet de négociations. Cette place sera en général déterminée en fonction de l'utilisation de l'attribution pour la radiodiffusion par satellite qui, d'après les prévisions, dépassera largement l'utilisation pour les communications fixes, qu'on estime être de l'ordre de 10 MHz pour chaque sens. Ce chiffre serait évidemment dépassé si le trafic augmentait plus que prévu.

Caractéristiques des voies

Aux fins des travaux préliminaires de conception, il convient de supposer que les quatre genres fondamentaux de voies unitaires disponibles dans le secteur spatial répondraient aux besoins du trafic. Ce sont:

dans la bande de 240 à 400 MHz,

les voies d'une p.i.r.e. de 18 dBW* pour les stations transportables et
les voies d'une p.i.r.e. de 28 dBW pour les stations mobiles;

dans la bande de 2500 à 2690 MHz;

les voies d'une p.i.r.e. de 15.4 dBW pour les stations téléphoniques fixes et
les voies d'une p.i.r.e. de 25 dBW pour les voies transmettant des programmes radiophoniques.

Le trafic autre que celui qui est mentionné ci-dessus, par exemple le trafic des données des détecteurs, peut être écoulé par les mêmes genres de voies.

Caractéristiques spéciales du système

On peut tirer avantage de plusieurs facteurs qui n'existent normalement pas dans les systèmes de télécommunications par satellite, et qui permettent de développer un système qui utilise la totalité du secteur

* Les puissances mentionnées sont les puissances par voie téléphonique

spatial, c'est-à-dire tout l'engin spatial en orbite, plutôt qu'un système fondé sur un satellite dont on n'utilise pratiquement pas les dispositifs de réserve. Voici ces facteurs:

- la grande largeur de bande des antennes des stations terriennes dans la bande de 240 à 400 MHz;
- les deux bandes utilisées par le système;
- la voie unique par station terrienne du système, ainsi que la nature statistique du trafic téléphonique ordinaire.

La grande largeur de bande des antennes des stations terriennes leur permet de communiquer avec deux satellites qui sont placés à une distance suffisamment grande l'un de l'autre, sur l'orbite, pour ne pas subir simultanément une éclipse. En conséquence, chaque engin spatial peut avoir un poids mort plus faible de batteries transportées seulement pour le fonctionnement en cas d'éclipse.

L'utilisation de deux bandes de fréquences est une solution nouvelle au problème de la redondance dans l'espace, imposée pour des questions de fiabilité. Normalement, on a besoin de deux satellites pour assurer la continuité du service. En répartissant la capacité des répondeurs dans chaque bande de manière que la source principale d'énergie du satellite puisse alimenter tous les répondeurs de l'une ou de l'autre bande, on peut utiliser un satellite à pleine puissance dans une bande de fréquences et l'autre satellite dans l'autre bande. Le répondeur non utilisé dans chaque satellite assure la redondance pour l'autre. En cas de défaillance, les rôles des deux satellites seraient interchangés. Cette redondance croisée permet une utilisation plus efficace du secteur spatial. Si, de plus, on

s'arrange pour qu'une partie de l'alimentation principale du satellite puisse être appliquée aux répondeurs de chaque bande, on peut utiliser un satellite pour assurer le service à capacité réduite, dans chaque bande de fréquences. Non seulement cette solution assure-t-elle un autre mode de fonctionnement en cas de défaillance, sans trop perturber le service, mais elle permet aussi d'envisager une phase initiale de service pendant quelques années, avec un seul satellite sur orbite. Du point de vue de la fiabilité, cette solution est acceptable, étant donné que les satellites sont normalement très fiables dans les premiers temps de leur exploitation. Elle est également admissible à cause de la nature du trafic que le système devra acheminer. Du point de vue économique, cette solution est avantageuse aussi, parce qu'elle permet une meilleure adaptation de la capacité du secteur spatial aux demandes de trafic et par conséquent une meilleure correspondance des recettes et des coûts. On s'attend que le trafic soit faible pendant la période initiale de la mise en oeuvre d'un nouveau service. Au fur et à mesure que le secteur terrien s'agrandit, que les utilisateurs connaissent mieux le système et que la demande augmente, on peut augmenter la capacité du secteur spatial grâce à un deuxième satellite ou plus.

Accès au satellite et contrôle du réseau

La principale application du système sera la téléphonie, un seul circuit étant le besoin fondamental pour chaque station au sol éloignée. Par conséquent, l'accès au satellite doit se faire par une seule voie par porteuse. On préfère l'accès multiple par répartition de fréquences aux autres techniques, à cause de son faible coût de mise en oeuvre dans les stations au sol.

Pour utiliser efficacement la capacité des satellites dans un système où les circuits des stations au sol individuelles ne sont sollicités que périodiquement, les circuits doivent être assignés en fonction de la demande, aux stations qui demandent la connexion. Cela ressemble à la situation qui existe dans le réseau téléphonique, où les circuits des centraux sont assignés, sur demande, aux postes téléphoniques utilisés, les statistiques de l'utilisation du téléphone justifiant l'installation de beaucoup plus de postes téléphoniques qu'il n'y a de circuits dans les centraux. Des statistiques semblables de trafic s'appliqueront au système à satellites, dans lequel les circuits seront atteints individuellement, ce qui permettra d'avoir un nombre de stations au sol supérieur à celui des circuits disponibles. Cet aspect est traité quantitativement à l'Annexe 1.

On projette, pour le réseau, un système d'assignation en fonction de la demande commandé d'un point central. Un ordinateur installé dans une station de contrôle recevrait les demandes de connexions émanant des stations au sol, par l'intermédiaire d'une voie de contrôle, déterminerait l'état de la station demandée (active, libre ou occupée), attribuerait un circuit et ferait la connexion en commandant automatiquement le matériel de sélection des voies dans la station demandée, au moyen d'une voie de commande. L'ordinateur effectuerait aussi d'autres fonctions, comme l'enregistrement, la facturation, les essais, etc. Le Centre de recherches sur les communications a conçu et fabriqué un système approprié d'assignation en fonction de la demande⁽⁷⁾, et des recherches sont en cours sur des algorithmes, qui permettraient d'effectuer l'assignation en fonction de la demande avec une grande variété de caractéristiques (appels de conférence, transmissions prioritaires, diffusion de messages, etc.).

L'exploitation du réseau doit être conçue de manière à satisfaire aux critères de commodité des utilisateurs. Afin de réduire le plus possible le retard gênant dû au temps qu'il faut au signal pour atteindre le satellite et revenir, tous les circuits sont à simple bond. Toute station peut atteindre n'importe quelle autre station du réseau. Cela permet de garder la communauté naturelle d'intérêt déjà établie grâce aux voies de transport ou aux voies administratives. Le réseau est conçu pour être intégré au réseau téléphonique national, ce qui permettra surtout aux régions éloignées de faire partie du réseau interurbain automatique. On peut réaliser cela grâce à des stations régionales de liaison au réseau national, dans chaque province et chaque territoire. De cette manière, les appels nord-sud suivent forcément l'acheminement de Terre le plus court, les coûts restant ainsi au minimum. Cela permet aussi au trafic régional d'employer seulement les installations régionales, évitant d'avoir à l'écouler par les installations de Terre d'une autre société exploitante, comme ce serait le cas si un point unique de connexion existait entre le réseau téléphonique national et le réseau par satellite.

Paramètres du système

Les paramètres d'un système répondant aux exigences fixées ont été déterminés grâce aux études internes et sous contrat, qui sont résumées à l'annexe 2. Les principales caractéristiques, qui illustrent la conception du système, sont indiquées ici sous la forme de tableaux. Le tableau 5.1 donne les paramètres généraux d'exploitation, tandis que les tableaux 5.2 et 5.3 indiquent respectivement les paramètres des secteurs terrien et spatial. Le tableau 5.4 montre la capacité normale du système, quand il sera totalement opérationnel.

Pour placer le satellite sur orbite, on a choisi le véhicule de lancement Thor-Delta, parce que c'est le véhicule le meilleur marché, dont la charge utile correspond le mieux au poids du satellite nécessaire, ce qui donne le système dont le coût en capital est le plus faible. Les véhicules de lancement qui peuvent prendre une charge utile plus forte augmentent le coût en capital d'un système, de deux manières. Le véhicule de lancement coûte lui-même plus cher et le coût du développement et de la construction d'un plus gros satellite est plus élevé. L'utilisation de véhicules plus puissants se justifie seulement quand on a vraiment besoin d'une charge utile plus grande. La popularité du véhicule Thor-Delta a résulté en une continuelle augmentation de sa charge utile et des études sont en cours pour l'améliorer encore. Mais, ce qui est peut-être plus important, il s'est révélé fiable.

Tableau 5.2

Paramètres du secteur terrien

Genre de station	Station fixe	Station transportable	Station centrale de contrôle
Fréquence	Trajet montant: 2655 - 2690 MHz Trajet descendant: 2500 - 2535 MHz	Trajet montant: 380 - 400 MHz Trajet descendant: 300 - 320 MHz	
Antenne	Réflecteur parabolique Alimentation à polarisation linéaire Diamètre: 4.5 pieds (téléphone) Gain: 28.5 dB Diamètre: 5.5 pieds (programmes radiophoniques) Gain: 30 dB	Hélicoïdale (transportable) Gain 12 dB Polarisation circulaire Une seule lame (aéronef, mobile) Théoriquement omnidirectionnelle	Station principale: 30' de diamètre, poursuite complète Station secondaire: 20' de diamètre, poursuite partielle Antennes auxiliaires dirigées vers le deuxième satellite, 10' de diamètre, poursuite partielle
Récepteur	Synthonisateur à amplificateur paramétrique non refroidi Température de bruit du récepteur: 80 K Température de bruit du système: 232 K Grand choix de fréquences grâce à l'emploi d'un synthétiseur	Synthonisateur transistorisé à faible bruit Facteur de bruit: 2 dB Température de bruit du système: 435 K Grand choix de fréquences grâce à l'emploi d'un synthétiseur	Amplificateur paramétrique à 2.5 GHz Transistor à faible bruit à 300 MHz Grand choix de fréquences grâce à l'emploi d'un synthétiseur Nombre approprié de voies pour répondre aux besoins de trafic nord-sud Voies pour le contrôle des assignations en fonction de la demande
Modulation	Modulation de fréquence Une seule voie par porteuse Compression-expansion de la voix Préaccentuation	FM à bande étroite Une seule voie par porteuse	
Emetteur	Puissance: 10 watts Contrôle de la p.l.r.e. du trajet montant Porteuse déclenchée par la voix	Puissance: 45 watts (transportable) 850 watts (mobile)	Amplificateur linéaire de puissance Puissance nominale entre 50 et 100 W, selon le nombre de voies nécessaires
Exploitation	Duplex complet Sélection automatique des voies	Simplex Sélection automatique des voies	Poursuite, télémésure et télécommande Contrôle des assignations en fonction de la demande Point de connexion au réseau téléphonique national pour les appels nord-sud Trajet montant pour l'introduction dans le réseau des programmes radiophoniques Station collectrice pour les données provenant des plates-formes de détecteurs Contrôle de la fréquence des radiobalises de localisation des sinistres aériens
Autre matériel			Ordinateurs pour: Le contrôle des assignations en fonction de la demande et la comptabilité L'exploitation du réseau de plates-formes de détecteurs et le tri des données La poursuite, la télémésure et la télécommande

Tableau 5.3

Paramètres du secteur spatial

Engin spatial	Stabilisation	- Double rotation
	Durée de vie calculée du satellite	- 8 ans
	Fiabilité	- 0.7
	Poids	- 963 liv.
	Puissance	- réseau de piles solaires montées sur le corps de l'engin 360 watts en fin de vie utile
Répondeur à 2.5 GHz	Type	- une seule conversion de fréquence
	Fonctionnement	- AMRF
	Entrée	- amplificateur paramétrique non refroidi
	Puissance de sortie	- tube à ondes progressives 9.2 dBW (redondant) transistor 3.9 dBW (redondant)
Répondeur à 300 MHz	Type	- double conversion de fréquence séparation des voies dans l'am- plificateur intermédiaire
	Fonctionnement	- AMRF
	Entrée	- transistor à faible bruit
	Puissance de sortie	- 12.85 à 17.9 dBW (varie suivant le service)
Diagramme de couverture	à 2.5 GHz	- 4° x 8°
	à 300 MHz	- couverture de la Terre

Tableau 5.4

Capacité normale du système à deux satellites

Fréquence	Service	Voies
400 MHz	Transportable	50, semi-duplex
	Mobile	3, semi-duplex (convertible en transportable, 10 pour 1)
2.5 GHz	Fixe	90, duplex
	Programmes radio- phoniques	3, simplex

Exploitation du système

On projette pour le système des stations de contrôle effectuant les doubles fonctions de contrôle des engins spatiaux et de contrôle du réseau de télécommunications. Deux stations s'imposent pour des raisons de fiabilité. Chaque station doit être équipée de deux antennes, une pour chacun des deux satellites en fonctionnement. L'une des antennes sera une antenne de poursuite. L'autre pourrait être plus petite et ne pas servir à la poursuite. L'une des stations serait la station principale et assurerait le contrôle du réseau, ainsi que les fonctions de poursuite, de télémessure et de télécommande pour l'un des deux satellites. La station secondaire assurerait les fonctions de poursuite, de télémessure et de télécommande pour le deuxième satellite et serait en mesure d'assurer toutes les fonctions en cas de défaillance de la station principale. Les stations devraient être situées à l'est et à l'ouest du Canada, ou dans un centre administratif important du Nord, pour que l'on ait des points appropriés de connexion au réseau pour le trafic nord-sud, en plus des stations de liaison aux réseaux régionaux déjà mentionnés. La séparation des stations de contrôle serait plus que suffisante pour permettre le fonctionnement en diversité pendant le passage d'un satellite devant le soleil.

Application à la retransmission des données de détecteurs

Les avantages de l'utilisation de satellites pour relayer les données provenant de détecteurs d'environnement éloignés ont été reconnus internationalement et des répondeurs de relais de données font partie des

projets des systèmes GOES aux Etats-Unis et METEOSAT en Europe. Un service semblable peut être assuré pour les besoins nationaux du Canada en réservant à cet usage une seule voie de station transportable du satellite. Comme le nombre de données fournies par chaque plate-forme de détecteurs est très faible, cette unique voie suffit à desservir plusieurs milliers de plates-formes de détecteurs. On a examiné, lors d'études techniques de systèmes, la conception du système et des plates-formes qui répondraient aux besoins définis par les organismes canadiens exploitant des réseaux de détecteurs^(8,9). Ces études sont résumées ci-après, et les détails en sont donnés à l'annexe 3.

L'idée fondamentale est que les plates-formes de transmission des données associées aux divers réseaux de contrôle de l'environnement utilisent en temps partagé une voie du satellite pour transmettre leurs données à un terminal central de regroupement qui pourrait, en pratique, être la station de contrôle. Là, ces données qui sont déjà sous forme numérique, sont triées, traitées et emmagasinées dans une mémoire d'ordinateur, à laquelle les utilisateurs peuvent accéder. La figure 5.2 en donne une illustration graphique.

L'étude technique du système avait pour objet de déterminer la configuration optimale du matériel de plate-forme de transmission des données, sous les diverses conditions suivantes:

- la voie de satellite serait la même qu'une voie téléphonique de station transportable;
- une conception commune doit pouvoir permettre de desservir la majorité des utilisateurs;
- la plate-forme doit être aussi simple que possible et son prix aussi bas que possible.

L'analyse des besoins des utilisateurs montre qu'il est possible de concevoir une plate-forme de base, sur laquelle on installerait des modules enfichables selon les différents besoins, et que cette solution serait la meilleure. On a choisi la modulation par déplacement de phase (MDP) parmi les autres techniques possibles, en se fondant sur les répercussions sur le taux d'erreurs, la probabilité de perte des communications, l'utilisation de la largeur de bande et la complexité de la plate-forme. Les estimations de trafic et les calculs de probabilité du recouvrement des transmissions ont montré qu'une seule voie téléphonique suffirait pour le système d'accès multiple au moyen de transmissions quasi aléatoires, ce qui permettrait l'utilisation d'horloges relativement peu précises, de faible coût.

L'emploi de modules permet d'adapter la plate-forme aux besoins individuels en ce qui a trait aux caractéristiques telles que formats facultatifs d'entrée de données, horloges précises, possibilité d'interrogation et compression des données à la source. On a trouvé que cette dernière caractéristique, qui se fonde sur le contrôle de l'activité en vue de détecter d'éventuelles conditions d'alarme, est particulièrement avantageuse pour diminuer l'occupation de la voie.

La conception de la plate-forme a été menée jusqu'au niveau des circuits, afin de permettre l'évaluation du coût. En grande quantité, on estime que le prix de la plate-forme de base serait de \$4600. C'est un prix compétitif avec celui des plates-formes qui assurent des fonctions semblables dans les divers systèmes étrangers de retransmission des données susmentionnés.

Système de retransmission des données sur l'environnement

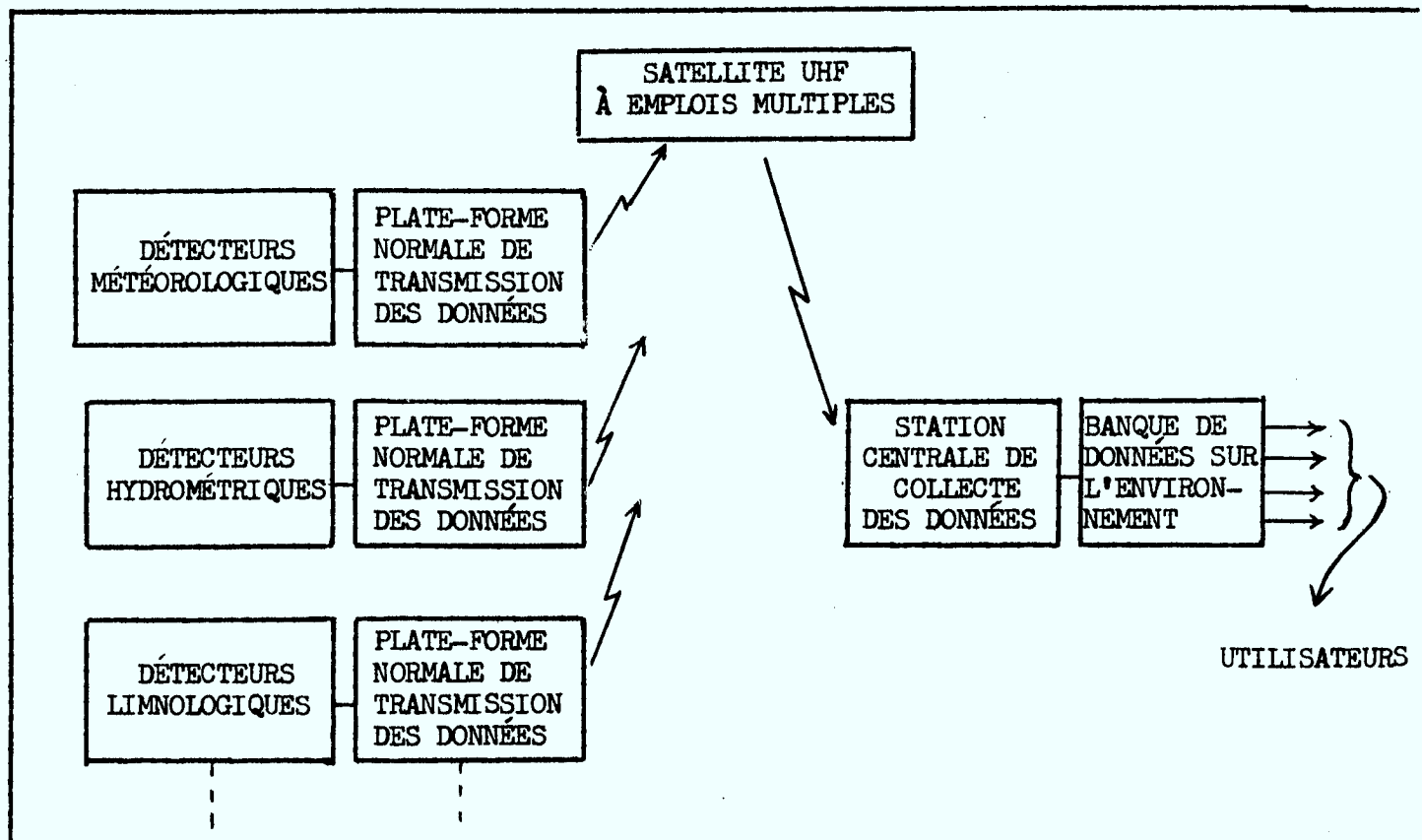


Figure 5.2

Contrôle des radiobalises de localisation des sinistres

Comme un satellite géostationnaire peut être "vu" de toutes les parties du Canada, sauf de la pointe extrême nord des îles arctiques, c'est un véhicule idéal pour le contrôle des signaux de détresse provenant de radiobalises spécialement conçues. La Conférence administrative mondiale des radiocommunications de 1971 a attribué une bande spéciale de fréquences à cette fin (406 - 406.1 MHz). Cette bande est suffisamment proche des

fréquences du répondeur de la bande inférieure pour que l'on puisse réserver des voies pour un service de contrôle.

Les Etats-Unis étudient sérieusement l'idée d'un système de contrôle des radiobalises de localisation des sinistres faisant appel à des techniques spatiales, dans le cadre du projet GRAN (Global Rescue and Alarm Network). L'annexe 9 décrit ce système en détail. Les radiobalises utilisent le système OMEGA pour la localisation; ils peuvent être très compacts (taille des walkie-talkie) et les applications qui peuvent en être faites s'étendent des petits bâtiments sur les eaux côtières ou sur les grandes étendues d'eaux intérieures jusqu'aux émetteurs-récepteurs portatifs dans les zones isolées ou aux indicateurs de position d'écrasement des aéronefs. On peut obtenir une précision de position de l'ordre de 1000 pieds (en utilisant des techniques différentielles), de sorte que l'élément "recherches" peut être supprimé des opérations de recherches et de sauvetage, d'où des avantages énormes.

On peut utiliser les satellites UHF à emplois multiples pour le contrôle des radiobalises de localisation des sinistres, sur le plan national seulement ou sur le plan international, à titre d'élément du système GRAN.

6. Considérations d'ordre économique

Façon de procéder

L'élaboration du modèle technique d'un système réalisable a été appuyée d'analyses financières et de modèles économiques ayant pour objectif de mettre entre les mains de ceux qui prennent les décisions les renseignements nécessaires à l'évaluation du système du point de vue économique. La méthode suivie à cette fin a été de prendre pour point de départ un organisme chargé de la capitalisation, du développement et de l'exploitation du segment spatial, dont les clients sont les utilisateurs des services affectés en propre et ceux des services partagés (public). Les besoins en capital sont calculés selon un calendrier d'échelonnement établi en fonction d'une durée utile de dix ans, et l'on a déterminé les recettes annuelles qui permettront le recouvrement total des coûts du développement et de l'exploitation du système.

On a fixé la durée utile du système à dix ans pour plusieurs raisons. C'est une période de temps raisonnable eu égard à la désuétude technologique; l'amortissement du système sur dix ans donne la latitude de le remplacer, le cas échéant, par un système plus avancé; une période de dix ans semble également logique si on considère que la durée de vie utile d'un satellite est de huit ans et que les deux premières années, durant lesquelles un seul satellite sera utilisé, sont réservées à l'établissement d'une clientèle. Une période de dix ans correspond donc à la durée de vie théorique du second satellite. Le satellite de remplacement du premier, qui devra être mis en service avant la huitième année,

aura, il va sans dire, encore des années de vie utile à la fin de la période de dix ans; ce fait n'étant pas pris en considération, notre analyse sera plutôt conservatrice.

Au cours des études techniques du système, on a demandé à l'entrepreneur de déterminer les coûts de développement et de fabrication des secteurs spatiaux et terriens. On peut trouver ces renseignements dans les rapports de ces études (11, 12). A ces coûts, on a ajouté ceux des lancements et de la gestion du Programme ainsi que l'octroi de primes au rendement et une marge de bénéfice. Afin de vérifier le bien fondé des coûts ainsi obtenus, on les a comparés à ceux du développement et de la mise en service de programmes de même nature, et l'on a déterminé qu'à ce point de vue ils étaient raisonnables. L'étude des analyses statistiques du coût de plusieurs programmes de développement et de fabrication de satellites effectuées par l'Armée de l'Air américaine et COMSAT vient encore confirmer cette évaluation (13). Les coûts estimatifs du satellite UHF sont remarquablement semblables à ceux qu'on pourrait prévoir en se fondant sur les analyses de l'Armée de l'Air des Etats-Unis et de COMSAT.

La division des utilisateurs en clients de services affectés en propre et en utilisateurs des services partagés (public) provient de la diversité des services assurés par le système. Les clients des services affectés en propre sont ceux qui font appel à des secteurs terriens très spécialisés, par exemple, ceux qui utiliseront des services de retransmission de données de détection de l'environnement, et ceux qui nécessiteront une capacité importante du secteur spatial, par exemple, les Forces armées.

Selon toute probabilité, ces usagers fourniront et administreront leur propre secteur terrien et loueront des voies du secteur spatial. Le public utilisera les stations terriennes et les voies du satellite en temps partagé. Ces utilisateurs devront payer une taxe qui couvrira l'utilisation des secteurs terrien et spatial, de la même façon qu'ils paient pour le service téléphonique interurbain. On ne peut s'attendre à ce que le public participe aux frais de capitalisation du matériel; l'analyse ne comprend donc pas les dépenses en capital des stations terriennes qu'il utilisera. L'analyse vise également à déterminer les taxes d'utilisation du système.

Coûts du matériel

Les coûts du matériel, qui constituent les données fondamentales du calcul du coût annuel, ont été évalués au cours des études techniques du système. On trouvera au tableau 6.1 les estimations budgétaires du coût des principaux éléments du système.

Tableau 6.1

Coût des divers éléments du système
(en millions de dollars)

Secteur spatial		Total
Développement	\$19.1 M	
Satellite prototype réaménagé en satellite de réserve	9.3	
Satellites opérationnels, 3 @ \$6.6 M	19.8	
Bénéfices et primes au rendement (10%)	<u>4.7</u>	
		59.9 M
Véhicules et services de lancement, 3 @ \$10 M		30
Installations de contrôle de satellite		1
Secteur terrien		
Stations de télécommande (2)	3.0 M	
Développement des stations téléphoniques	1.2	
Achat (250 @ \$25 k)	6.25	
Aménagement des stations pour réception d'émissions radiophoniques, 250 @ \$2k	.5	
Installation (250 @ \$25 k)	<u>6.25</u>	
		17.2
Gestion du programme		<u>9</u>
Coût total de capitalisation du programme		\$ 110.1 M

Pour les raisons mentionnées précédemment, les coûts figurant au tableau ne comprennent pas le coût des stations terriennes destinées aux usagers des services affectés en propre, étant donné qu'on s'attend à ce qu'ils administrent eux-mêmes leur programme d'achat et de développement. Ces stations terriennes comprennent également les stations transportables et mobiles que pourront utiliser les Forces armées, les stations de transmission des données provenant de plates-formes de détection et les radio-balises de localisation des sinistres.

On trouvera au tableau 6.2 le calendrier des dépenses établi d'après l'échéancier de mise en service.

Modèle financier et économique

Aux fins de l'analyse, les coûts du secteur spatial et des stations de télécommande nécessaires ont été arbitrairement répartis à parts égales entre services affectés en propre et services partagés. On verra plus loin que cette façon de procéder s'apparente à la répartition des ressources du secteur spatial qui pourrait être effectuée provisoirement entre le ministère de la Défense nationale, pour ses besoins en services affectés en propre, et les utilisateurs des services partagés (gouvernement et public). Les coûts étant ainsi répartis, il est possible d'analyser séparément les deux parties du système. Cette façon de procéder permet:

- 1) Le calcul séparé des recettes nécessaires au secteur des services partagés et des tarifs qui devront être imposés afin de réaliser ces recettes.
- 2) L'étude de méthodes différentes de financement du secteur des services affectés en propre.

On trouvera à l'annexe 6 des renseignements concernant ces différentes méthodes d'élaboration de modèles financiers ainsi que leur analyse économique.

En ce qui concerne l'analyse de la partie publique du système, on a pris comme point de départ l'hypothèse d'une entreprise commerciale de la part d'un organisme de télécommunications, comme Télésat Canada, dont le capital proviendrait d'un prêt garanti par l'Etat à huit pour cent d'intérêt. On trouvera au tableau 6.3 le coût annuel de cette partie du système qui a été calculé en fonction de l'amortissement complet du système en dix ans et en tenant compte de l'ensemble des coûts d'exploitation. Ces calculs sont assez modérés, étant donné qu'on n'y tient pas compte de la valeur résiduelle après dix ans, car, à la fin de cette période, le système conservera tout de même une certaine capacité.

Le modèle économique figurant à l'annexe 6 examine les tarifs qui devront être exigés afin que le système soit économiquement viable pour la période de dix ans. On a utilisé pour les calculs le service téléphonique et les services connexes assurés à partir de stations fixes, étant donné que ces services seront la principale source de recettes du secteur des services partagés. Les services de distribution d'émissions radiophoniques ont été également inclus, étant donné qu'ils sont assurés au moyen des mêmes stations que le service téléphonique. On a établi la demande de ce service à trois voies pour dix ans, au loyer annuel d'un million de dollars. Pour les recettes provenant des services téléphoniques, on a déterminé un volume de trafic initial, qui s'accroîtra par la suite de 15 pour cent par an. En se fondant sur les données posées à l'annexe 6,

Tableau 6.2

Calendrier du coût en capital

	'74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	Total
* Coûts non répétés (R et D)	\$3.8M	7.9	7.4											\$19.1 M
* Satellite prototype		3.0	5.3											8.3
* 1 ^{er} satellite opérationnel			2.5	4.1										6.6
* Installations de contrôle de sat.			1.0											1.0
* 1 ^{er} lancement				10.0										10.0
* Réaménagement du satellite prototype					1.0									1.0
* 2 ^e satellite opérationnel					3.0	3.6								6.6
* 2 ^e lancement						10.0								10.0
* 3 ^e satellite opérationnel						1.1	5.5							6.6
* 3 ^e lancement										10.0				10.0
*,@ Gestion du programme	.4	1.2	1.8	1.7	.8	1.3	.6	.1	.1	1.0				9.0
*,# Bénéfices et primes au rendement (secteur spatial)	.25	.7	.85	.25	.25	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	4.7
* Stations terriennes de télécommande			1.0	1.0	.5	.5								3.0
Développement des stations téléphoniques	.4	.8												1.2
Achats de stations tél. 250 @ \$25 k				2.0	2.0	1.25	1.0							6.25
Installation de st. tél. 250 @ \$25 k				2.0	2.0	1.25	1.0							6.25
Récepteurs de radiodiffusion, 250 @ \$2k				.16	.16	.1	.08							.5
Coût total en capital par année	4.45	13.2	20.65	21.21	9.71	19.40	8.48	.4	.4	11.3	.3	.3	.3	\$110.10
** Partie des usagers des services affectés en propre	2.22	6.4	9.93	8.53	2.78	8.45	3.2	.2	.2	5.65	.15	.15	.15	47.96
Partie des usagers des services publics	2.23	6.8	10.72	12.68	6.93	11.0	5.28	.2	.2	5.65	.15	.15	.15	62.14

* Coûts partagés également entre services affectés en propre et services publics

On a pensé que le total des bénéfices et des primes au rendement représente 10% du coût du matériel du secteur spatial, c'est-à-dire, 6% de bénéfices et 4% de primes au rendement, les primes étant uniformément réparties à partir de 1981

** Les coûts ne comprennent pas les terminaux des usagers

@ Le Programme est géré par l'organisme d'exploitation. Le coût de cet élément comprend la gestion par l'entrepreneur.

les recettes provenant de ces services seraient de 6.5 millions pour la première année, et augmenteraient, parallèlement au trafic, de 15 pour cent. La figure 6.2 montre les recettes annuelles nécessaires. Un tarif uniforme et indépendant de la distance de \$1.11 par voie et par minute donnerait le montant nécessaire à la viabilité économique de la partie publique du système. La viabilité économique est ici définie pour un rapport "valeur actuelle du roulement des fonds réels/valeur actuelle du coût en capital" supérieur à 1; dans le cas des recettes prévues, cette viabilité se réalise à des taux d'escompte allant jusqu'à 8 pour cent.

Les recettes provenant de la partie services affectés en propre du système ne dépendront pas du trafic; on peut par conséquent les étudier en partant d'un tarif hypothétique que devra exiger l'organisme d'exploitation. Dans ce cas également, on prévoit un prêt de l'Etat. En vertu de ces dispositions, les frais de location de la moitié de la capacité du satellite seraient d'environ 7.7 millions de dollars par an pour les deux premières années, et de dix millions pour les huit dernières années. La figure 6.2 donne les frais annuels de location.

Tableau 6.3

Frais annuels

<u>Année</u>	<u>Entretien</u>	<u>Frais généraux</u>	<u>Intérêt</u>	<u>Frais d'exploitation</u>	<u>Amortissement</u>	<u>Frais annuels</u>
1977	0.32	0.90	2.80	4.02	3.50	7.52
1978	0.56	0.90	3.07	4.53	4.13	8.66
1979	0.72	0.90	3.62	5.24	4.57	9.81
1980	0.82	0.90	3.68	5.41	5.73	11.13
1981	0.82	0.90	3.24	4.96	6.75	11.71
1982	0.82	0.90	2.72	4.44	6.79	11.23
1983	0.82	0.90	2.62	4.35	8.20	12.55
1984	0.82	0.90	1.98	3.71	8.25	11.96
1985	0.82	0.90	1.33	3.06	8.33	11.38
1986	0.82	0.90	0.68	2.40	8.48	10.88

Répartition des frais entre les usagers

Une méthode simple de répartition des frais entre usagers des services partagés et usagers des services affectés en propre, est fondée sur l'utilisation des ressources du secteur spatial. Une des ressources utilisable à cette fin est la puissance requise pour les voies affectées à chaque usager. Ce calcul, dont on trouvera un exemple à l'annexe 5, fait entrer en ligne de compte l'attribution provisoire de voies à l'utilisateur principal de capacité affectée en propre, le ministère de la Défense nationale; dans ce cas, le MDN utiliserait 56 pour cent de la puissance du secteur spatial. Les autres utilisateurs des services affectés en propre n'auraient, en comparaison, besoin que d'une capacité beaucoup moindre.

FIGURE 6.1

IMMOBILISATIONS

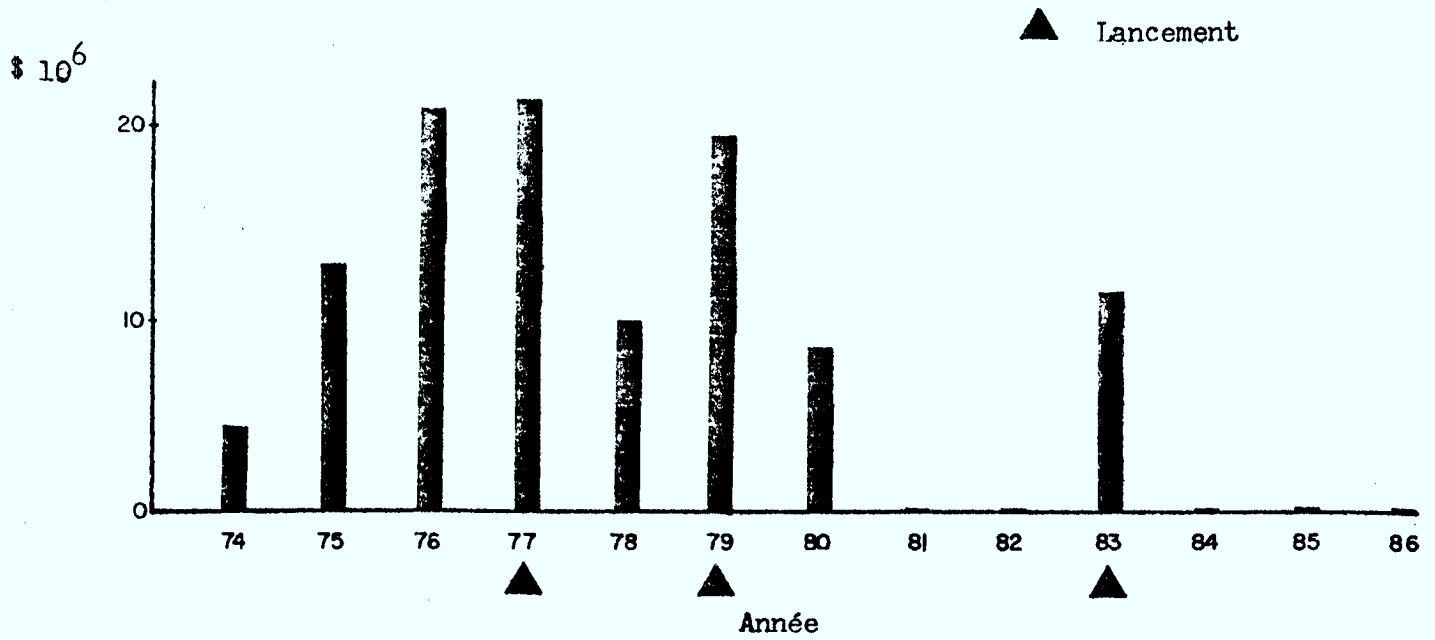
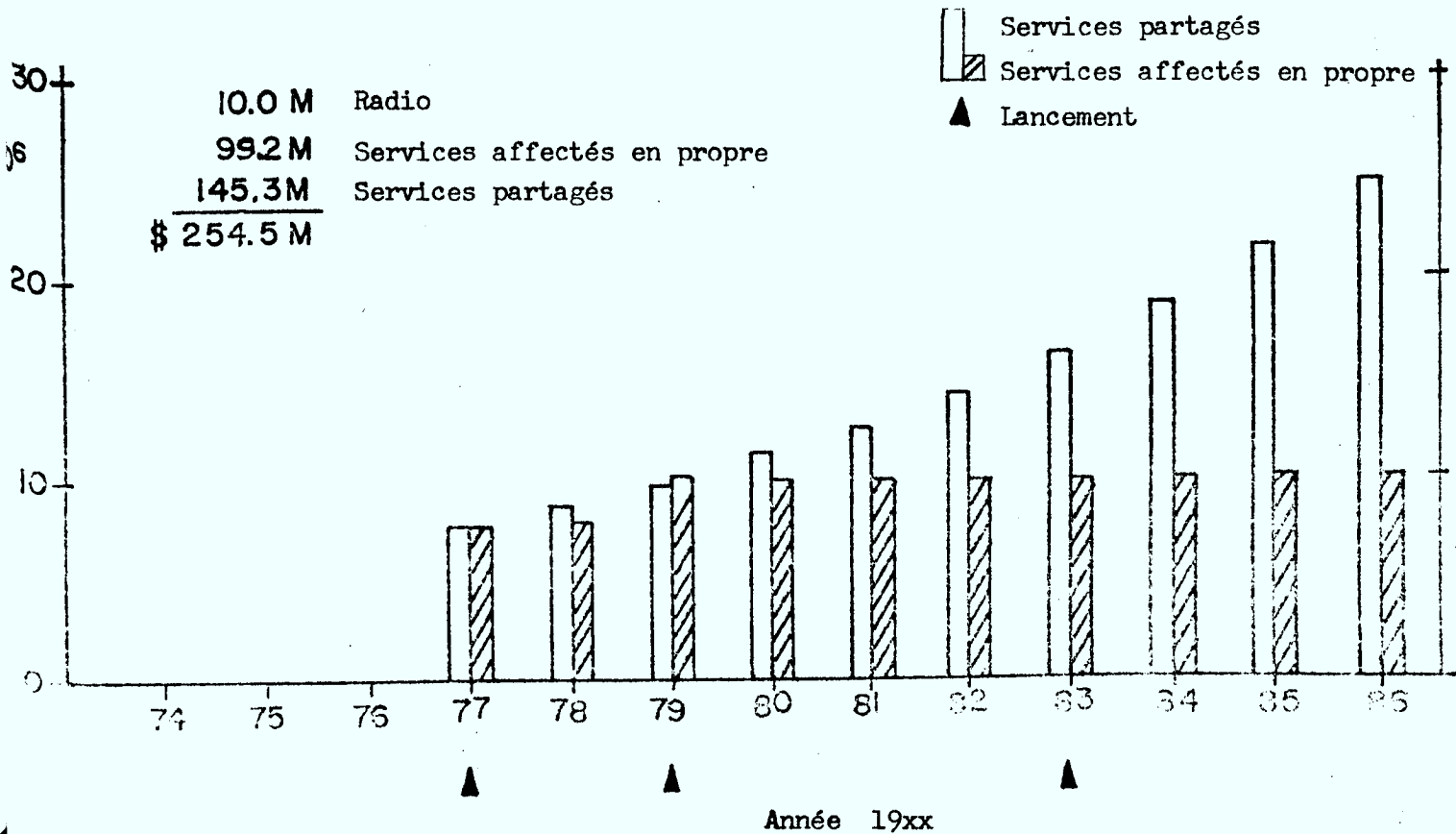


FIGURE 6.2

RECETTES ANNUELLES NÉCESSAIRES



Autres méthodes de financement

Le calcul des recettes nécessaires a été effectué compte tenu d'un prêt de l'Etat à un organisme d'exploitation, qui tirerait ses recettes à parts égales des tarifs exigés pour les services partagés et des frais de location versés par les usagers des services affectés en propre. On peut voir à l'annexe 5 qu'un utilisateur, le MDN, pourrait à lui seul avoir besoin de l'ensemble de la capacité destinée aux services affectés en propre. Par conséquent, les frais de location donnés à la figure 6.2 sont représentatifs des coûts de ce ministère. Toutefois, le MDN étant un utilisateur très important, on a établi à l'annexe 6 une méthode différente de financement pour ce ministère. Il s'agit du cas où les Forces armées prévoient le paiement de la partie du système qu'ils utilisent dans leur budget d'investissement et participent aux frais d'exploitation. Cette méthode prévoit un coût du capital de 47.96 millions de dollars et un coût annuel d'exploitation de \$300,000, ce qui représente 50 pour cent des coûts du secteur spatial et des stations terriennes de télécommande nécessaires.

7. Avantages

L'introduction de la capacité de communications décrite aurait de nombreux avantages. Dans le domaine militaire, on bénéficierait d'une souplesse et d'une fiabilité qui étaient jusqu'ici impossibles au-dessus d'une vaste région où le rôle militaire consiste à sauvegarder la souveraineté, à exercer une surveillance, à effectuer des recherches et à porter secours. Du point de vue civil, on peut citer la valeur sociale d'un système fiable de communications et de radiodiffusion dans les régions isolées et l'augmentation de l'efficacité de l'activité commerciale. Du point de vue gouvernemental, on pourrait accroître l'efficacité de l'administration, atténuer considérablement les disparités régionales quant aux services de communications dans tout le Canada et fournir à de vastes réseaux détecteurs les services de communications désirés, impossibles à réaliser autrement.

Avantages militaires

Nous ne tenterons pas de déterminer le nombre d'avantages que les Forces canadiennes peuvent retirer de ces services, étant donné qu'elles peuvent elles-mêmes s'occuper de cette tâche.

Radiodiffusion

Les avantages de la radiodiffusion sont très bien reconnus, à tel point que la Société Radio-Canada a reçu un mandat et, d'ici les cinq prochaines années, projette d'étendre sa zone de diffusion à toutes les agglomérations dont la population s'élève à 500 habitants ou plus. L'extension du service à de plus petites agglomérations ne dépend que de questions budgétaires et d'une méthode économique de distribution des programmes.

Les communautés locales, particulièrement les autochtones, des régions éloignées ont exprimé leur désir d'avoir des stations radio-phoniques communautaires comme moyen de conserver leur identité culturelle et de contribuer au développement local. En même temps, des liens nationaux sont avantageux pour des stations de ce genre, étant donné que la réalisation de ces objectifs ne peut se produire dans l'isolement. En rendant la programmation du réseau national universellement disponible, on permettra le développement d'une conception de la radiodiffusion centrée sur un mélange de programmation locale et du réseau. La capacité de transmettre des programmes en provenance de régions éloignées aux fins de distribution en temps réel aux agglomérations qui s'y intéressent, est un autre avantage.

L'annexe 7 comprend une analyse quantitative de ce qu'il en coûterait pour fournir les programmes du réseau et construire les émetteurs de radiodiffusion locale si l'on utilisait le système UHF à emplois multiples pour la distribution. Il y a lieu de croire qu'en utilisant cette méthode, les coûts seraient beaucoup moins élevés qu'en assurant le service par des moyens conventionnels.

Terminaux transportables

Bien qu'on s'attende à ce que les militaires utilisent considérablement les terminaux transportables, l'emploi possible de ces terminaux par des civils et des usagers gouvernementaux est aussi très élevé, comme l'indique l'étude donnée à l'annexe 7. Parmi les nombreux avantages décrits, il y en a un que l'on peut évaluer plus facilement. Il s'agit

de la productivité accrue des équipes sur le terrain qui profitent de communications fiables, étant donné qu'elles passent moins de jours d'inactivité sur le terrain. Le coût d'entretien d'un homme sur le terrain s'élève approximativement à \$100 par jour. Si cent équipes de prospection pétrolière, comprenant en moyenne cinq hommes chacune, peuvent économiser 10 jours de travail, les bénéfices possibles en productivité accrue s'élèveraient à un demi-million de dollars. De même, les frais d'exploitation d'un chantier de forage de puits de pétrole s'élèvent en moyenne à \$20,000 par jour. Avec environ 50 chantiers de ce genre en exploitation au cours de la saison de pointe, une journée de productivité accrue pour chacun se chiffrerait à un million de dollars.

Les avantages que peuvent en retirer les usagers gouvernementaux s'échelonnent des avantages plus difficiles à préciser, comme ceux qu'en retirerait la GRC qui accepterait bien la haute fiabilité de ces terminaux mais qui n'est pas trop désavantagée sans cela, aux avantages qu'en retireraient des équipes qui s'occupent de sondage et de cartographie, dont la productivité serait grandement accrue grâce à des communications fiables, de même pour les organismes gouvernementaux qui s'occupent des mesures d'urgence et des opérations de secours en cas de sinistres tels que les incendies de forêt ou les inondations, au cours desquels des communications fiables à court délai sont inestimables. On trouvera à l'annexe 7 un exemple des avantages possibles que peut retirer un ministère; il s'agit du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources qui envoie chaque été 140 équipes sur le terrain (comprenant en moyenne 5 personnes) pour effectuer des sondages géologiques et s'occuper de cartographie. Les bénéfices provenant de la

productivité accrue seraient semblables aux bénéfices obtenus avec les équipes de prospection pétrolière; ils s'élèveraient à \$70,000 pour chaque jour d'inactivité de moins, en moyenne pour toutes les équipes.

Terminaux fixes

Dans les agglomérations où ils seraient installés, les terminaux fixes élèveraient le service à un niveau comparable à celui qui est disponible dans le sud, et toute la communauté profiterait des avantages provenant de communications fiables. Tous ces avantages sont expliqués à l'annexe 7; surtout ceux que les organismes gouvernementaux fonctionnant dans les agglomérations éloignées en retireraient, ainsi que le service amélioré qu'ils pourraient offrir. Etant donné que les budgets des ministères destinés aux services dans les agglomérations éloignées sont considérables, un faible pourcentage d'accroissement de l'efficacité équivaldrait à des millions de dollars d'amélioration des services. Par exemple, une amélioration de 3% des services offerts par le ministère de la Santé et du Bien-Être social, avec son budget annuel de 45 millions de dollars pour les services médicaux dispensés dans les agglomérations éloignées, équivaldrait à 1.35 million de dollars par année. D'autres ministères pourraient retirer des avantages semblables. Le tableau 7 ci-après illustre l'engagement des ministères dans les agglomérations septentrionales.

Tableau 7.1

Ministères gouvernementaux ayant des bureaux dans des
agglomérations éloignées

<u>Ministère</u>	<u>Nombre d'agglomérations</u>
Santé et bien-être social	108
Affaires indiennes et Nord	30
Main-d'oeuvre et Immigration	36
Gendarmerie royale	101
Communications	7
Transports	51
Energie, mines et ressources	7
Environnement	50
Gouvernements des Territoires	80

Puisque la plupart des régions dites éloignées sont situées à l'intérieur des frontières provinciales, les gouvernements provinciaux jouiraient de plusieurs des avantages du genre mentionné ci-dessus pour les terminaux transportables et fixes. De même, les habitants de ces provinces, qui forment 80% de la population du Nord, bénéficieraient de toute la gamme des avantages sociaux. Et, puisque le système s'étend sur plusieurs provinces, l'unité du pays se trouverait aussi renforcée, ce qui serait un avantage supplémentaire. De plus, le système proposé peut facilement être intégré aux systèmes provinciaux de communication, qui garderaient ainsi leur autonomie. Il serait donc possible de satisfaire aux besoins régionaux de même qu'interprovinciaux. Puisque, de par sa nature, le système doit être d'envergure nationale, il serait l'exemple parfait d'une entreprise fédérale qui satisfait aux besoins régionaux tout en fournissant des avantages aux provinces.

Données de télémessure provenant de détecteurs éloignés

Le besoin de données sur l'environnement croît à mesure qu'il s'avère de plus en plus nécessaire d'employer les ressources de façon plus efficace et de contrôler les résultats de cet emploi. Recueillir des données de télémessure par des détecteurs environnementaux éloignés au moyen d'un satellite est une méthode populaire de collecte, reconnue par tous les pays, comme l'ont démontré les satellites français EOLE et GEOLE et les satellites américains ERTS, NIMBUS F et GOES qui ont employé la méthode susmentionnée. Elle serait surtout utile au Canada où un grand nombre de détecteurs doivent être nécessairement situés dans des régions éloignées.

L'annexe 8 décrit les avantages d'employer un satellite pour la retransmission des données. En résumé, mentionnons que

- les détecteurs peuvent être installés n'importe où
- le traitement manuel des données peut être supprimé
- les données sont disponibles en temps réel

L'annexe contient des exemples des avantages pour certains utilisateurs. Ces exemples proviennent de renseignements fournis par ces utilisateurs, qui ont été consultés très souvent au cours de l'évaluation et dont la collaboration a été fort utile. En résumé, l'efficacité accrue de l'emploi de systèmes de réservoirs d'eau pour la production d'énergie hydroélectrique, rendue possible grâce aux données recueillies en temps réel, et importante à cause des pénuries d'énergie, peut augmenter de 1.2% l'énergie électrique produite. La valeur nette de l'énergie provenant de réservoirs situés dans des régions éloignées,

compte tenu des coûts de l'équipement et des frais d'exploitation d'un réseau de détecteurs, est estimée à 5.7 millions de dollars par année. Un rapport publié par le Secrétariat des sciences ⁽¹⁴⁾ a démontré que des données hydrologiques complètes seraient extrêmement utiles à la conception des ouvrages de régulation des eaux. Il a été estimé que les épargnes possibles seront au moins de 3.7 millions par année.

Même si les avantages cités ci-dessus sont des exemples frappants de l'emploi de données hydrologiques, ils ne sont pas les seuls. On pourrait encore mentionner notamment la réduction des dommages causés par les inondations, l'exploitation des réservoirs d'irrigation et l'accroissement de l'efficacité du transport fluvial sur des cours d'eaux comme le Mackenzie.

Les données météorologiques en provenance de télédétecteurs sont aussi d'une grande utilité. Elles servent particulièrement à établir des prévisions météorologiques plus justes dans le domaine du transport aérien. Elles peuvent aussi contribuer, entre autres choses, à prévenir les incendies de forêt, ainsi que nous le mentionnons à l'annexe 8, et à réduire les pertes qu'ils occasionnent et que l'on évalue à 26 millions de dollars.

Les avantages que l'on retire de données de télémessure coûtent très peu, compte tenu des ressources qu'offre le secteur spatial. Ce genre de données représente un volume de trafic si faible que l'on croit qu'il suffirait d'une seule voie de satellite pour desservir tous les réseaux exploités au Canada.

Radiobalises de localisation des sinistres aériens

L'utilisation d'un répéteur de satellite pour le contrôle des émissions provenant des radiobalises de localisation des sinistres aériens nous permet de concevoir un système très efficace de recherches et de sauvetage. On traite d'un tel système et de ses avantages à l'annexe 9. Non seulement un système de sauvetage rapide épargnerait-il des vies humaines, mais encore le coût des opérations de recherches seraient réduits. En effet, l'épargne possible a été évaluée à 28 millions de dollars sur une période de dix ans, une fois tous les aéronefs canadiens munis de ces radiobalises.

8. Conclusion

Un grand nombre de besoins d'ordre militaire et civil que connaît le gouvernement en matière de télécommunications dans le Grand Nord, peuvent trouver satisfaction grâce à la mise au point d'un système de télécommunications de faible capacité. Il est technologiquement faisable et même tentant d'établir un tel système au moyen de satellites de télécommunications. A cause du grand nombre de stations terriennes requises, il faut, dès le stade de la conception, faire en sorte que leur coût soit suffisamment bas et qu'il soit économiquement possible d'en installer dans le Grand Nord tout entier. Un satellite à grande puissance, exploité en UHF, serait idéal pour satisfaire aux exigences en cause. Ce satellite qui fonctionnerait dans 2 des bandes UHF réservées aux télécommunications par satellite, est faisable et le coût de l'établissement d'un système a déjà été calculé. On y voit déjà un certain nombre d'avantages et il est clair qu'exploité habilement, ce système vaudra son pesant d'or.

En étendant les services de télécommunications au Nord (c'est-à-dire dans des régions qui sont, dans les meilleures conditions, mal desservies) les objectifs, au début à tout le moins, doivent tenir compte des questions d'administration, de souveraineté, d'amélioration du niveau de vie, du contrôle et de l'exploitation des ressources, plutôt que de la rentabilité commerciale. Il est donc prioritaire de satisfaire aux besoins d'un grand nombre d'utilisateurs au moyen d'un seul système. La grande variété de services qui pourraient être offerts aux utilisateurs constitue un des grands avantages d'un système UHF

par satellite, mais la liste actuelle des utilisateurs n'est pas nécessairement complète ni unique. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, il y a place pour la mise en vente du service. Il serait aussi possible d'enrichir considérablement cette liste d'utilisateurs sans pour autant annuler les conclusions générales de notre étude relativement à un système de deux satellites fonctionnant dans deux bandes de fréquences.

Le système projeté est en quelque sorte le prolongement du système canadien de télécommunications par satellites qui utilise le satellite ANIK de Télésat Canada. Même s'il n'y a pas lieu de discuter ici des mécanismes de mise en oeuvre d'un tel système, mais bien de l'évaluation objective de ce qu'il vaut, on nous permettra d'ajouter qu'il nous semble rationnel de croire que la meilleure façon d'obtenir le maximum d'avantages des institutions établies et des investissements en capitaux, est de faire appel à Télésat Canada pour la conception, la mise au point et l'exploitation de tout nouveau service canadien de télécommunications par satellite.

Bibliographie

1. Univers sans distances - Rapport sur les télécommunications au Canada, ministère des Communications, 1971.
2. Province of Manitoba Royal Commission Inquiry into Northern Transportation.
3. Un système domestique de télécommunications par satellite - Livre blanc, mars 1968.
4. La Défense dans les années 70 - Livre blanc, août 1971.
5. Le Nord canadien dans les années 70 - Rapport présenté au Comité permanent des Affaires indiennes et du Nord canadien, mars 1972.
6. HF Radio Survey - Design and Results, P.P. Nuspl and O.S. Roscoe, CRC Technical Note No. 638, November 1971.
7. A Single Hop Demand Assignment Scheme for FDMA - R.J. Campbell, CRC Technical Memorandum 552/73, January 1973.
8. Final Report on a Feasibility Study of a Data Retransmission Platform - RCA Limited, DOC Contract PZ 36100-2-0632, June 1973.
9. Data Retransmission from Remote Sensors Using a UHF Communications Satellite - R.J. Campbell, CRC Technical Note No. 640, June 1972.
10. A Small Terminal Satellite Communications System for Remote Areas - O.S. Roscoe, Canadian Electronics Engineering, December 1970.
11. UHF Satellite Communications System - RCA Limited, DOC Contract, PL 36001-0-2946, December 1971.
12. Executive Summary and Final Report on Feasibility Study of a Two Band UHF Communications Satellite - RCA Limited, DOC contract PL 3610-1-0622, December 1972.
13. A Technique for Modeling Communications Satellites - J.D. Keisling et al. COMSAT Technical Review, Vol. 2, No. 1, Spring 1972.
14. La recherche dans le domaine de l'eau au Canada - Étude spéciale n° 5, juillet 1968, Secrétariat des sciences, Bureau du Conseil privé.

