

RAPPORT 1180

CONCEPTION DE SYSTEMES MOBILES A SATELLITES PROCURANT DES SERVICES
AERONAUTIQUES, TERRESTRES ET MARITIMES
AU MOYEN DE RESSOURCES PARTAGEES

(Question 82/8)

1. Introduction

(1990)

1.1 Les systèmes terrestres de radiocommunication permettent d'établir divers types de communications entre unités mobiles et points fixes (normalement un pylône radioélectrique). Pour certains systèmes, la portée de service se situe à l'intérieur de la zone située en visibilité directe de ce pylône. De notables limitations frappent ces systèmes terrestres en ce qui concerne la couverture de régions étendues, de zones océaniques, la couverture économique de régions faiblement peuplées ou de zones géographiques dans lesquelles la demande de communications est faible et la fourniture de services s'étendant au monde entier. L'emploi des techniques à satellite peut permettre de résoudre ces problèmes.

1.2 Trois services peuvent être assurés par des systèmes mobiles à satellites: les services aéronautiques, les services terrestres et les services maritimes. S'il s'agit de services différents, ils ont néanmoins des points communs. Les systèmes mobiles à satellites qui fournissent des services dans chacune de ces trois grandes catégories peuvent offrir une efficacité accrue dans l'utilisation du spectre radioélectrique et des services plus économiques.

1.3 Le présent Rapport étudie les besoins des usagers et les caractéristiques de conception des systèmes mobiles à satellites qui fournissent des services aéronautiques, terrestres et maritimes.

Ce Rapport est suivi de cinq Annexes:

Annexe I : Description générale des systèmes.

Annexe II : Projets de systèmes mobiles nationaux à satellites en Amérique du Nord.

Annexe III: Description préliminaire des conditions techniques du partage des répéteurs.

Annexe IV: Systèmes de commande et de signalisation de réseau pour le système mobile à satellite nord-américain.

Annexe V: Texte cadre utilisable pour une future Recommandation:
Notions pour la conception des systèmes des services
mobiles par satellite

2. Besoins concernant le service

2.1 Services mobiles aéronautiques par satellite

2.1.1 Les besoins concernant les services mobiles aéronautiques par satellite sont examinés dans le Rapport 1173.

Le service du trafic aérien (ATS) et le contrôle de l'exploitation aéronautique (AOC) peuvent être décrits comme suit:

a) En raison de la nature mondiale de l'aviation civile, le même aéronef pouvant apparaître en quelques heures dans des parties très différentes du monde, il est nécessaire de disposer de normes internationales (techniques et d'exploitation) pour la sécurité aéronautique et la régularité des communications en vol.

b) Les paramètres et la mise en oeuvre des systèmes de communication doivent garantir une performance, une sécurité, une fiabilité et une disponibilité de niveau élevé. Les mouvements du trafic aérien international sont réglés avant tout sur la base du vol aux instruments et sont commandés du sol. En conséquence, des communications sont indispensables tous les jours, à chaque minute pour garantir que les aéronefs naviguent à distance de sécurité tout en assurant un service régulier et économique. Un accès virtuellement immédiat est indispensable et doit garantir l'absence d'erreur dans la compréhension des messages car l'on peut ne disposer que de quelques secondes pour éviter un accident.

c) Les normes élevées imposées au titre du point b) rendent essentielle la protection de ces services contre les brouillages préjudiciables conformément au numéro 953 du Règlement des radiocommunications.

d) Les caractéristiques du long cycle d'utilisation des aéronefs et système de propriété des systèmes de communications aéronautiques obligent absolument à libérer une partie suffisante du spectre pour réaliser des services à court terme et permettre l'établissement de plans mondiaux d'avenir permettant une croissance évolutive du service tout en conservant - à titre de minimum - le haut niveau de sécurité d'aujourd'hui.

2.1.2 Le service mobile aéronautique par satellite présente de multiples caractéristiques propres qui découlent des conditions suivantes:

a) le temps nécessaire à l'établissement d'une communication doit être très court et ne doit pas dépasser 2 à 5 s, condition liée à la nécessité de garantir la sécurité des vols;

b) la nécessité de transmettre des volumes importants de renseignements hautement prioritaires (ATS, AOC);

c) la faible p.i.r.e. des stations de communication par satellite des aéronefs;

d) les importantes limitations auxquelles sont soumis le poids et le volume global des stations de communication par satellite des aéronefs, etc.

2.1.3 Là où les communications ATS et AOC sont séparées en fréquence de la correspondance publique aéronautique (APC), des communications administratives aéronautiques (AAC) et des communications des passagers, l'aviation perd la souplesse opérationnelle que permet la réunion de toutes les catégories de communications AMSS sur le même canal radioélectrique. La fourniture des services de communications ATS, AOC, AAC et de passagers sur le même canal peut contribuer à la souplesse d'exploitation et à une économie sur l'équipement des usagers.

2.2 Spécifications du service mobile terrestre par satellite

Les spécifications du service mobile terrestre par satellite sont en cours d'élaboration. On en trouvera un aperçu dans le Rapport BH/8.

2.3 Spécifications du service mobile maritime par satellite

Les spécifications du service mobile maritime par satellite font l'objet des Rapports 920, 918 et 761 notamment.

2.4 Dispositions spéciales intéressant les services de sécurité dans les services mobiles par satellite

Le numéro 953 du Règlement des radiocommunications indique que des mesures spéciales sont indispensables pour garantir que tous les services de sécurité sont protégés contre les brouillages préjudiciables. L'OACI analyse actuellement le Rapport 927 en vue de l'appliquer au service mobile aéronautique par satellite. Des dispositions spéciales intéressant les communications de détresse et de sécurité maritimes et les utilisations mobiles terrestres par satellite intéressant la sécurité des personnes et des biens doivent également être prises en compte (voir le § 4.2.5). Des études complémentaires sont nécessaires pour spécifier des dispositions en vue de protéger les services de sécurité fournis par les systèmes mobiles à satellites.

3. Scénarios relatifs au partage des ressources

3.1 Le partage est l'utilisation commune d'une ou de plusieurs ressources du système par le service mobile aéronautique par satellite (SMAS), le service mobile terrestre par satellite (SMTS) et/ou le service mobile maritime par satellite (SMMS). Trois scénarios de partage ont été définis:

a) Partage d'un satellite, répéteurs distincts

Un satellite emporte plusieurs répéteurs dont un nombre approprié est affecté à chaque service et dont chacun utilise les bandes de fréquences attribuées au service qu'il dessert. Toute l'activité à l'intérieur de ces bandes de fréquences se déroule conformément aux spécifications et aux normes du service intéressé.

b) Partage d'un satellite, partage d'un répéteur

Tout répéteur peut être affecté à plusieurs services. Le spectre attribué est alors divisé entre les services par un positionnement qui peut être fixe ou dynamiquement variable. Dans ce type de répartition, la position du positionnement dépend d'une commande centrale.

c) Partage d'un satellite, partage d'un répéteur, partage du spectre

Tout canal de communication compris dans la partie du spectre attribuée est assigné dynamiquement à l'un quelconque des services pour la durée nécessaire à la réalisation d'une transaction de message.

4. Considérations relatives à la conception d'un système

4.1 Considérations générales

4.1.1 Pour protéger les services de sécurité pertinents et respecter les spécifications techniques et opérationnelles dans les scénarios de partage décrits au § 3 ci-dessus, il faut tenir compte des considérations générales suivantes lors de la conception d'un système partagé.

4.1.2 Service mobile aéronautique par satellite

4.1.2.1 Les exigences rigoureuses de sécurité et de régularité des vols impliquent l'application de normes et la disponibilité de parties appropriées du spectre dans le monde entier. Du point de vue de l'exploitation, il serait souhaitable que les autorités aéronautiques exploitent une famille de satellites spécialisés. Cependant, des considérations économiques interdisent actuellement cette solution, en sorte qu'il faut envisager une certaine forme de partage.

4.1.2.2 Le scénario de partage qui fait intervenir un satellite partagé avec des répéteurs distincts implique:

- a) que les satellites partagés soient positionnés et que d'autres paramètres du système à satellite soient appropriés pour assurer la couverture aéronautique et la qualité de fonctionnement du système désirées;
- b) que des dispositions soient prises pour que, en cas de défaut de fonctionnement, les émetteurs-récepteurs aéronautiques requis pour les communications de sécurité soient parmi les derniers à être perdus.

4.1.2.3 Le scénario de partage qui fait intervenir des satellites partagés et des répéteurs partagés comporte un certain nombre de complexités techniques.

a) Partage fixe

Si les unités SMTS/SMMS desservies par le répéteur partagé travaillent sur une bande de fréquences distincte de celle qu'utilise le service SMAS(R), ces unités mobiles risquent de brouiller les communications SMAS(R) si elles ne sont pas conçues et vérifiées de manière appropriée. Plus particulièrement, la puissance d'un émetteur-récepteur est partagée entre les services et l'exploitation des unités SMTS/SMMS peut occasionner des effets d'intermodulation et de légères suppressions du signal qui peuvent se manifester dans la bande SMAS(R). De ce fait, il pourrait être nécessaire que les unités mobiles des SMTS/SMMS respectent certaines conditions techniques stipulées par l'OACI pour éviter des brouillages non préjudiciables avec les

communications SMAS(R). Ces conditions techniques concernent la conception, l'homologation et l'exploitation des unités SMTS/SMMS. L'OACI élabore actuellement les spécifications techniques nécessaires en estimant qu'elles devraient être respectées par les unités mobiles des SMTS/SMMS partageant des répéteurs de satellite avec le SMAS(R). On trouvera dans l'Annexe III une description préliminaire des conditions techniques applicables au partage des répéteurs.

b) Positionnement variable

Les complexités techniques que suscite le positionnement variable sont quelque peu plus grandes que celles qui sont liées à un positionnement fixe. Plus particulièrement, le système mobile à satellites, y compris les unités mobiles du SMTS/SMMS, devrait observer des spécifications techniques assurant que le positionnement peut être ajusté en temps réel de manière à fournir le spectre SMAS(R) requis.

4.1.2.4 Le scénario de partage qui implique l'utilisation totalement partagée de toutes les fréquences de la bande partagée est le plus complexe car l'exploitation des autres unités mobiles intercalées entre les canaux AMS(R)S pourrait fournir les possibilités de brouillage les plus importantes avec les communications SMAS(R). La priorité d'accès est étudiée au § 4.2.5.

4.1.3 Service mobile terrestre par satellite (SMTS)

4.1.3.1 La vaste gamme d'applications mobiles terrestres exige une protection contre les autres services partagés, afin de garantir la qualité et l'intégrité des communications.

4.1.3.2 Scénarios de partage possibles

a) Répartition fixe

Le système mobile à satellites partagé doit fonctionner par l'intermédiaire d'un répéteur exploité en mode linéaire, afin de réduire à un minimum les effets de la suppression de petits signaux et d'empêcher des produits d'intermodulation intempestifs d'apparaître dans d'autres bandes de fréquences.

Il convient de spécifier des conditions techniques minimales pour limiter à l'intérieur du système les brouillages qui peuvent se maintenir dans des limites inacceptables.

b) Répartition variable

La complexité de la répartition variable est augmentée par la nécessité, le cas échéant, d'interconnecter les différents centres de contrôle avec un protocole adéquat définissant la priorité d'attribution de la largeur de bande. Dans ce scénario, les terminaux mobiles doivent posséder des caractéristiques techniques qui garantissent l'adaptation de la répartition par les centres de contrôle.

L'utilisation entièrement partagée de la largeur de bande disponible impose une complexité accrue au protocole qui définit l'attribution des fréquences aux différents services utilisant en partage la même largeur de bande.



4.1.4 Service mobile maritime par satellite

Texte à mettre au point.

4.2 Considérations détaillées

4.2.1 Introduction

La conception de systèmes mobiles à satellites capables de répondre aux multiples besoins des usagers des services mobiles par satellite soulève des problèmes particuliers. Dans ce contexte, il faut respecter la spécification la plus rigoureuse de chaque service. On trouvera ci-dessous une description de certaines des considérations importantes de conception des systèmes mobiles par satellite. Ces considérations constituent une partie des éléments de base pour mettre au point un projet de Recommandation (voir l'Annexe V).

4.2.2 Techniques d'accès

Des besoins de services différents peuvent nécessiter de concevoir plusieurs méthodes d'accès multiple. Les premiers travaux indiquent que pour le service mobile terrestre par satellite, du moins pour ses liaisons de retour, les meilleures méthodes sont en général l'accès multiple par répartition en fréquence ou par répartition en code. Des groupes de nombreux usagers ayant un faible facteur d'utilisation de données peuvent exiger des méthodes d'accès différentes pour la téléphonie et pour les données afin d'améliorer l'utilisation du spectre et du système.

4.2.3 Assignation des canaux

L'accès multiple aux canaux avec assignation en fonction de la demande contribue à une utilisation efficace du spectre. Des canaux à faible débit binaire et à bande étroite permettent de répondre aux besoins de multiples utilisateurs. Un faible espacement des canaux permet d'augmenter le nombre de canaux au sein de la largeur de bande disponible. Une référence à un système commun pour la commande des fréquences mobiles d'émission et de réception peut minimaliser la largeur des bandes de garde entre canaux et servir de référence pour le décalage Doppler dû à la grande vitesse de déplacement des véhicules. Il conviendrait d'envisager des paliers d'accord de 500 Hz ou de multiples entiers de cette valeur.

Dans un contexte de puissance limitée, un centre de commande commun des réseaux pourrait commander au moins deux réseaux mobiles à satellite, afin d'améliorer l'utilisation du spectre, utilisation qui pourrait autrement être affectée par des brouillages dus à une moindre discrimination d'un grand nombre d'unités mobiles.

4.2.4 Disponibilité/fiabilité

L'application qui présente les exigences les plus rigoureuses pour la disponibilité du service détermine le niveau de fiabilité à respecter. Néanmoins, il faut tenir compte des exigences moindres d'autres applications, afin d'éviter des pénalisations de coût excessives à la viabilité globale du système à satellites. Les communications liées à la sécurité de l'aviation nécessitent une disponibilité exceptionnelle du système de communication par satellite, (voir à ce sujet le Rapport 1173 . On peut recourir à la redondance, à la détection de la charge et à la commutation ou au réacheminement et au délestage pour atteindre un niveau de disponibilité élevé.

Dans le cas des satellites, la disponibilité est en général spécifiée sous la forme de la probabilité qu'une fraction donnée de la capacité du satellite soit disponible à la fin de sa durée utile. Un objectif typique est qu'il y ait au moins une probabilité de 75% que 85% ou plus de la capacité nominale soit disponible à la fin de la durée utile. La capacité de redondance fournie par d'autres satellites est utilisée pour rétablir le service au cas où une panne ne peut être réparée par commutation sur des unités redondantes ou par redistribution du trafic sur des sections non touchées de l'engin spatial. L'expérience montre que des pannes totales sont d'une extrême rareté et que la disponibilité globale du segment spatial du commerce est supérieure à 0,9999. Les spécifications propres de disponibilité des systèmes futurs doivent encore être quantifiées.

Voir aussi le Rapport 918.

4.2.5 Accès prioritaire

L'article 51 du Règlement des radiocommunications définit les priorités des communications du service mobile aéronautique par satellite et l'article 61 définit les priorités applicables aux communications du service mobile maritime par satellite. Le Règlement des radiocommunications ne mentionne pas spécifiquement un ordre de priorité pour les communications des services mobiles terrestres par satellite, bien qu'il convienne de respecter la priorité générale des communications de détresse, d'urgence et de sécurité. Une future CAMR compétente devrait fixer les priorités relatives entre les services.

A l'intérieur des bandes partagées, les besoins du service mobile aéronautique par satellite (R) doivent jouir d'un accès prioritaire pour les communications du service mobile par satellite, compte tenu des autres communications liées à la sécurité du service mobile par satellite.

Pour y parvenir, il faut utiliser un mécanisme capable de mettre en oeuvre l'accès prioritaire avec préemption dans le service mobile par satellite. L'accès prioritaire avec préemption peut être mis en oeuvre par un seul centre de commande si les mobiles réagissent immédiatement aux signaux de commande de ce centre.

Si un ou plusieurs centres de contrôle sont utilisés séparément pour les communications terrestres, aéronautiques et maritimes, il faut appliquer un protocole de priorité bien défini.

4.2.6 Capacité du système

Texte à mettre au point.

4.2.7 Interfonctionnement des systèmes mobiles à satellites

Certains mobiles se déplacent régulièrement dans des zones desservies par plusieurs systèmes mobiles à satellites. L'aviation est l'une des applications qui nécessite la disponibilité du service, une seule station terrienne d'aéronef étant utilisée dans toutes les zones desservies par les systèmes. L'interfonctionnement des systèmes mobiles à satellites est donc assuré pour l'aviation si l'on respecte les normes et pratiques recommandées (SARPS: standards and recommended practices) de l'OACI.

Lorsque les empreintes des faisceaux de systèmes à satellites indépendants se chevauchent, il est indispensable de recourir à une coordination des fréquences lorsque des bandes de fréquences communes sont utilisées.

Quand on peut programmer les communications dans un système, le processus de coordination entre réseaux peut être facilité si ces programmes servent à réduire les brouillages potentiels entre ces réseaux.

4.2.8 Interfonctionnement avec des systèmes de Terre

Texte à mettre au point.

4.2.9 Nécessité de la souplesse pour permettre des utilisations diverses

Un système mobile à satellites peut desservir simultanément une multitude de mobiles ayant des besoins différents en ce qui concerne la largeur de bande des canaux, la puissance du signal, les priorités et les interfaces de réseau. Le mélange des caractéristiques des équipements d'utilisateur variera continuellement.

Les caractéristiques des répéteurs des satellites et les moyens de commande du centre d'exploitation du réseau devraient permettre d'assigner la largeur de bande et la puissance appropriées à chaque terminal mobile en fonction de ses besoins.

4.2.10 Besoins du répéteur de satellite

En cas d'utilisation partagée du répéteur, pour satisfaire aux besoins de souplesse, il est préférable d'utiliser des répéteurs de satellite qui disposent de la totalité de la largeur de bande attribuée et qui sont suffisamment linéaires pour faire face au grand nombre et à la diversité des signaux d'utilisateurs indépendants sans brouillage excessif dû à l'intermodulation. Une gamme de valeurs de gain de répéteur pourrait être nécessaire en fonction de la diversité des usagers mobiles et pour tenir compte des effets des brouillages entre réseaux. La commande de puissance sur la liaison de connexion pour les unités mobiles contribuerait aussi à améliorer la qualité des services dans le cas d'une exploitation partagée des répéteurs. Cela serait indispensable pour tout partage avec le service de sécurité aéronautique.

4.2.11 Considérations relatives aux liaisons de connexion

Texte à mettre au point.

(Des renseignements sont nécessaires pour rédiger cette section, en ce qui concerne les avantages et les inconvénients du partage des fréquences et les problèmes d'intégrité.)

4.2.12 Commande du système

Les systèmes qui partagent la puissance et(ou) la largeur de bande sur des bases variables entre usagers des services mobiles aéronautique, terrestre et maritime doivent avoir une possibilité de préemption immédiate de la puissance et de la largeur de bande pour les utilisations de haute priorité. La commande de tous les terminaux mobiles dans la section partagée du système à partir d'un point unique est indispensable à l'assignation par priorité de la capacité du satellite. La commande par un seul point doit être exercée par un centre d'exploitation du réseau. Ce centre devrait avoir un élément physique de

remplacement situé en un autre emplacement géographique. Il doit pouvoir accéder immédiatement à tous les terminaux qui travaillent dans la partie partagée de la capacité pour permettre une réassignation des canaux de communication ou, si nécessaire, le rejet des usagers de priorité inférieure si la capacité du satellite est requise pour des utilisations prioritaires.

Ce centre doit aussi pouvoir télécommander les terminaux défectueux susceptibles de causer des brouillages excessifs au système.

4.2.13 Considérations relatives aux terminaux des usagers

Une caractéristique utile des terminaux est qu'ils disposent d'un canal de signalisation incorporé, en sorte qu'ils reçoivent en permanence les signaux de signalisation sur ce canal.

4.2.14 Considérations relatives aux stations terriennes

Texte à mettre au point.

4.2.15 Nécessité de réutilisation de l'orbite/de satellites à faisceaux multiples

Texte à mettre au point.

4.2.16 Effets de la préemption par des usagers prioritaires

Des études complémentaires sont nécessaires pour étudier les conséquences de la préemption de canaux de faible priorité, compte également tenu de l'utilisation éventuelle de systèmes de files d'attente pour les faibles priorités.

4.3 Considérations d'ordre économique

4.3.1 Les équipements des aéronefs sont conçus en fonction de normes de qualité de fonctionnement, d'intégrité et de fiabilité très strictes et pour travailler dans des environnements très durs. Il en résulte des coûts unitaires relativement élevés. Dans un système partagé, tous les terminaux mobiles doivent être conformes à des spécifications additionnelles visant à garantir qu'un service n'en dégrade pas un autre.

4.3.2 Certaines normes et spécifications que doivent observer les stations terriennes mobiles maritimes et terrestres ne sont pas aussi contraignantes que dans le cas des stations terriennes d'aéronefs. L'emploi d'équipements communs ou de grands sous-ensembles d'équipements dans les stations terriennes aéronautiques et non aéronautiques mobiles n'est donc pas envisagé du fait qu'il imposerait une pénalité inutile sur le coût des unités non aéronautiques. En conséquence, il est peu vraisemblable que la production de stations terriennes mobiles des services SMTS/SMMS contribue de façon significative à la réduction des coûts de fabrication des stations terriennes d'aéronefs en raison d'économies dues à la production en quantité.

4.3.3 De multiples systèmes spatiaux fournissant des services dans la même zone géographique ou dans des zones adjacentes peuvent occasionner des problèmes de coordination de fréquence. Le partage du spectre risque encore de s'y ajouter et de réduire les possibilités de coordination de ces services.

4.3.4 Si les besoins combinés de spectre des services qui le partagent dépassent le spectre disponible, des difficultés surgissent. L'attribution dynamique ou permanente de spectre supplémentaire à un service aux dépens d'un autre peut soulever des difficultés en raison des investissements considérables consentis par le service désavantagé. En conséquence, il faudra peut-être libérer une partie supplémentaire du spectre à l'intention de tous les services mobiles par satellite pour répondre aux besoins futurs de ces services et il faut prévoir à cet effet des arrangements appropriés à long terme.

4.4 Méthodes d'utilisation efficace des bandes de fréquences attribuées aux services mobiles par satellite

4.4.1 Il convient de tenir compte de plusieurs principes pour obtenir une utilisation efficace de la ressource spectre/orbite par les services mobiles par satellite. Il faut envisager d'appliquer les principes évoqués ci-après aux nouveaux systèmes et, à terme, aux systèmes existants à mesure que les satellites et les stations terriennes mobiles sont remplacés (ou réaménagés) et que sont mis au point des possibilités nouvelles et des équipements plus évolués:

- un espacement optimal des voies dans un contexte de partage des fréquences;
- la réutilisation des fréquences fondée sur l'espacement angulaire des zones de service ou des satellites;
- des méthodes de modulation et de codage insensibles aux brouillages et qui réduisent le plus possible la largeur de bande utilisée;
- l'affectation dynamique des voies en fonction des différents besoins à partir des ressources mises en commun des systèmes.

4.4.2 L'espacement minimum que l'on peut réaliser entre les voies d'un même faisceau d'un satellite dépend de différents facteurs: erreur de compensation Doppler, instabilité de fréquence et incréments d'accord des synthétiseurs. L'exploitation en vertu de cet espacement minimum des voies peut être moins efficace que le recours à des espacements un peu supérieurs dans de nombreux cas où la réutilisation des fréquences est impossible dans le même canal. S'agissant de systèmes utilisant des antennes à plusieurs faisceaux, l'entrelacement des voies assignées (c'est-à-dire le décalage de fréquence) dans différents faisceaux peut augmenter le niveau de réutilisation des fréquences. Néanmoins, pour certains types de porteuses, il faut parfois prévoir un espacement des voies supérieur à la valeur minimale pour parvenir à une discrimination suffisante. De même, l'entrelacement des voies utilisées dans deux systèmes ou plus peut réduire la largeur de bande totale qu'exigent ces systèmes, par rapport à l'utilisation de voies sans chevauchement. Voir le Rapport 1172.

4.4.3 Comme indiqué dans le Rapport 1172, la séparation géographique des zones de service et la séparation spatiale des satellites peuvent faciliter le partage des fréquences. On peut réduire fortement le spectre nécessaire aux divers systèmes si l'on applique ces principes pour concevoir les antennes des

satellites et celles des stations terriennes mobiles. Le Rapport 1172, traite également du principe de l'augmentation de l'efficacité d'utilisation du spectre par une réutilisation des fréquences dans un même système. On peut y parvenir au moyen de satellites à plusieurs faisceaux, ce qui améliore aussi le partage avec d'autres systèmes et partant, l'efficacité d'utilisation du spectre.

4.4.4 L'efficacité d'utilisation du spectre peut être notablement réduite si l'on fait des distinctions rigides et permanentes en ce qui concerne la largeur de bande qui peut être utilisée pour certains services mobiles par satellites, à l'exclusion d'autres services. Cela est vrai même quand les services qui, autrement, seraient isolés requièrent des qualités différentes d'écoulement du trafic [Lunayach, 1982]. Pour empêcher cette inefficacité, une méthode est envisagée au § 4.1.2.3 b) du présent Rapport. Quoi qu'il en soit, il est indispensable de concevoir soigneusement, sur le plan technique, les systèmes qui mettent leurs ressources en commun, afin de répondre à tous les besoins de qualité.

5. Considérations relatives à l'exploitation du système

5.1 Zones de couverture du service

Texte à mettre au point.

6. Conclusions

6.1 On reconnaît généralement qu'une forme de partage des ressources des systèmes à satellites entre services mobiles par satellite peut permettre une économie globale dans les frais de mise en oeuvre.

6.2 Si l'on examine les scénarios de partage énumérés au § 3, il est évident que la complexité du système augmente en même temps que le niveau de partage, mais que les frais de mise en oeuvre additionnels qui pourraient découler de cette complexité pourraient être compensés par l'efficacité opérationnelle générale. Il est également évident que certaines des options de partage du spectre impliqueraient de considérables efforts de planification, de coordination et de validation pour garantir l'observation des conditions de fiabilité, d'intégrité et de priorité requises pour les communications du service SMAS(R).

6.3 On estime que, tout au moins au début, les systèmes mobiles par satellites partagés devraient appliquer une division fixe du spectre, afin de laisser assez de temps pour de nouvelles recherches et pour définir et valider les conditions technique et opérationnelle permettant de mettre en oeuvre une division variable et le partage du spectre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LUNAYACH, R.S. [novembre 1982] - Analysis of a mobile radio communications system with two types of customers and priorities, Transactions on Communications, Volume COM-30, N° 11, IEEE.

	NOM DU SYSTEME INMARSAT						
	STANDARD A	STANDARD B	STANDARD C	STANDARD-M		AERONAUTIQUE TELEPHONIE DONNEES	
SERVICE	MM (MT)	MM(MT)	MM, MT	MM	MT	MA	MA
GAIN D'ANTENNE TYPE	20 dBi	20 dBi	1 dBi	14 dBi	12 dBi	12 dBi	0 dBi
EXEMPLE DE TYPE D'ANTENNE	Parabolique	Parabolique	Quatre hélices	Gamme courte	Réseau linéaire	Réseau à commande de phase	Quatre hélices
DIMENSION TYPE D'ANTENNE	1 m diam.	1 m diam.	5 cm diam.	40 cm diam.	60 x 9 cm	50 x 50 cm	10 x 10 cm
FACTEUR DE QUALITE: (G/T)	-4 dB(K ⁻¹)	-4 dB(K ⁻¹)	-23 dB(K ⁻¹)	-10 dB(K ⁻¹)	-12 dB(K ⁻¹)	-13 dB(K ⁻¹)	-26 dB(K ⁻¹)
P.I.R.E.	36 dBW	33 dBW	13 dBW	24 dBW	22 dBW	26 dBW	14 dBW
DEBIT DE SIGNALISATION	1200, MDPB	6000, MDPB	1200, MDPB	6000, MDPB	6000, MDPB	600, MDPA	600, MDPA
MOD, A MES							
CED, DEBIT	Non communiqué	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2
DEBIT DE SIGNALISATION	4800, MDPB	24000, MDPQO	1200, MDPB	3000, MDPB	3000, MDPB	600, MDPBA	600, MDPBA
MOD, DE MES							
CED, DEBIT	Non communiqué	CONV, 3/4	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2
CODAGE DE LA VOIE	2:1 COMP.-EXT.	CPA 16 kbit/s	Non communiqué	TBD (environ)	5 kbit/s	9,6 kbit/s	Non communiqué
DEBIT DE DONNEES D'USAGER	(4800 bit/s)	9,6 kbit/s	600 bit/s	2400 bit/s	2400 bit/s	9,6 kbit/s	300 bit/s
DEBIT DE VOIE COMM., MOD.	FM, 12 kHz DEV	24 kbit/s, MDPQO	1200 bit/s MDPB	8 kbit/s, MDPO	8 kbit/s, MDPQO	21 kbit/s, MDPQA	600, MDPBA
TEMPS D'ENTRELACEMENT	Non communiqué	Non communiqué	8,64 s	Non communiqué	Non communiqué	40 ms	0,67 s
RAPPORT C/N TYPE	52 dBHz	49 dBHz	37 dBHz	43 dBHz	41 dBHz	48 dBHz	36 dBHz
ESPACEMENT DES VOIES	50 kHz	20 kHz	5 kHz	10 kHz	10 kHz	17,5 kHz	2,5 kHz
DEBUT DE L'EXPLOITATION	1976	1992	1990	1992	1992	1990	1990

MA : mobile aéronautique

MT : mobile terrestre

MM : mobile maritime

ANNEXE II

SYSTEMES MOBILES NATIONAUX EN AMERIQUE DU NORD

1. Introduction

Le Canada et les Etats-Unis ont depuis longtemps reconnu la nécessité de services de communications mobiles fiables pour toutes les régions du continent nord-américain et pour de multiples applications. La demande croissante de services de téléphonie et de transmission de données mobiles et avec équipements portatifs associée aux tendances à la diminution des coûts et à l'évolution des techniques par satellite et des techniques de communication ont apporté une base solide au progrès de systèmes opérationnels.

La base potentielle d'utilisateurs d'un système de communication mobile par satellite pour services multiples associée à la zone limitée à desservir (très inférieure à une couverture mondiale) contrebalance le coût de la fourniture d'un système à satellites à l'aide d'antennes de satellite de gain relativement élevé, ce qui permet des économies de coût et des capacités fonctionnelles plus grandes pour les utilisateurs disposant d'antennes de gain plus faible.

Ainsi donc, le Canada et les Etats-Unis ont pris des initiatives pour élaborer des systèmes du service mobile par satellite compatibles. Ces systèmes sont conçus par Telesat Mobile Incorporated (TMI) et par l'American Mobile Satellite Consortium, Inc. (AMSC) au Canada et aux Etats-Unis respectivement.

Les mises en oeuvre initiales se feront en accord avec la demande initiale prévue pour les services mobiles. Leur capacité se développera en fonction de la demande, tout d'abord par la mise en orbite de nouveaux satellites, puis par de nouvelles générations de satellites dont les faisceaux feront davantage appel à la réutilisation des fréquences et à des puissances plus élevées. Ces systèmes seront compatibles vers le haut, en sorte que les utilisateurs ne devront pas nécessairement changer leur matériel lors du lancement de nouveaux satellites.

La CAMR MOB-87 a réattribué le spectre des 1,5/1,6 GHz pour faire place au service mobile terrestre par satellite en plus des services mobile maritime par satellite et mobile aéronautique par satellite. La configuration des systèmes de base de l'Amérique du Nord part de l'hypothèse qu'une partie suffisante du spectre à 1,5/1,6 GHz peut être coordonnée pour l'Amérique du Nord en sorte qu'il est possible d'établir des systèmes commercialement rentables tant aux Etats-Unis qu'au Canada.

Le Canada envisage d'acheter un satellite exploité à la longitude de 106,5°O et l'AMSC prévoit de commencer par l'acquisition d'un satellite exploité au voisinage de 100°O et d'ajouter par la suite deux satellites qui seront respectivement installés à 60°O et à 130°O.

Les spécifications du système mobile à satellite du Canada (MSAT) et des segments spatiaux de l'AMSC indiquées ci-dessous ne sont pas encore définitives et pourraient faire l'objet de modifications.

2. Besoins des usagers et capacités des services à satellite

Il existe d'importants besoins portant sur des capacités améliorées et supplémentaires de services mobiles terrestres par satellite. Aussi bien aux Etats-Unis qu'au Canada, des communications par satellite sont indispensables pour combler les vides parfois importants entre les services fournis par les systèmes mobiles de Terre. Ces besoins portent en particulier sur le nord du Canada et sur les régions à population clairsemée qui s'étendent au-delà d'une bande de 200 à 300 km de large le long de la frontière entre les Etats-Unis et le Canada. De même, aux Etats-Unis, de nombreuses régions ne sont pas desservies par les systèmes mobiles. Au Canada, par exemple, on note un contraste frappant entre les communications téléphoniques, de données et vidéo fiables assurées par les satellites Anik par l'intermédiaire d'installations fixes réparties dans tout le pays et les communications sur ondes décimétriques qui sont notoirement peu fiables compte tenu des conditions de propagation contraires qui prévalent dans les régions du centre et du nord du Canada.

On note des besoins tout particuliers de services mobiles de communications aéronautiques dans l'Amérique du Nord et dans les zones maritimes adjacentes. Ces besoins s'étendent aussi bien aux communications intéressant la sécurité qu'aux autres et sont analogues aux besoins intéressant les services mobiles terrestres dont il vient d'être question. On peut notamment considérer comme correspondant à des mises en oeuvre à court et à long terme l'amélioration des services mobiles de communication de sécurité aéronautique. A long terme, le service par satellite peut notablement améliorer les services fournis à tous les usagers et toutes les applications aéronautiques dans l'immense région intérieure du Canada. Aux Etats-Unis, les services à satellite peuvent combler les vides entre les zones actuellement desservies par les systèmes de Terre (par exemple en desservant les hélicoptères du service medivac lorsqu'ils se rendent sur le lieu d'accidents de la circulation). A plus long terme, la Commission des futurs systèmes de navigation aérienne (FANS) de l'OACI prévoit une évolution des communications mobiles aéronautiques de sécurité tendant à l'emploi de services à satellite pour remplacer - et non pour compléter - les moyens de Terre. Ces possibilités permettraient une notable réduction de l'infrastructure terrestre existante.

Plusieurs études de marché ont été exécutées par Telesat, DOC, l'AMSC, la NASA, Woods-Gordon, Telecom Canada, Bell Canada, la Radio Common Carrier's Association et d'autres, au cours des dernières années afin de préciser les types de services nécessaires et l'importance du marché d'un système mobile à satellite pour zone étendue. La Figure 1 montre quelques-unes des applications caractéristiques ainsi définies.

Ces applications peuvent être assurées par les services suivants:

- 1) Service mobile de radiocommunications, qui assure des communications téléphoniques entre un terminal mobile et une station de base ou entre plusieurs stations mobiles.
- 2) Service téléphonique mobile (MTS) - service de communications vocales entièrement duplex qui fournit à des terminaux mobiles un accès direct au réseau téléphonique public commuté (RTPC) par l'intermédiaire de stations têtes de ligne à ondes centimétriques.

- 3) Le service mobile pour transmission de données (MDS), service qui fournit des voies de communication pour le transfert bidirectionnel de données entre un terminal mobile et une station de base. Les données peuvent être transmises en commutation de circuits ou en commutation par paquets.
- 4) Le service d'acquisition et de commande de données (DACS), qui assure le transfert d'information provenant de plateformes de rassemblement de données vers des stations de base et la transmission de messages de commande en sens opposé.
- 5) Le service aéronautique - bien qu'il puisse être fourni par certaines des catégories dont il vient d'être question - est considéré comme ayant un caractère suffisamment particulier pour être classé séparément (voir le Rapport 1173). Parmi ses applications, il convient de citer:
- les services du trafic aérien (ATS), conformément aux spécifications de l'OACI,
 - les communications aéronautiques opérationnelles (AOC), conformément aux spécifications de l'OACI,
 - la correspondance publique aéronautique (APC), y compris les communications administratives aéronautiques (AAC).
- 6) Autres services, tels que le service de détermination de la position et les services de communications transportables en fonction de la demande qui les concerne.

Divers facteurs influent sur le développement du marché. La Figure 2 montre une prévision de la croissance des ventes de terminaux au Canada au cours de la prochaine décennie. Elle prévoit une croissance rapide du marché pendant la durée utile de la première génération du système MSAT. TMI et AMSC fourniront conjointement deux satellites, l'un pour TMI et l'autre pour l'exploitation initiale d'AMSC. Chaque satellite servira de moyen de secours pour l'autre en cas de panne catastrophique de l'un d'eux. Le lancement de ces satellites pourra se faire en fonction du développement du marché. Dans ce cas et pour commencer, la capacité du premier de ces satellites, qui pourra être propriété américaine ou canadienne, serait partagée entre les deux partenaires. Un second satellite, qui appartiendra au second partenaire, sera lancé quelques mois plus tard, chacun acheminant du trafic et assurant une protection mutuelle à l'autre. Dans la mesure où les besoins des Etats-Unis sont importants, l'AMSC prévoit de lancer deux satellites supplémentaires en fonction de l'évolution de la demande. Si la demande augmente encore, un système de deuxième génération, recourant davantage à la réutilisation des fréquences, devra être réalisé.

Cette stratégie nécessite une compatibilité totale entre les systèmes mobiles à satellite des Etats-Unis et du Canada. Bien que compatibilité de service ne signifie pas toujours identité des engins, l'achat de deux satellites initiaux très semblables offrirait manifestement des avantages économiques puisqu'il permettrait de partager les coûts non récurrents du segment spatial entre les deux exploitants.

2.1 Services prioritaires

Certains services, tels que ceux qui concernent la sécurité de la vie et la régularité des vols dans le service aéronautique ou la détresse et la sécurité dans les services maritimes, nécessitent une priorité supérieure à celle d'autres services de communication. A ce propos, il convient, par exemple, de citer les services du trafic aérien (ATS) et la commande de l'exploitation aéronautique (AOC). Une capacité déterminée sera libérée dans le système pour les services SMAS(R) qui sera exclusivement réservée aux services de sécurité aéronautique ou à d'autres services aéronautiques conformes à l'architecture OACI FANS. Le système AMSC/MSAT utilisera un "partage dynamique variable", c'est-à-dire que la capacité spécifique et la puissance réservées pour les services SMAS(R) varieront en fonction des besoins. S'il est prévu qu'un trafic de sécurité SMAS(R) maximal dépasse la capacité attribuée, une largeur de bande et une puissance additionnelles seront dégagées sur la base d'une préemption en temps réel. La capacité disponible dans la première génération et dans les générations ultérieures du système devrait dépasser la charge maximale du trafic SMAS(R), en sorte que les usagers de priorité inférieure ne soient pas indûment gênés.

3. Configuration du système

La meilleure utilisation des ressources (voies) du satellite correspond à leur assignation en fonction de la demande. La capacité d'accès en fonction de la demande est réalisée au moyen d'un système d'accès multiple avec assignation en fonction de la priorité de la demande (PDAMA) installé dans un Centre de commande du réseau (NCC). De multiples terminaux mobiles peuvent être connectés à d'autres terminaux mobiles, à des stations de base, au RTPC ou à des réseaux pour données (par l'intermédiaire de stations têtes de ligne), ce qui permet de constituer un réseau de communication d'une grande souplesse.

Un NCC peut attribuer la capacité des circuits communication par communication pour la téléphonie comme pour la transmission de données avec commutation de circuits. Il peut attribuer une ou plusieurs voies pour la transmission de données avec commutation par paquets sous la direction du centre de données. Un terminal mobile établit normalement une communication sur une voie de signalisation (voie de demande). Le NCC utilise une voie de signalisation (voie d'assignation ou de commande) pour assigner ce terminal et une liaison de connexion de station terrienne à une voie de communication libre. A la fin de la communication, le terminal libère la voie de communication qui devient libre et qui peut donc être réassignée par le NCC à une autre communication. Dans le cas du service AMS(R)S, la capacité de fréquence et de puissance seront attribuées aux éléments du système aéronautique PDAMA sous forme de portions distinctes qui seront utilisées pour des voies conformes au système SARPS de l'OACI.

Ces systèmes disposeront de faisceaux ponctuels multiples de manière à augmenter la p.i.r.e. du satellite et à permettre la réutilisation des fréquences en raison de la limitation du spectre disponible.

Les communications à destination et en provenance de terminaux mobiles utiliseront la bande des 1,5/1,6 GHz (1 626,5 - 1 660,5 MHz pour la liaison montante et 1 530 - 1 559 MHz pour la liaison descendante). Les transmissions à destination et en provenance du centre de commande du réseau, des centres têtes de ligne et des stations de base utiliseront les ondes centimétriques (autour de 13/11 GHz) pour les liaisons montantes et descendantes. Les trajets entre ces stations et le satellite et entre le satellite et les terminaux mobiles sont appelés liaisons aller. Les trajets dans la direction opposée sont appelés liaisons de retour.

Les principaux éléments du système sont:

- 1) Le segment spatial, qui inclut le satellite et le centre de commande du satellite (SCC).
- 2) Le segment terrestre qui comprend:
 - les stations tête de ligne,
 - les stations de base et les stations de données,
 - les terminaux mobiles.
- 3) Le centre de commande du réseau (NCC), qui comprend:
 - le système de gestion du réseau (NMS),
 - le système de commande PDAMA (DCS).
- 4) Le système de commande PDAMA aéronautique.
- 5) Un système de signalisation qui interconnecte les éléments qui composent le système.

La configuration du système est représentée à la Figure 3.

4. Comment les services sont-ils fournis?

Les exploitants du système ont la possibilité de travailler comme prestataires d'un service public, possédant et exploitant les satellites et des NCC offrant l'accès multiple au satellite avec assignation en fonction de la demande et des priorités et des ressources de puissance et de spectre conformes aux définitions ci-dessus. Les usagers pourraient obtenir le service fourni par les prestataires qui peuvent être institutionnellement indépendants de l'exploitant du système spatial.

Les systèmes à satellite ont des possibilités de partage dynamique du spectre variables qui leur donnent une grande souplesse dans l'assignation du spectre à des services différents. Ces possibilités permettent l'assignation d'une partie exclusive du spectre aux services de communication de sécurité aéronautique. Le NCC, utilisé en liaison avec un PDAMA aéronautique (AV-PDAMA), peut assurer la priorité et l'accès immédiat par préemption à la totalité du spectre réservé et à toute la puissance du système nécessaire à un moment donné quelconque pour les services des communications de sécurité aéronautique.



Le NCC fonctionnera comme point unique de commutation et centre de commande pour l'assignation souple du spectre de l'engin spatial et de sa puissance à la multiplicité des usagers. Dans le cadre de ses fonctions, le NCC assignera le spectre et la puissance nécessaires aux services de communication de sécurité aéronautique en réponse aux demandes de l'AV-PDAMA qui dépendent des autorités aéronautiques appropriées.

Il doit y avoir une approche évolutionnaire systématique de la fourniture des communications de sécurité aéronautique par satellite. Le développement et la mise en oeuvre de cette approche doivent démontrer à la communauté aéronautique et de manière hautement crédible que le partage du spectre ne compromet pas l'intégrité des communications de sécurité aéronautiques. Ce système doit pouvoir se développer ultérieurement pour pouvoir répondre à tous les besoins de l'AMS(R)S.

Les services du trafic aérien (ATS) qui englobent le contrôle du trafic aérien et le contrôle de l'exploitation aéronautique (ACC) sont les seules fonctions de communication qui disposent de l'AMSS(R) avec la priorité appropriée et d'un accès de préemption immédiat. D'autres communications aéronautiques, les communications administratives aéronautiques et la correspondance publique aéronautique ont le même statut que les communications similaires non aéronautiques. La capacité de commande des NCC permettra un accès prioritaire des communications de sécurité et d'urgence non aéronautique.

Les communications autres que les services de sécurité aéronautique seront fournies aux usagers terminaux par l'intermédiaire d'une multitude d'arrangements de prestation de service, sous le contrôle des NCC.

Des agences gouvernementales, des services publics ou de grandes entreprises de transport routier peuvent louer une certaine capacité de satellite et constituer leur propre réseau de liaisons de connexion de stations terriennes en vue de pouvoir établir directement des communications avec les véhicules de leur flotte. L'exploitation de ce réseau devra s'attacher aux canaux de commande des NCC pour satisfaire les besoins de priorité et d'accès avec préemption pour les services essentiels de communication de sécurité.

5. Spécifications relatives à la performance du système

En vue d'assurer une utilisation optimale du spectre, la plupart des communications seront établies selon les principes d'une seule voie par porteuse (SCPC) et de l'accès multiple par répartition en fréquence (AMRF) avec un espacement nominal de 5 kHz entre canaux, contre un espacement plus large (30 kHz) dans les systèmes cellulaires de Terre sur 800 MHz. Ce besoin de voies de 5 kHz impose des contraintes aux techniques de codage/modulation possibles de la parole qui peuvent être utilisées en MSAR. Le schéma de modulation analogique de base de la parole envisagé est la modulation à bande latérale unique avec compression-expansion d'amplitude (ACSSB) alors que la version numérique de base est un codage prédictif linéaire de 4 kbit/s avec modulation codée en treillis (RCM) et modulation de phase octovalente. D'autres techniques de codage/modulation appropriées peuvent être utilisées, par exemple, un codage prédictif linéaire excité par livre de code (CELP) avec modulation différentielle avec décalage minimum (DMSK). Des techniques appropriées pour les usagers aéronautiques conformes aux spécifications de l'OACI sont indiquées dans le Rapport 1173.

La qualité de transmission de la parole dépend de la performance propre des schémas de modulation utilisés, des caractéristiques de propagation des liaisons, du bruit et du brouillage, des limites concrètes de la puissance RF du satellite par canal vocal, ainsi que des limites pratiques du facteur de qualité du terminal terrien possible compte tenu des dimensions de l'antenne du véhicule. Les voies téléphoniques du service mobile radioélectrique (MRS) seront conçues pour travailler avec une densité du rapport porteuse/bruit sans évanouissement de 52,3 dBHz dans la bande des 1,5/1,6 GHz.

Pour les usagers mobiles du téléphone auxquels il faut assurer une haute qualité subjective, le rapport porteuse/bruit devrait être d'environ 55 dBHz. Pour les applications aéronautiques et maritimes qui ne subissent pas l'effet de zones d'ombre, les conditions relatives au rapport porteuse/bruit seraient assouplies d'environ 3 dB.

Dans le cas d'un terminal MRS utilisant des antennes mobiles à gain de 10 dBi, ces conditions de qualité correspondent à une p.i.r.e. de satellite de 32,3 dBW par voie téléphonique pour la modulation à bande latérale unique avec compression-extension en amplitude comme indiqué au Tableau I.

Ce système utilisera les modes d'exploitation suivants pour les communications téléphoniques:

- 1) mobile MRS vers stations de base en ondes centimétriques,
- 2) mobile MRS vers mobile dans le même faisceau,
- 3) mobile MRS vers mobile situé dans un faisceau différent.

Les mêmes types de connexion seront disponibles pour les terminaux MRS, sauf qu'ils seront reliés à une station tête de ligne plutôt qu'avec une station de base. Des connexions analogues peuvent être définies pour les communications de données avec commutation de circuits, de paquets ou de messages.

En mode d'exploitation normal, les signaux de la liaison montante des faisceaux dans la bande des 1,6 GHz seront transposés en fréquence au satellite dans le faisceau de la liaison descendante en ondes centimétriques.

De même, les canaux en ondes centimétriques de la liaison montante seront transposés en fréquence dans la bande des 1,5 GHz de la liaison descendante. Ces liaisons ondes centimétriques-ondes centimétriques sont essentiellement destinées à la signalisation, aux communications de données entre centres têtes de ligne et aux communications des NCC. La connectivité de liaisons typiques du système est représentée à la Figure 4.

La capacité d'un système de la première génération devrait suffire pour desservir, pendant la période de pointe du trafic, au moins 50 à 60 mille usagers équivalents du téléphone. En admettant une activation par la parole avec un coefficient d'activité de 0,4, (c'est-à-dire en admettant qu'une voie assignée ne transmet activement que pendant 40% du temps), que l'utilisateur moyen génère un trafic de 0,0106 Erlang et que le système soit conçu pour un taux de blocage de 15%, 60 000 usagers nécessitent l'assignation d'environ 570 à 580 voies pour le trafic téléphonique. Il est bien évident que ce trafic ne saurait être homogène, des voies diverses et des taux de blocage différents étant utilisés.

Une condition supplémentaire est la possibilité d'accepter une concentration d'utilisateurs dans certaines régions du Canada et des Etats-Unis étant donné qu'il est peu vraisemblable que les utilisateurs soient uniformément répartis dans ces deux pays. La distribution effective peut n'être pas connue avant qu'un temps considérable ne se soit écoulé à partir du début de la mise en service. Le segment spatial doit donc avoir la possibilité de redistribuer la capacité du système sur commande venue du sol.

Pour ce qui est des conditions de qualité des voies téléphoniques terrestres mobiles, divers essais ont indiqué que le niveau de 52,3 dBHz pouvait se dégrader pour tomber à 45 dBHz avant que la voie MS ne devienne inutilisable. Compte tenu du bilan de bruit donné, cela correspond à une marge de 10 dB environ pour la liaison descendante. La dégradation du niveau du signal pour les terminaux mobiles travaillant dans la bande des 1,5/1,6 GHz est essentiellement due à la propagation par trajets multiples et au blocage par des obstacles tels que des arbres: une parfaite caractérisation de ces éléments ne pourra être faite qu'un certain temps après le début de la mise en service. La marge de la liaison requise pour une qualité de service donnée peut donc devoir être modifiée après le lancement du satellite afin d'accepter les caractéristiques de blocage d'une zone de service donnée. En conséquence, la conception du segment spatial permettra une exploitation avec d'importantes différences de niveau entre les voies actives.

6. Description du segment spatial

La taille, la puissance et la configuration des satellites MSAT/AMSC dépendent des besoins de performance du système. Il existe diverses solutions théoriques et la décision relative à la mise en oeuvre technique doit être laissée au constructeur de l'engin spatial.

L'engin décrit dans les paragraphes qui suivent correspond à l'une des configurations possibles. Il a été choisi pour fournir une base à la capacité du système. On trouvera ci-dessous une brève description de la conception théorique du satellite et une étude de la capacité évaluée du système.

La couverture de la zone de service canadienne à 1,5/1,6 GHz est assurée par quatre faisceaux ponctuels circulaires avec un gain de 33 dBi en limite de la zone de couverture (EOC). Une configuration à cinq faisceaux couvre le territoire continental des Etats-Unis (Alaska compris). La Figure 5 a) montre la configuration résultante à neuf faisceaux. Une option laissée ouverte permettrait de couvrir le Mexique avec deux faisceaux supplémentaires si ce dernier choisit un service conjoint en utilisant soit le satellite canadien, soit le satellite des Etats-Unis. La couverture peut s'étendre à d'autres régions, dont Porto Rico, les îles Vierges américaines et Hawaii.

Un seul faisceau d'émission/réception en ondes centimétriques peut couvrir la zone de service combinée des Etats-Unis et du Canada avec un gain EOC de 25 dBi (Figure 5 b)).

Pour pouvoir accepter de multiples utilisateurs ayant des besoins différents, ce qui nécessite des modulations, des niveaux de puissance, etc., différents, le satellite sera doté d'émetteurs-récepteurs linéaires à large bande, c'est-à-dire qu'il n'y aura pas de répartition des canaux au satellite.

Le même spectre de 1,5/1,6 GHz étant aussi recherché par nombre d'administrations et d'organisations internationales, il n'y a aucune garantie que le système dispose d'une masse contiguë de spectre suffisante pour couvrir ses besoins. Il est plus vraisemblable que de nombreux fragments du spectre seront disponibles dans toute la bande après coordination avec les autres utilisateurs de la bande. Il faut donc une souplesse suffisante pour pouvoir commuter dans un faisceau quelconque n'importe quel fragment du spectre. Ainsi, on pourra assigner la capacité du système en multiples d'une unité de base de spectre entre les quatre faisceaux canadiens et les cinq faisceaux des Etats-Unis à partir d'un réseau de commutation qui pourra être commandé à partir du sol (voir Figure 6, laquelle montre encore le schéma de principe fonctionnel de la charge utile du satellite).

Les principales caractéristiques de chaque segment spatial sont indiquées sur le Tableau II.

La capacité en voies du segment spatial est limitée par la puissance de la charge utile disponible et par le spectre. L'essentiel de la puissance de la charge utile sera absorbée par les amplificateurs de puissance BF de 1,5 GHz. En admettant une perte de 2 dB à la sortie, la p.i.r.e. de 32,3 dBW nécessitera une puissance BF de 1,35 WBF par voie active pour un gain d'antenne de 33 dBi EOC. En se fondant sur ces chiffres, la capacité en voie estimée pour le système sera d'environ 860 voies téléphoniques équivalentes assignables.

Certains des points de la zone de couverture bénéficient d'angles de site relativement élevés et/ou n'ont qu'une ombre réduite (voire aucune). Pour ces zones-là, les besoins de marge de liaison seraient réduits et une p.i.r.e. par voie plus faible serait nécessaire. D'autre part, des techniques de modulation nécessitant une p.i.r.e. moins élevée pourraient être conçues dans l'avenir.

Les distances entre satellites devraient être favorables à la radiodétermination par mesure des distances à partir des satellites. A titre d'exemple des performances qui pourraient être assurées, la technique de mesure des distances par tonalité codée [Briskin et autres, 1979] permet des localisations avec une précision de 400 m environ pour toutes les latitudes de l'Amérique du Nord avec des transmissions numériques au débit binaire de 2,4 kbit/s. Une précision supérieure pourrait être réalisée avec une largeur de bande plus importante ou des durées d'émission plus grandes à toutes les latitudes de l'Amérique du Nord.

7. Description du segment terrestre

Les composantes principales du segment terrestre sont les stations têtes de ligne, les stations de base, les stations centrales pour données et les terminaux mobiles.

7.1 Les stations têtes de ligne servent d'interface avec le RTPC et permettent des communications entre usagers et abonnés du RTPC. La tête de ligne accepte des communications téléphoniques et de données. Pour les services de données du RTPC tels que Data-Route et Datapac, les têtes de ligne devront disposer de traducteurs de protocole. Ces têtes de ligne travailleront en ondes centimétriques et seront réparties sur tout le territoire des Etats-Unis et du Canada pour assurer une utilisation optimale des réseaux de Terre et à satellite.

7.2 Les stations de base sont définies comme centres de dispatching ou comme stations terriennes fixes privées pour groupes d'usagers ayant souscrit au MRS ou à d'autres services privés. On admet que chaque groupe d'usagers du MRS se composera au minimum d'une station de base et d'un certain nombre d'usagers mobiles. Il est prévu que jusqu'à 95% du trafic MRS sera échangé entre stations de base et terminaux mobiles.

Le nombre relatif d'usagers mobiles par stations de base variera notablement entre communautés mobiles (sa valeur moyenne est évaluée à 250/1). Mais, en moyenne, le trafic offert au système à partir de l'ensemble des stations de base devrait être égal à celui en provenance des usagers mobiles. Cette situation affectera le nombre requis de voies de signalisation à 1,5/1,6 GHz et en ondes centimétriques. Le rapport entre le trafic téléphonique et le trafic de données émanant des stations de base et celui en provenance des terminaux mobiles est un paramètre très important qui aura des répercussions directes sur la puissance requise à bord du satellite.

Les stations de base émettront vers le satellite dans la bande des ondes centimétriques pour la liaison montante et recevront les émissions du satellite dans cette même bande.

7.3 Terminaux mobiles

Les terminaux mobiles de radiocommunication seront entièrement contrôlés par le NCC. Ils pourront travailler en mode semi-duplex ou en mode duplex, l'émetteur comme le récepteur bénéficiant tous deux de l'agilité en fréquence. Ils travailleront dans les bandes 1,5/1,6 GHz. Ils seront dotés d'un processeur DAMA qui leur permettra de recevoir et de réagir aux instructions du NCC communiquées sur les voies de signalisation. Une technique de commande positive consiste pour les terminaux à avoir un récepteur de voie de signalisation (SCR) distinct du récepteur de la voie de communication principale, en sorte qu'il puisse recevoir en permanence des signaux sur la voie de signalisation (même lorsqu'il est en cours d'émission). Une telle conception offrirait plusieurs avantages:

- refus d'accès pour les terminaux qui ne seraient pas conformes aux spécifications de performance;
- moyen de contrôler en permanence les terminaux mobiles, par exemple pour la préemption ou la réassignation à des voies disponibles;
- dérivation positive de fréquences à partir d'une fréquence de référence commune;
- disponibilité d'un signal continu pour la poursuite et la commande de puissance des antennes de stations mobiles.

Un équipement d'utilisateur ne sera pas en mesure d'émettre s'il n'est pas verrouillé à la voie de commande. Une option, qui pourrait être nécessaire pour certaines classes d'équipements d'usagers est l'incorporation de détecteurs mesurant les principaux paramètres de performance. Les indications fournies par ces détecteurs pourraient être lues au NCC sur commande par l'intermédiaire de la voie de commande.

Le terminal téléphonique mobile fonctionne de manière analogue au terminal mobile de radiocommunication, sauf qu'une tête de ligne lui servira d'interface avec le RTPC. Il travaillera en mode duplex.

Un fort pourcentage des terminaux du système devraient être des terminaux pour données mobiles. Ils se présenteront sous des configurations diverses et seront dotés de capacités différentes en fonction du type de service de données offert (terminaux de données interactifs bidirectionnels, terminaux de données unidirectionnels, unités d'appel, terminaux de détermination de la position, etc.).

8. Centre de commande du réseau

Le Centre de commande du réseau est la station directrice unique de toutes les fonctions d'exploitation du système, exception faite de la sécurité aérienne. Il s'agit donc des fonctions suivantes:

- référence de fréquence du système,
- assignation des voies de communication,
- assignation de la priorité des voies,
- préemption de la largeur de bande nécessaire pour réassignation de sécurité,
- surveillance de la qualité du réseau,
- surveillance de la qualité des équipements d'utilisateur,
- déconnexion des équipements d'utilisateur défectueux,
- enregistrement de la durée, de la largeur de bande et de la puissance utilisées pour chaque communication,
- tenue des dossiers et facturation.

Les deux principaux éléments du Centre de commande du réseau sont le système de gestion du réseau (NMS) et le système de commande DAMA (DCS). La Figure 7 représente le schéma de principe d'un Centre de commande du réseau. Pour plus de clarté, on n'a pas indiqué les interfaces du PDAMA aéronautique.

8.1 Le système de gestion du réseau aura la charge de la surveillance générale, de la maintenance et de la planification à long terme des ressources du système. Il communiquera directement avec le DCS et avec l'AV-PDA-PDAMAS afin de recevoir l'information relative aux statistiques du trafic et aux besoins d'AMS(R)S. Le NMS calculera la répartition entre la téléphonie, les données et les voies de signalisation afin d'optimiser la performance du réseau et il exécutera la répartition nécessaire pour le système de sécurité aéronautique PDAMA. De plus, il sera chargé d'optimiser les tables d'acheminement utilisées par le DCS pour acheminer les communications MTS vers les stations têtes de ligne appropriées. Cette information sera transmise au DCS. Le NMS rassemblera aussi l'information de facturation en provenance du DCS et de la station tête de ligne. Cette information sera régulièrement recueillie, en dehors des heures de pointe, sur les voies de signalisation en ondes centimétriques. Le NMS est aussi chargé de décourager les usagers non autorisés.

8.2 Le système de commande DAMA coordonne, commande et assure la maintenance des activités dans divers composants du segment terrestre en insistant en particulier sur les activités et événements à court terme. Les principaux objectifs du DCS sont d'assurer la disponibilité maximale des voies par l'exercice de ses fonctions et, en liaison avec le NMS, de faire la meilleure utilisation des ressources du système. Un système de signalisation efficace, pouvant utiliser le nombre minimal de voies tout en fournissant une qualité acceptable, par exemple pour le temps d'établissement des communications, est indispensable. Le DCS transmet également les informations de fréquence et de base de temps à d'autres éléments du réseau.

Le DCS canadien exploitera un réseau qui comptera environ 80 000 à 120 000 usagers au moment où le système de la première génération viendra à saturation. Il sera connecté à toutes les stations de base, stations têtes de ligne et terminaux d'usager par des liaisons de données à commutation par paquets appelées "voies de signalisation". Le DCS des Etats-Unis devra desservir un nombre beaucoup plus grand d'usagers et disposera de voies de signalisation fonctionnellement identiques.

Toutes les fonctions de commande des communications associées au réseau, telles que le traitement des communications, doivent être exécutées par un ensemble d'ordinateurs de haute fiabilité compatibles avec les autres éléments du réseau afin d'assurer la fiabilité maximale du système. La fiabilité et l'intégrité doivent être au moins aussi bonnes que celles que l'on exige de l'AMS(R)S.

9. Éléments essentiels de la technologie

Le programme d'acquisition de l'équipement et de mise au point du système place un défi devant les constructeurs d'équipements comme devant les concepteurs de systèmes. Aussi bien le segment spatial que le segment terrestre contiennent des composants qui ont une influence déterminante sur la rentabilité du système et doivent répondre à des exigences de qualité très strictes. Les préoccupations portent avant tout sur la réalisation d'un amplificateur de puissance à semi-conducteurs pour 1,5 GHz (SSPA) efficace pour le satellite, la conception et l'homologation de grandes antennes (5 m environ) pour le satellite, le maintien d'une souplesse permettant de répondre aux besoins de l'aviation - qui ne sont pas encore parfaitement définis - ainsi que l'installation et la qualité de fonctionnement d'antennes rentables à gain élevé pour les véhicules.

Le SSPA doit pouvoir travailler avec une grande efficacité de conversion de l'alimentation en continu en puissance radioélectrique et une intermodulation acceptable sur une large gamme de niveaux de puissance de sortie tout en écoulant un nombre variable de voies actives. Il doit aussi faire preuve d'une fiabilité élevée sur une longue durée utile (> 10 ans) dans un milieu de rayonnement hostile et sans pénalité de poids excessive. La réalisation de SSPA de 1,5 GHz de grande puissance est en cours. Des mesures expérimentales indiquent qu'il serait possible d'obtenir une efficacité supérieure à 25% avec un rapport porteuse/intermodulation de 22 dB pour des niveaux de puissance de radiofréquence allant jusqu'à 50 à 60 Watts. On obtient des rapports porteuse/intermodulation plus élevés à des niveaux d'efficacité plus faibles.

Les antennes d'engins spatiaux de grand diamètre impliquent des mécanismes de déploiement complexes du fait que les limitations de l'enveloppe de la charge utile des véhicules de lancement obligent à utiliser des réflecteurs pliés ou dépliables si leur diamètre dépasse 3 m. La vérification de la performance de ces antennes au sol présente des difficultés, les formes mécaniques en orbite étant difficiles à reproduire avec précision dans le cadre d'un milieu à 1 g.

Plusieurs entreprises étudient des antennes d'engins spatiaux dans la gamme des 5 m. Bien que les mécanismes de déploiement soient en général infiniment plus complexes que ceux de réflecteurs solides durables, les précisions de surface que l'on peut atteindre semblent promettre que l'on disposera de réflecteurs d'une grande efficacité.

L'emploi de réflecteurs maillés augmente les risques d'intermodulation passive (PIM). La contamination par les moteurs de correction de l'engin spatial peut contribuer à cette difficulté, notamment parce que les gains élevés des émetteurs-récepteurs des satellites mobiles (> 150 dB) et la séparation en fréquence entre les fréquences d'émission et de réception 1,5/1,6 GHz rendent le système sensible à l'intermodulation passive. La séparation maximale des trajets d'émission et de réception et l'utilisation importante des techniques de limitation de la PIM (telles que l'emploi de connexions soudées plutôt que de connecteurs, la non-utilisation de câbles tressés, etc.) devront être réalisées si l'on veut limiter les dangers de dégradation de la performance.

Le gain des antennes des terminaux mobiles a un effet direct sur l'un des paramètres qui peut être l'un des plus onéreux du système: la p.i.r.e. de la liaison descendante du satellite. La conception et la validation d'une antenne mobile de gain élevé et rentable, acceptable par la communauté des usagers au point de vue du prix, des performances et de l'esthétique présente donc une considérable importance.

Les antennes mobiles de gain élevé doivent être orientées en permanence en direction du satellite lorsque le véhicule change de direction. La conception d'un mécanisme de pointage approprié présente des difficultés considérables pour le concepteur.

Diverses antennes mobiles de gain élevé existent à divers stades de réalisation dans la bande des 1,5/1,6 GHz. Dirigées électroniquement, des antennes en phase dont le gain dépasse 10 dBi ont déjà été réalisées, mais il reste encore à effectuer d'importants travaux de développement avant qu'elles ne soient commercialement disponibles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BRISKEN, A.F. et autres, [août 1979], Land Mobile Communications and Position Fixing Using Satellites", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. VT-28, N° 3.

TABLEAU I

Bilan de liaison MRS 1,5/1,6 GHz et en ondes centimétriques
Téléphonie à bande latérale unique avec compression-extension en amplitude

PARAMETRE	UNITE	LIAISON ALLER	LIAISON RETOUR
		Ant. 3,5 m à ondes centimétriques vers mobile	Mobile vers ant. 3,5 m à ondes centimétriques
LIAISON MONTANTE			
Fréquence	MHz	13 200	1 650
p.i.r.e. liaison montante/porteuse commandée par la voix	dBW	45,1	16,2
Affaiblissement sur le trajet	dB	206,8	188,7
G/T du satellite	dB(K ⁻¹)	-3	2,8
IPBO total/Emetteur- récepteur (Puissance moyenne)	dB	N/A	12
Densité de flux requise/ porteuse téléphonique	dB(W/m ²)	-117,8	-146,7
Porteuse/bruit thermique	dBHz	63,9	58,9
Largeur de bande de bruit	kHz	3	3
Porteuse/bruit thermique	dB	29,2	24,1
LIAISON DESCENDANTE			
Fréquence	MHz	1 545	11 300
p.i.r.e. requise/porteuse commandée par la voix	dBW	32,3	10,6
OPBO total requis	dB	N/A	7
Affaiblissement sur le trajet	dB	188,1	205,4
G/T terminal à la réception	dB(K ⁻¹)	-17,5	25,9
Porteuse/bruit thermique	dBHz	55,2	59,7
BROUILLAGE (C/I)			
Intermod. et dispersion d'énergie			
Liaison montante	dB	32	25
Liaison descendante	dB	22	25
Autres sources			
Liaison montante	dB	32	40
Liaison descendante	dB	40	29
Brouillage total	dB	21,2	21,1
Porteuse/bruit total	dBHz	55,9	55,9
Porteuse/bruit total en l'absence d'évanouissement	dBHz	52,3	53,1

TABLEAU II

Caractéristiques du segment spatial

Emplacement sur l'orbite	106,5°0, (Canada) près de 60°0, 100°0, 130°0, (Etats-Unis)
Classe des satellites	2 500 kg
Masse de la charge utile	350 kg
Puissance de la charge utile	2,5 kW
Bandes de fréquences	RX 1 626,5 - 1 660,5 MHz TX 1 530 - 1 559 MHz
Largeur de bande d'un émetteur-récepteur	29 MHz
Nombre de faisceaux	4 Can + 5 US à 1,5/1,6 GHz (+ option 2 Mexico) 1 nord-américain en ondes centimétriques
Polarisation	RHCP pour la bande des 1,5/1,6 GHz linéaire VP réception HP émission en ondes centimétriques
Dimensions de l'antenne	deux réflecteurs de 4,9 m
G/T EOC	2,8 dB(K ⁻¹) 1,6 GHz -3 dB(K ⁻¹) ondes centimétriques du trafic
Protection contre les éclipses	25% du trafic en heure chargée
Durée utile	10 ans

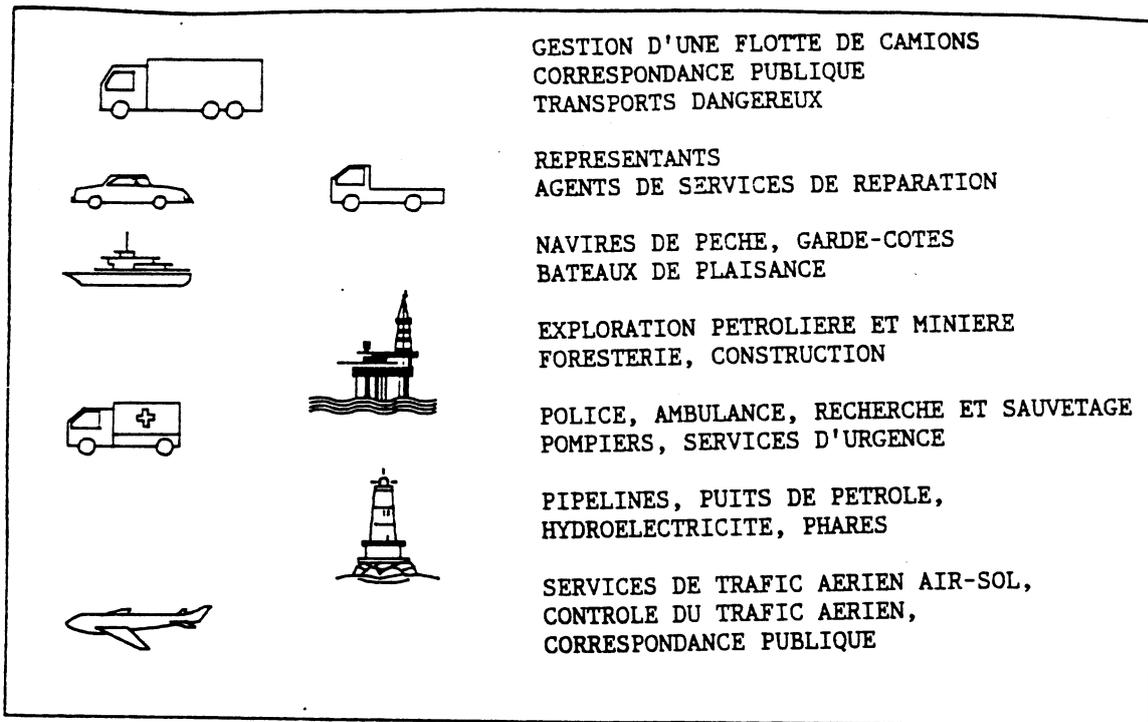


FIGURE 1

Applications typiques

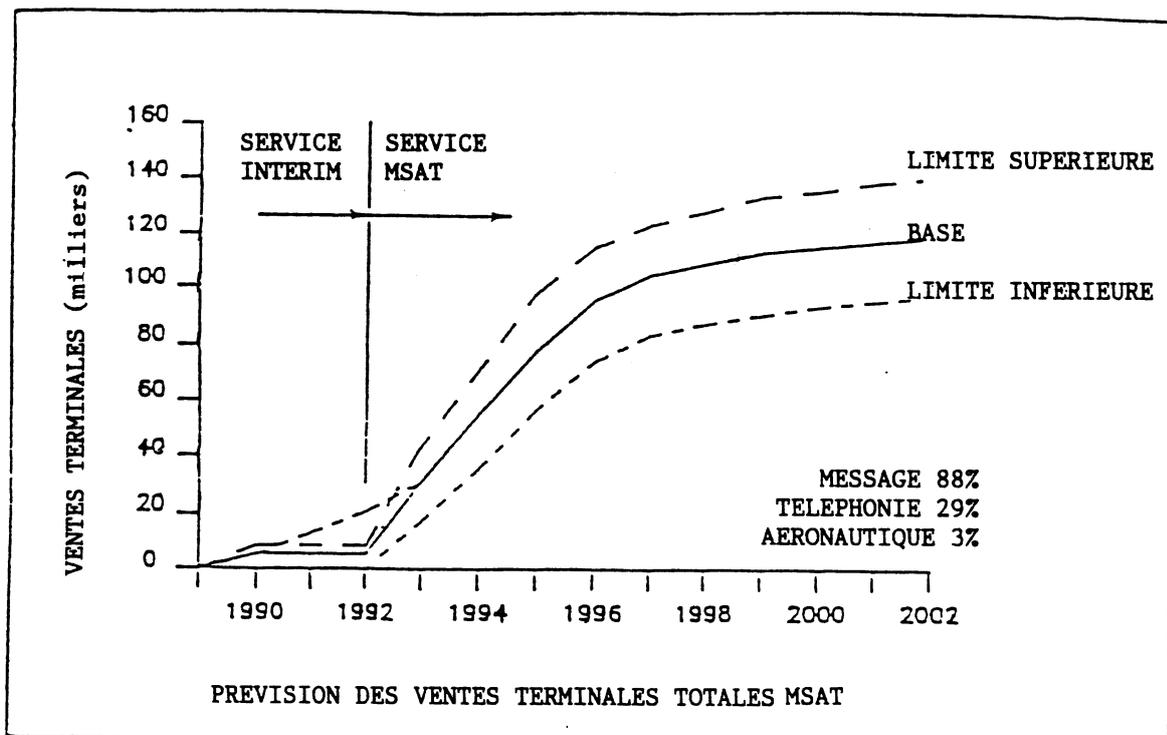


FIGURE 2

Prévision de ventes terminales totales pour le Canada

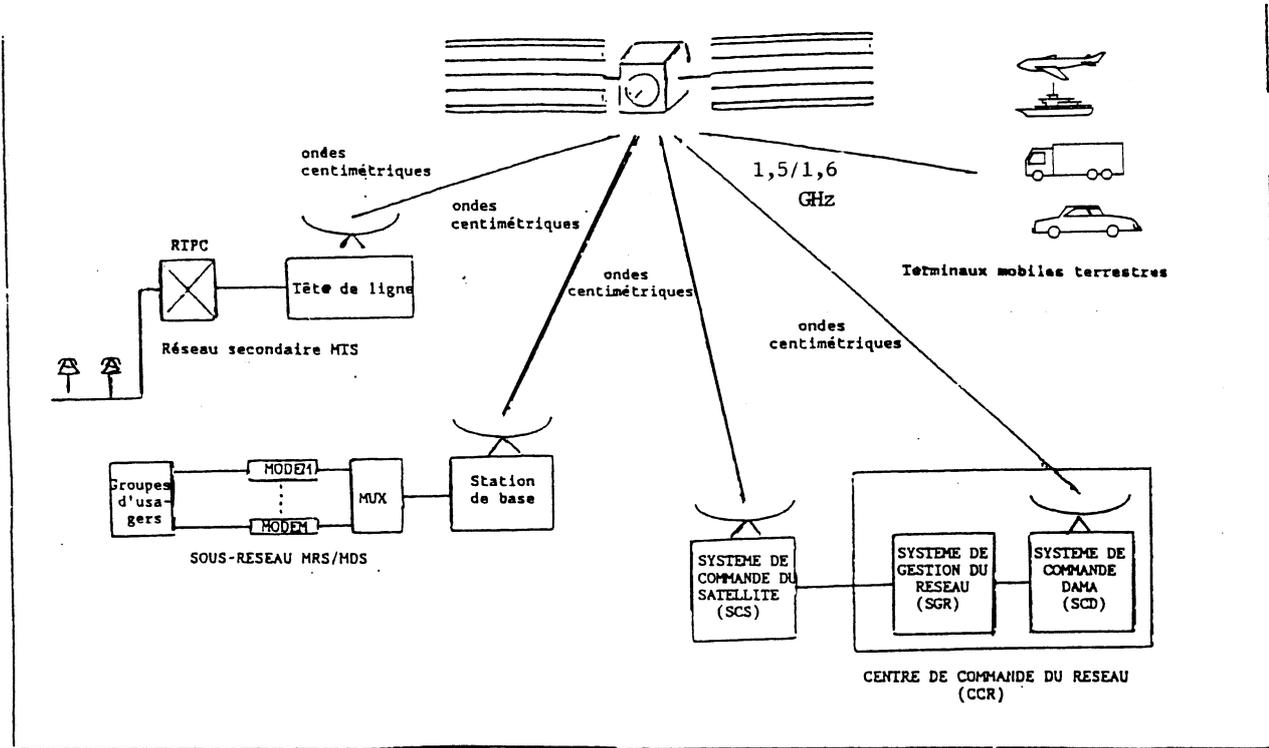


FIGURE 3

Configuration du système

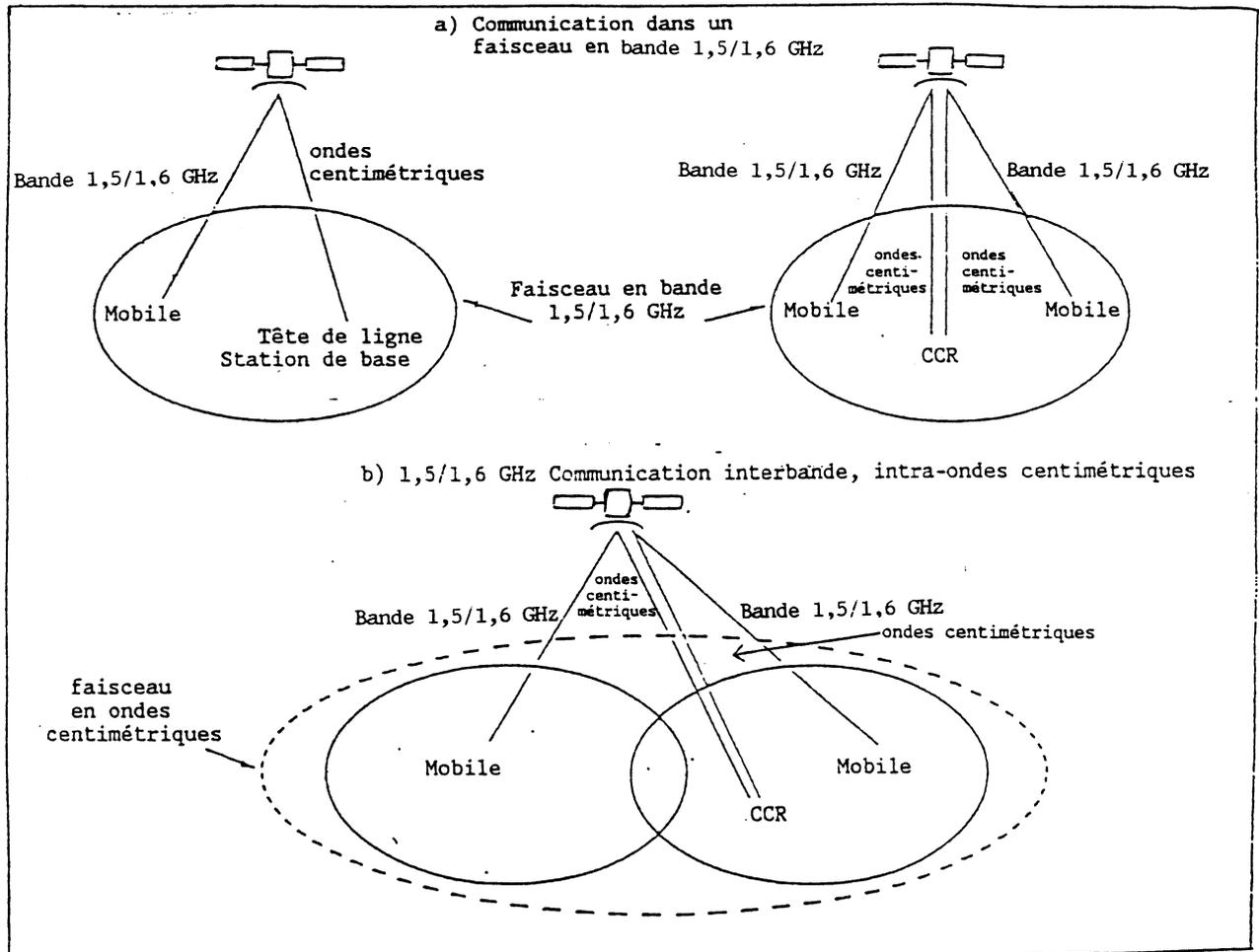


FIGURE 4

Connectivité des liaisons du système

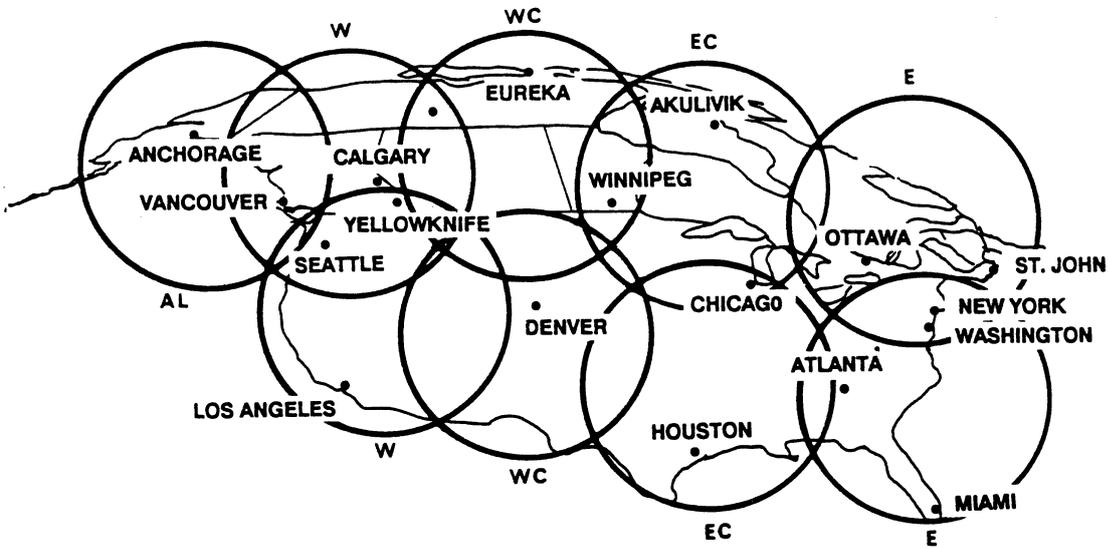


FIGURE 5 a)

Couverture asservie par neuf faisceaux
de 1,5/1,6 GHz

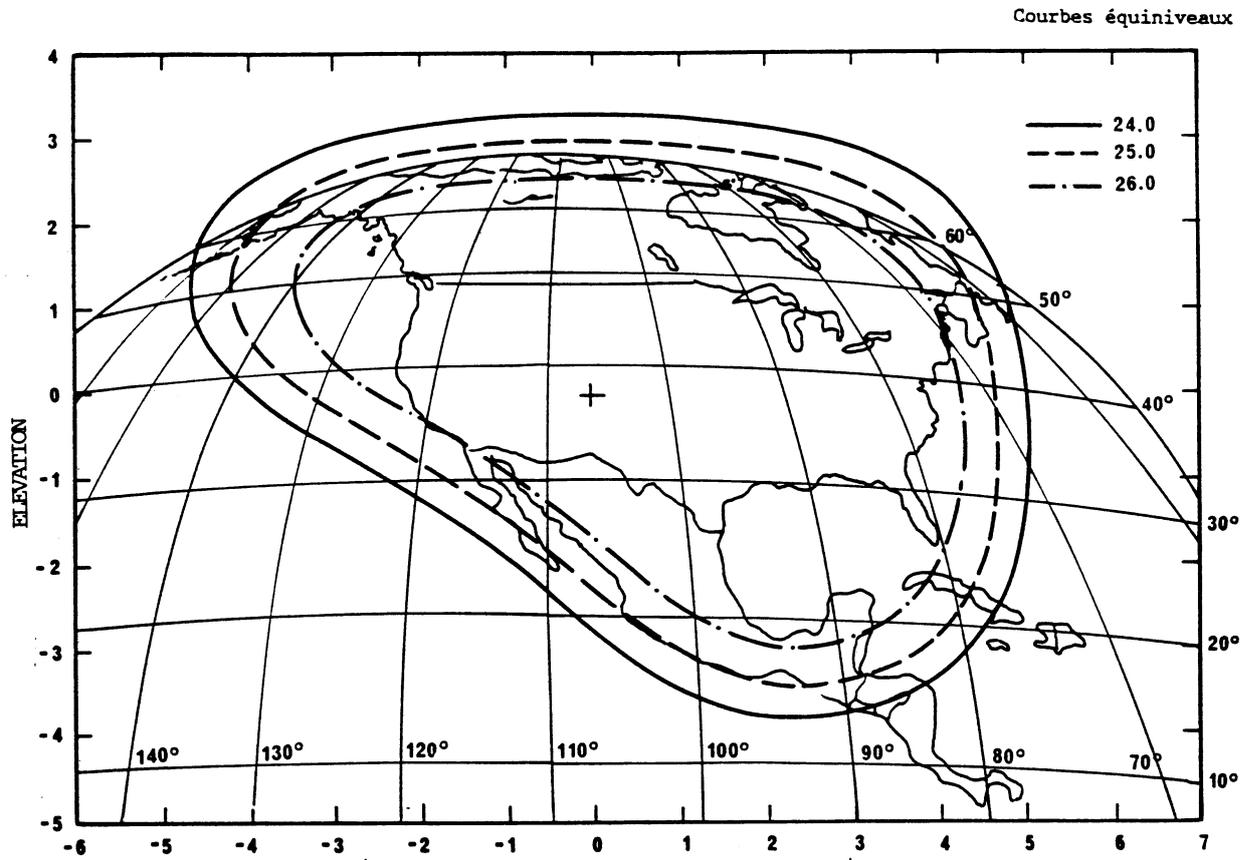
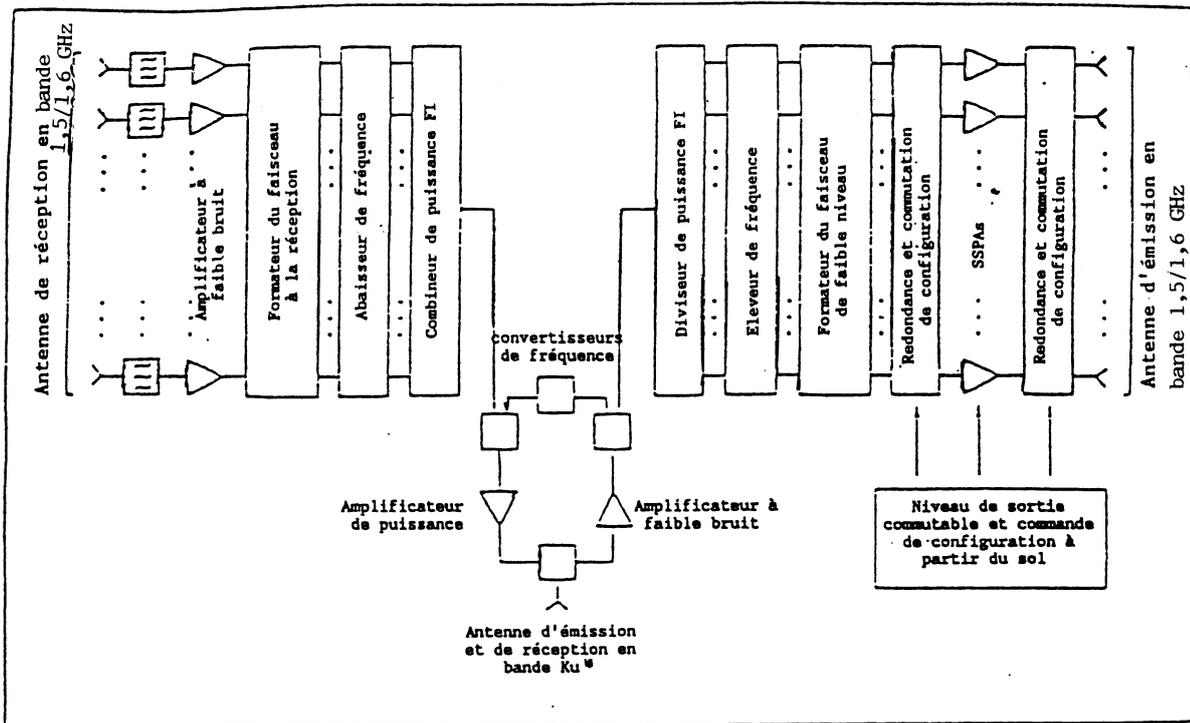


FIGURE 5 b)

Couverture en ondes centimétriques

Localisation sur l'orbite: 108° 0



* Bande des 11/14 GHz

FIGURE 6

Schéma de principe fonctionnel
d'un répéteur de satellite

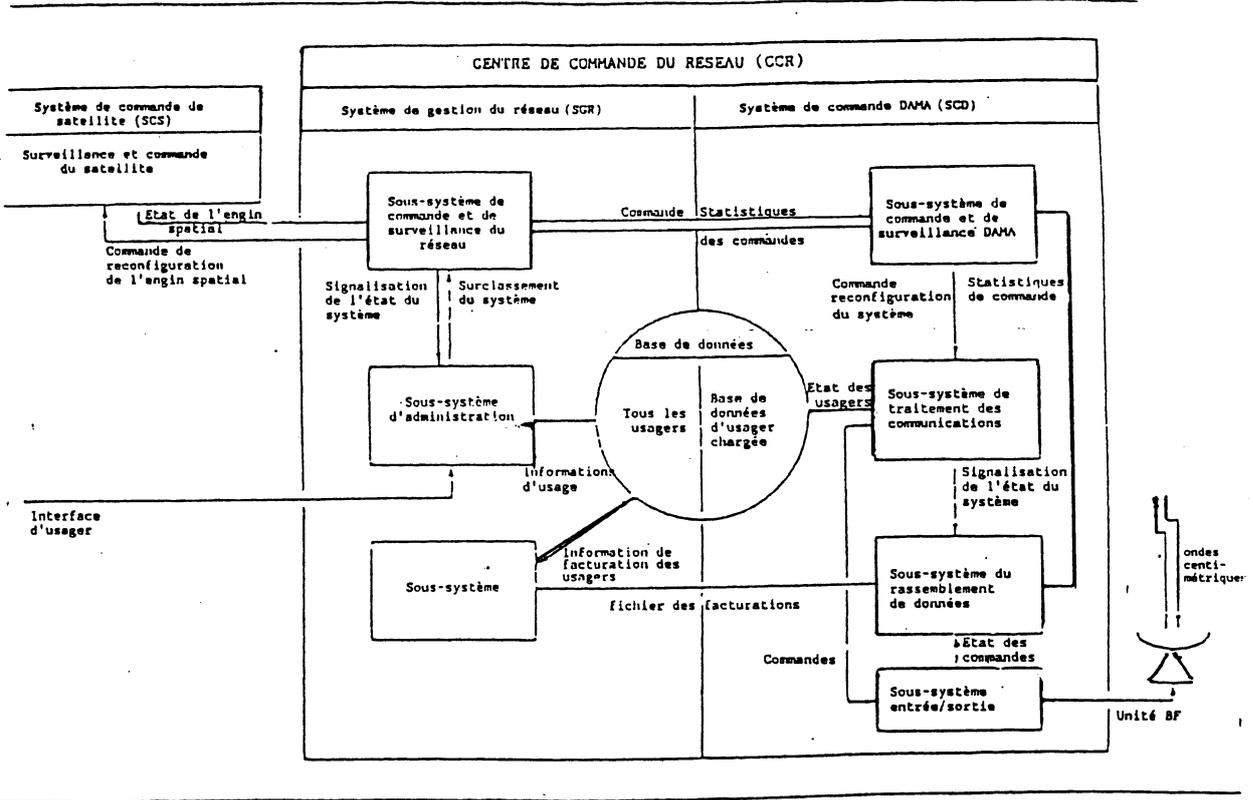


FIGURE 7

Schéma de principe d'un centre de commande du réseau

ANNEXE III

DESCRIPTION PRELIMINAIRE DES CONDITIONS TECHNIQUES
APPLICABLES AU PARTAGE DES REPETEURSEquipement mobile

- en aucun cas la puissance rayonnée et la densité de puissance ne doivent dépasser les limites convenues;
- la transmission n'est possible que si le récepteur est verrouillé sur une voie de réception à partir de laquelle l'équipement est soumis à la commande du système;
- procédures acceptables pour l'homologation des types insistant notamment sur:
 - a) le diagramme de rayonnement des antennes,
 - b) la stabilité et la régulation des fréquences,
 - c) les émissions non essentielles,
 - d) les fonctions de commande d'accès,
 - e) la fiabilité dans l'environnement prévu,
 - f) la régulation de puissance;
- l'obligation pour les usagers de ne pas modifier leur équipement ou de ne pas l'utiliser à des fins autres que celles prévues et celle de conserver l'équipement conforme à une norme spécifiée;
- l'essai de chaque installation au moment de son entrée dans le réseau à satellite.

Fournisseur du satellite/prestataire du service

- enregistrement de toutes les stations mobiles et du propriétaire/exploitant responsable;
- fourniture d'une surveillance acceptable du système;
- connexions au centre de contrôle du trafic aérien: acceptation de règles de priorité pour l'attribution de la puissance du satellite;
- procédures d'identification de terminaux pirates;
- mise en oeuvre de procédures acceptables d'homologation et d'essai pour tous les émetteurs-récepteurs qui partagent l'équipement;
- garantie de la qualité de fonctionnement des émetteurs-récepteurs:
 - a) seuil de bruit,
 - b) gain,
 - c) rapport porteuse/intermodulation.



Conditions de performance spécifiées par l'OACICritères de brouillage

<u>Type de voie radioélectrique</u>	<u>Rapport porteuse/brouillage total (minimum)</u>
P (600)	(à étudier)
P (1 200)	(à étudier)
R	(à étudier)
T	(à étudier)
C	(à étudier)

Règles applicables à l'attribution de la puissance du satellite

Une capacité de puissance supplémentaire de (X%) sera fournie en cas de dépassement de l'une des durées de remise de message suivantes:

<u>Priorité du message</u>	<u>Retard moyen</u>
15	(à étudier)
14	(à étudier)
13	(à étudier)
.	.
.	.
.	.
2	(à étudier)
1	(à étudier)
0	(à étudier)

Règles relatives à la surveillance du système

- identifier la présence d'une porteuse ayant une puissance excédentaire de (X dB).

ANNEXE IV

SYSTEME DE COMMANDE ET DE SIGNALISATION DE RESEAU POUR
LE SYSTEME MOBILE A SATELLITES NORD AMERICAIN1. Introduction

Une grande souplesse est indispensable pour concevoir un système de signalisation destiné au service mobile par satellite nord-américain. Pour répondre à la disparité des demandes des usagers, qui pourront être 1 million dans le système initial, celui-ci doit pouvoir être facilement développé et incorporer de nouvelles techniques, sans avoir à subir une restructuration complète. Il importe tout autant de pouvoir réserver en priorité certaines parties du spectre à la sécurité aéronautique et à la régularité des vols en temps réel. Autre caractéristique essentielle de la conception de la signalisation, elle doit pouvoir s'accommoder de conditions parfois difficiles de trajets multiples et d'évanouissements. La plus grande partie de la signalisation correspondant à du trafic non rémunéré, le système doit être aussi efficace que possible, afin d'alléger ce poste des frais généraux. Enfin, les besoins et les désirs des utilisateurs finals jouent un rôle capital dans la conception du système, en ce qui concerne notamment le temps d'établissement des communications et la qualité d'écoulement du trafic.

La notion de système de signalisation de base s'appliquera aux catégories de service définies dans l'Annexe III au présent rapport. Le service mobile de radiocommunication (MRS) et le service téléphonique mobile (MTS) seront assurés par commutation de circuits, le service mobile de transmission de données (MDS), par commutation de paquets. Les services vocaux pourront utiliser des techniques analogiques ou numériques. Des terminaux mobiles présentant une diversité de G/T et de p.i.r.e. pourront être adoptés. Ainsi, le système de signalisation doit être en mesure d'accepter différents types de modulation et différents niveaux de p.i.r.e. de terminal mobile sans gaspiller les ressources limitées des satellites.

L'architecture du système se compose d'un centre d'exploitation de réseau centralisé (NOC) et d'un ou plusieurs centres de commande de réseau (NCC) (qui assurent des fonctions d'administration et de gestion du réseau et de commande AMAD), de nombreuses stations d'accès et de base (ou stations terriennes pour liaisons de connexion, FES) et de terminaux terriens mobiles (MET).



Les travaux en cours au sujet des conditions de propagation garantiront que le système de signalisation, dont la mise au point se poursuit, satisfera aux spécifications requises dans les conditions de propagation variées rencontrées en Amérique du Nord.

2. Commande de réseau du système mobile à satellites (MSAT)

Un NOC commandera en totalité l'attribution des ressources dans le système mobile à satellites. Ce système pourra comprendre un ou plusieurs satellites. Le NOC commandera l'attribution de la capacité à un satellite et cette attribution sera mise en oeuvre par le NCC associé. Ce dernier commandera activement tous les MET et FES dans son réseau. Pour cela, le NCC utilisera les possibilités de signalisation décrites ci-après.

Le NOC interfacera avec tous les réseaux ou organisations externes (par exemple, avec un réseau privé) qui pourront louer de la largeur de bande et de la puissance sur tout satellite dont le NOC assume le contrôle. Il interfacera aussi avec les systèmes d'accès multiple avec assignation en fonction de la priorité de la demande (PDAMA) aéronautique voir le § 8 de l'Annexe II) qui appartiendra à un opérateur assurant un service AMS(R)S à la communauté aéronautique. Le NOC gèrera une base de données qui définit les bandes de fréquences dont l'utilisation ou la réutilisation a été coordonnée dans le faisceau quelconque d'un système à plusieurs faisceaux. Les NCC associés fonctionneront dans le cadre de ces définitions.

Cette disposition permet une attribution dynamique du spectre à un faisceau quelconque pour satisfaire les besoins du service. Le système bénéficiera en outre d'une répartition dynamique variable des voies entre les services selon les besoins. Cette disposition permet aussi d'affecter dynamiquement en priorité des voies en cas d'augmentation de la demande de spectre pour les services de sécurité aéronautiques. Quand le spectre est réattribué, les NCC réagissent immédiatement en affectant des voies dans chaque faisceau conformément à l'attribution révisée. L'utilisation exigée de voies de signalisation, que le MET doit recevoir pour fonctionner, assure dans tous les cas une commande positive de tous les MET (qui peut être nécessaire, par exemple, pour réduire les sources potentielles de brouillage en cas de mauvais fonctionnement des MET), ainsi qu'une priorité positive en temps réel des voies de fréquence.

Le système sera conçu de façon à permettre une répartition ordonnée des fréquences, et il aura la capacité de modifier dynamiquement les répartitions dans des conditions d'exploitation normales ainsi que dans les cas d'urgence. Grâce à une planification appropriée vers l'avant entre opérateurs MSS et AMSS(R) et à une aptitude appropriée des opérateurs AMS(R)S à procéder à des tests préalables pour évaluer les besoins accrus de spectre, le NCC peut réserver des voies pour l'AMS(R)S et faire en sorte qu'elles soient disponibles au moment des besoins. De cette manière, il ne sera jamais nécessaire de prévoir des priorités sur d'autres services, sauf dans des cas d'extrême urgence.

3. Objectifs de qualité

L'aptitude à établir des connexions entre un MET et une station terrienne de liaison montante dépend des conditions du trajet de propagation. Voici les objectifs provisoires pour les délais et les probabilités de connexion de voie:

Objectif de qualité	Degré d'occultation			
	Nulle	Légère	Moyenne	Forte
Délai moyen de connexion (s)	2,0	3,0	4,0	5,0
Délai de connexion (90%) (s)	5,0	6,0	8,0	10,0

Quand une occultation légère correspond à moins de 15% de la distance parcourue avec occultation, une occultation moyenne correspond à une occultation de 15% à 40% et une occultation forte à plus de 40% de la distance parcourue avec occultation. Le délai de connexion est mesuré entre le moment où une station émet un appel et celui où l'assignation fait l'objet d'un accusé de réception au NCC par la FES et par le MET. Ce délai ne comprend pas le temps d'établissement de connexion directe FES-MET. Il est reconnu qu'une définition plus rigoureuse des statistiques d'occultation est nécessaire, mais cela dépasse la portée de la présente contribution.

4. Configuration des voies

La Figure 1 montre la configuration des voies entre le centre de commande du réseau (NCC), les stations terriennes de liaison de connexion (FES, c'est-à-dire les stations d'accès et les stations de base) et les terminaux terriens mobiles (MET). La largeur de bande nominale de voie est de 5 kHz, bien que d'autres largeurs de bande soient possibles (par paliers de 2,5 kHz). Six types de voie ont été définis:

NCC-I	Voie de signalisation entre stations provenant du NCC et destinée à une FES.
FES-I	Voie de signalisation entre stations provenant d'une station terrienne de liaison de connexion et destinée au NCC.
NCC-T	Voie de signalisation de départ du NCC vers le MET.
MET-R	Voie d'accès aléatoire de retour (système Aloha crénelé) entre le MET et le NCC.
FES-C	Voie de communication de départ, d'une station de base ou d'accès à un MET.
MET-C	Voie de communication de retour d'un MET ou d'une FES.

Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques de ces voies:

Voie	Liaison	Caractéristiques
NCC-I	SHF-SHF	MRT, débit à déterminer
FES-I	SHF-SHF	AMRT, débit à déterminer
NCC-T	SHF-1,5 GHz	TDM à 1 200 et 2 400 bit/s
MET-R	1,6 GHz-SHF	Aloha crénelé à 1 200 et 2 400 bit/s
FES-C	SHF-1,5 GHz	Voie de communication commutable
MET-C	1,6 GHz-SHF	Voie de communication commutable

5. Modulation et codage

Les caractéristiques des voies de signalisation entre stations (NCC-I et FES-I) n'ont pas encore été déterminées. Les voies de communication (MET-C et FES-C) offriront de nombreuses possibilités de choix pour la téléphonie et/ou les données. Ce point est développé plus loin.

Les voies MET-R et NCC-T utiliseront une modulation et un codage identiques. Il y aura deux choix (au moins dans le système initial) de modulation et de débit de données. Cela concordera avec différentes valeurs de G/T et de p.i.r.e. de MET et avec des MET qui pourront aussi fonctionner dans des conditions de propagation très différentes.

La voie à débit inférieur pourra transmettre à 2 400 symboles (sps) au moyen de la MDP bivalente aéronautique (A-BPSK), tandis que la voie à plus grand débit peut transmettre à 4 800 sps au moyen de la MDP quadrivalente. Les deux voies fonctionneront dans une voie de 5 kHz et pourront utiliser le codage à convolution de débit 1/2 (longueur de contrainte 7), donnant ainsi des débits d'information respectifs de 1 200 bit/s et 2 400 bit/s. D'autres formes de codage sont à l'étude. La structure des voies NCC-T et MET-R sera décrite plus loin.

6. Structure de la voie de signalisation

Afin d'assurer une transmission ordonnée des paquets dans les modes MRT, AMRT et Aloha crénelé, il est indispensable que tous les paquets aient la même longueur. Il faut donc choisir une unité de signalisation commune suffisamment longue pour traiter la plus grande partie de l'information qui doit être envoyée, sans gaspiller pour autant les ressources du satellite en utilisant un nombre excessif de bits de justification. La structure de l'unité de signalisation (SU) qu'INMARSAT a mise au point [1] satisfait également aux normes nord-américaines. Cette SU de 96 bits comprend un CRC de 16 bits recommandé par le CCITT pour le contrôle des erreurs.

6.1 Structure de l'unité de signalisation

Le système de signalisation est conçu pour transmettre une information très variée concernant le réseau MSAT et les besoins des usagers. Par exemple, les paquets de signalisation achemineront, entre autres informations: type de message, identité du MET (fixée par le fabricant), usager canadien ou américain, priorité et qualité d'écoulement du trafic demandées, type de modulation pour MTS et MRS, identité de la station de base, identité du demandé du RTPC et largeur de bande et p.i.r.e. du satellite demandées.

La Figure 2 montre la structure d'une SU type pour une demande d'appel MTS. En pareil cas, elle peut traiter jusqu'à 8 types de message, une identité de 24 bits permettant 8 millions d'abonnés aux Etats-Unis et autant au Canada, numérotation à 10 chiffres de l'abonné du RTPC, jusqu'à 8 niveaux de priorité et 8 types de modulation. Les types de modulation peuvent comprendre ACSB, CELP à 8 kbit/s avec MDPQ, 16 kbit/s (CELP 8 kbit/s, codé à débit 1/2) avec TCM et CELP 4,8 kbit/s avec MDPQ. Les 8 bits en réserve de la Figure 2 permettent d'ajouter de nouveaux services. Pour les services à commutation de circuits, le MET doit émettre des paquets de SU comme demande/fin de connexion, demande d'appel MTS/MRS, divers accusés de réception, réacheminement/non réacheminement d'appel, maintien/libération d'appel, etc. Le NCC émet des paquets de SU tels que indicateur d'appel MTS/MRS, divers accusés de réception, fin/abandon d'appel, appel en attente, etc.

Outre les services à commutation de circuits existe le MDS à commutation de paquets, qui n'est pas encore défini.

6.2 Structure de trame de voie NCC-T

La Figure 3 propose une structure de trame pour la voie NCC-T. La trame a une durée de 0,5 ou de 1 seconde, respectivement pour la voie de 4 800 sps et de 2 400 sps. Ainsi, chaque trame a une longueur de 2 400 symboles quel que soit le débit de données. L'en-tête de trame et le mot particulier sont utilisés pour la synchronisation et pour reconnaître le numéro de trame et de voie. Chaque trame contient 12 SU codées au débit 1/2 avec entrelacement de blocs, et 12 symboles de justification.

Chaque MET surveille en permanence la voie NCC-T même pendant son occupation sur les voies MET-C et FES-C. Cela autorise des services supplémentaires pour le MET, comme appel en attente et maintien et, le cas échéant, une priorité en temps réel. La surveillance de la voie NCC-T permet aussi au MET de suivre le satellite avec une antenne directive et d'utiliser la voie pour une référence de fréquence et de rythme.

6.3 Structure de voie MET-R et format de salve

La Figure 4 montre la structure de voie d'arrivée MET-R en mode Aloha crénelé et le format de salve pour la voie à 2 400 sps. La voie NCC-T est utilisée pour fournir l'information de rythme, de sorte que la voie MET-R est subdivisée en trames de 2 400 symboles de 8 intervalles chacun. De nouveau, chaque SU de 96 bits est codée au débit 1/2 pour obtenir un paquet de 204 symboles (y compris les bits de justification). Un mot particulier de 15 bits est utilisé au NCC pour la compensation automatique de fréquence et rétablissement de la base de temps pour les bits. Les 81 symboles à 2 400 sps assurent un temps de garde de 35 ms (au total) pour chaque paquet, ce qui suffit pour la dimension du faisceau MSAT. Pour la voie MET-R à 4 800 sps, le même temps de garde doit être assuré, ce qui donne proportionnellement un plus grand nombre de symboles (non représenté).

Le nombre et l'espacement des retransmissions sur la voie MET-R varient et changent en fonction de la charge de trafic. Le NCC communique cette information à tous les mobiles sur une voie quand ils établissent la connexion et quand la situation du trafic change.

7. Voies MET-C et FES-C

Les voies de communication peuvent être de huit types différents pour un appel MTS à une station d'accès ou de 16 types pour des communications mobile-base MRS. S'il existe un plus grand nombre de types de modulation pour MRS, c'est que l'on prévoit qu'une capacité pour différents types de données à commutation de circuits est possible. De même, il est possible que chaque station de base offre un choix différent de seize types de communication, depuis CELT à 2,4 kbit/s, MDPB jusqu'à MICDA 32 kbit/s, TCM. S'il est improbable qu'il y ait une grande variété d'options de codage de la voix pour la mise en oeuvre initiale du MSAT, il ne faut pas oublier que le système de signalisation doit pouvoir s'adapter aux techniques et services nouveaux à mesure qu'ils apparaissent sans obliger à modifier tout le réseau.

Il est possible aussi que différents fournisseurs de service désirent des modulations différentes, afin de différencier leur produit des autres et répondre aux besoins de certains groupes d'utilisateurs.

8. Résumé

On met actuellement au point un système de signalisation pour répondre aux besoins spécifiques d'un système mobile à satellites nord-américain. Ce système doit non seulement être souple pour accueillir des techniques nouvelles mais encore pouvoir utiliser le spectre limité qui est disponible en partage avec d'autres utilisateurs.

Le système de signalisation décrit ici sera sans doute suffisamment diversifié pour répondre aux besoins très variables des utilisateurs en Amérique du Nord. Ce système pourra évoluer rapidement avant que les techniques soient périmées et sans qu'il soit nécessaire de revoir la conception de toute l'infrastructure.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Projet de révision du Rapport 1173, Considérations techniques et d'exploitation pour les télécommunications mobiles aéronautiques par satellite, Rapport [8/291].

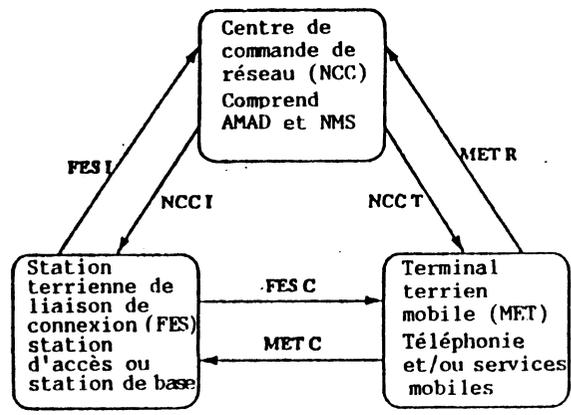


FIGURE 1
Configuration de voie de signalisation MSAT

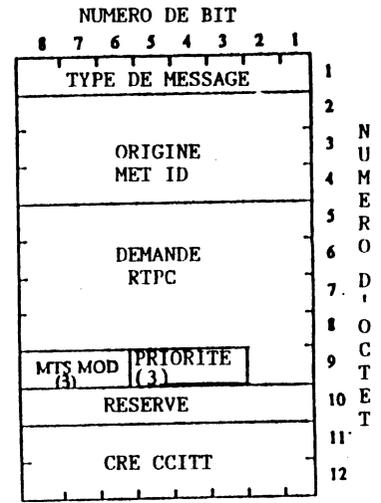


FIGURE 2
SU demande d'appel MTS

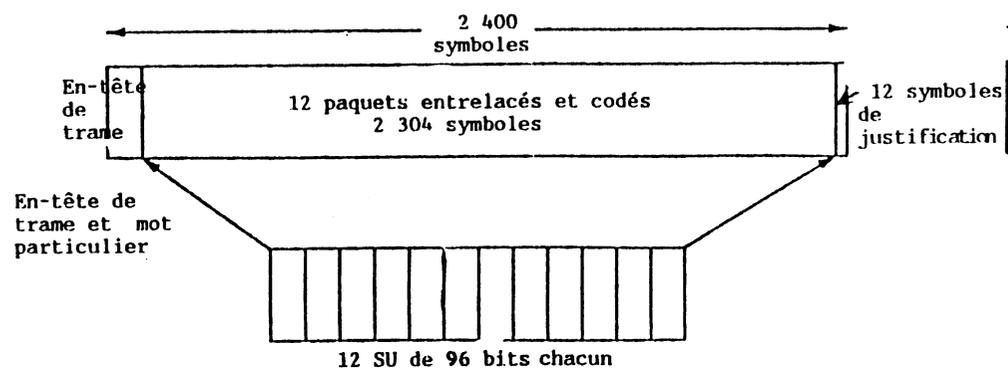


FIGURE 3
Format de voie NCC-T

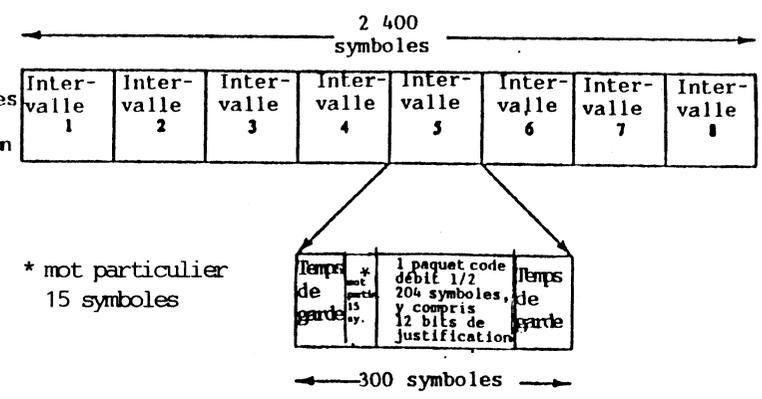


FIGURE 4
Format de salve de voie MET-R à 2400 sps

ANNEXE V

TEXTE CADRE UTILISABLE POUR UNE FUTURE RECOMMANDATION*
NOTIONS POUR LA CONCEPTION DES SYSTEMES DES
SERVICES MOBILES PAR SATELLITE

(Question 82/8)

Le CCIR,

CONSIDERANT

- a) qu'il est nécessaire d'améliorer la fiabilité des communications à grande distance entre les réseaux de Terre existants et les stations terriennes mobiles dans les services mobiles maritime, aéronautique et terrestre;
- b) qu'il peut être souhaitable que les stations terriennes mobiles utilisant les divers services mobiles par satellite puissent communiquer par-delà les frontières;
- c) que l'on étudie actuellement l'intégration des divers services mobiles par satellite pour permettre l'établissement de systèmes économiques, fournir à tous les usagers des services similaires et partager efficacement des ressources en fréquences limitées;
- d) qu'il serait souhaitable, afin de favoriser la mise en place des services les plus efficaces dans le monde entier, de disposer de directives concernant la conception des systèmes des services mobiles par satellite;
- e) la Recommandation N° 405 de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979), ainsi que les Recommandations N°s 313(Rév.Mob-83) et 312(Rév.Mob-87),

RECOMMANDE

1. aux administrations et aux concepteurs de systèmes d'adopter des principes de conception pour les services mobiles par satellite fonctionnant dans les bandes voisines de 1,5/1,6 GHz de nature à permettre la mise au point de normes en vue d'assurer l'interfonctionnement entre les équipements des usagers et tout système de communication mobile par satellite compatible;
2. d'incorporer les caractéristiques de réseau suivantes aux systèmes mobiles à satellites dans les bandes 1,5/1,6 GHz:
 - 2.1 chaque satellite ou groupe de satellites doit être aisément identifiable par ses usagers. L'identification des faisceaux individuels des satellites à faisceaux multiples peut également s'avérer nécessaire;

* Il est demandé du Directeur du CCIR de porter cette Recommandation à l'attention de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), de l'Organisation maritime internationale (OMI) et du Directeur du CCITT.

- 2.2 les techniques de largeur de bande assignée et de synthétisation de fréquences doivent tenir compte de l'effet Doppler résultant de la vitesse prévue des véhicules par rapport au satellite. Une compensation pour l'effet Doppler peut être nécessaire dans le cas des éléments mobiles se déplaçant à grande vitesse, comme par exemple les aéronefs;
- 2.3 tous les signaux rayonnés par les satellites vers des stations terriennes mobiles doivent avoir une grande stabilité en fréquence et une grande précision (un complément d'étude sera nécessaire);
- 2.4 les stations terriennes mobiles peuvent utiliser les fréquences de commande et/ou pilote rayonnées par le satellite comme référence pour synthétiser les fréquences demandées par ces équipements et/ou pour calibrer les équipements de détermination des fréquences des stations terriennes mobiles;
- 2.5 les stations terriennes mobiles doivent avoir la capacité de fonctionner dans un réseau avec assignation dynamique des canaux et des largeurs de bande. L'efficacité de la limitation des puissances est importante et il est donc souhaitable de faire appel à la technique du réglage de la puissance;
- 2.6 il faut prévoir un incrément de syntonisation de [500 Hz ou d'une valeur correspondant à un multiple entier de 500 Hz] à partir [d'un point de référence convenu];
- 2.7 un protocole type doit être mis au point pour permettre aux stations terriennes mobiles de communiquer avec la station de commande du réseau à satellite; ce protocole devrait notamment comporter un code internationalement reconnu comme identification unique des stations terriennes mobiles;
- 2.8 il convient que les stations terriennes mobiles aient la capacité de sélectionner le satellite (ou le groupe de satellites) souhaité et, selon le cas, le type de service requis;
- 2.9 les antennes de satellite fonctionnant dans les bandes du service mobile par satellite doivent être à polarisation circulaire;
- 2.10 un plan permettant d'identifier et de traiter en priorité les communications de détresse et de sécurité, en conformité avec les articles 51 et 61 du Règlement des radiocommunications, doit être prévu, selon les besoins au niveau de la conception des systèmes;
- 2.11 les systèmes nécessitant l'interconnexion avec les réseaux publics doivent être conformes aux Recommandations du CCITT.
-