

QUEEN  
TK  
5104  
.M638614  
1995  
Résumé

# CONFÉRENCE DES COMMUNICATIONS MOBILES PAR SATELLITES

## CICMS '95



**Résumé des  
documents  
présentés à la  
quatrième  
Conférence  
Internationale  
du service mobile  
par satellite  
Ottawa, Canada  
le 6 au 8 juin, 1995**



Industrie  
Canada    Industry  
Canada



Centre de recherches  
sur les communications  
Communications  
Research Centre

# NASA

National Aeronautics and  
Space Administration



Ision Laboratory  
nstitute of Technology

TK

5104

.M638614

1995

Resumé

*Président de séance:* **Bob Lyons**,  
Calian Communications Systems, Canada  
*Organisateur de séance:* **John Lodge**, Centre de  
recherches sur les communications, Canada

## Conception d'un système à faible débit binaire en présence de bruit de phase

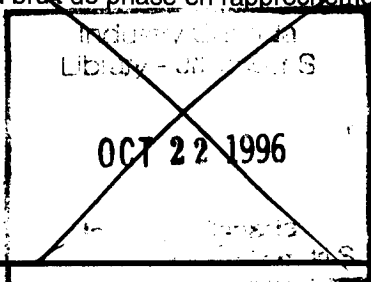
*H. C. Haugli*,  
VISTAR Telecommunications, Canada

Dans bon nombre d'applications de rapport de données de satellite à terminaux mobiles, la quantité de données est plutôt faible, souvent inférieure à 200 bits. Il est fréquemment nécessaire que les terminaux mobiles soient peu coûteux et qu'ils ne consomment qu'une faible alimentation débitée par batterie. On diminue le coût des terminaux en réduisant la puissance d'émission de crête, ce qui abaisse le coût de l'amplificateur de puissance, simplifie les alimentations, réduit l'encombrement du matériel et maintient au minimum la tension nécessaire des batteries. Pour obtenir un rendement élevé en puissance, on a recours à des techniques de modulation et de codage qui font un usage efficient de la puissance.

Le concepteur d'un système à satellite doit relever le défi consistant à déterminer le débit binaire le plus faible qui puisse s'utiliser avec des méthodes de modulation et de codage efficientes en puissance. Il ne s'agit pas d'un processus analytique simple, et les simulations peuvent exiger beaucoup de temps de préparation et d'exécution.

Dans cet exposé, une approche simplifiée est utilisée pour déterminer le débit binaire le plus bas en présence de bruit thermique et de phase pour la manipulation par déplacement de phase cohérent. Des approximations établies selon des formules ordinaires de boucle à phase asservie permettront au concepteur de déterminer le débit binaire minimal pour un taux donné de codage à correction aval des erreurs et un niveau global de bruit de phase du système.

Un système mobile typique à satellite est donné en exemple, et il est démontré que le niveau du bruit de phase établit le plus bas rapport porteuse/bruit en fonctionnement. Le débit binaire d'information le plus faible est déterminé par le taux de codage FEC. Le seuil porteuse/bruit dépend principalement du niveau du bruit de phase en rapprochement.



## Implantation d'un logiciel efficace de modem à vitesse variable

*R. Mantha, A. Hunt*,  
Gemtronic Engineering,

*S. Crozier*,  
Centre de recherches sur les communications  
Canada

Cet exposé décrit l'implantation du logiciel pour la partie bande de base d'un modem à vitesse variable. Le modem permet des débits de symboles arbitraires à une cadence d'échantillonnage d'entrée/sortie fixe, sans relation avec le débit de symboles désiré. Cette approche réduit la complexité du matériel liée aux circuits générateurs d'horloge externes, offre une complète souplesse de sélection du débit de données et se prête bien à la temporisation des symboles et aux corrections du débit de ceux-ci. De plus, l'adaptabilité aux débits variables offre la possibilité de mettre en oeuvre des variations de débit en temps réel, sans modifications du matériel extérieur. Les algorithmes ne sollicitent pas exagérément le processeur et utilisent très peu de mémoire de données. Ces attributs permettent d'utiliser les algorithmes dans un processeur à point fixe peu coûteux.

Trois éléments clés entrent en ligne de compte dans l'implantation d'un modulateur à vitesse variable. Premièrement, une référence temporelle doit être maintenue pour établir le lien entre la vitesse d'échantillonnage de sortie et la vitesse des symboles d'entrée. C'est ce que permet de réaliser un accumulateur de temps à 32 bits. On doit ensuite disposer d'un moyen d'échantillonnage des impulsions de réponse du filtre d'émission désiré, à partir d'une référence temporelle donnée. Une table de consultation répond partiellement à ce besoin pour les prises de filtre. Enfin, comme les petites tables de consultation peuvent occasionner une instabilité de temporisation inacceptable et, par conséquent, des pointes spectrales à l'extérieur de la bande d'émission visée, il est nécessaire de prévoir un mécanisme de réduction de cette distorsion. On peut ramener les pointes spectrales à des niveaux acceptables en effectuant une interpolation linéaire entre deux calculs de sortie de filtre étroitement rapprochés dans le temps.

L'approche utilisée pour la partie modulateur du modem offre d'excellentes performances avec les très petites tables. La figure 1 offre un exemple de spectre à modulation QPSK. La table de filtrage contient 321 entrées. La vitesse des symboles d'entrée et la vitesse d'échantillonnage de sortie ont été sélectionnées en fonction du pire cas



d'instabilité temporelle pour les dimensions de la table sélectionnée. On se rend compte que les pointes spectrales chutent d'environ 80 dB.

Le démodulateur peut aussi traiter des débits de symboles arbitraires en utilisant un accumulateur temporel de 32 bits pour établir le lien entre la vitesse d'échantillonnage d'entrée et la vitesse d'échantillonnage de sortie désirée. La vitesse moyenne de dépassement de capacité de l'accumulateur correspond à la vitesse d'échantillonnage de sortie désirée. La vitesse de sortie est typiquement un multiple entier de la vitesse des symboles, ce qui permet le traitement en aval, notamment l'évaluation de la temporisation des symboles. À chaque dépassement de capacité de l'accumulateur, une valeur de sortie de filtre adapté est calculée. L'instabilité temporelle est corrigée par un banc de filtres adaptés, présentant chacun un retard légèrement différent. Pour chaque débit de symboles demandé, le banc de filtres est automatiquement constitué en fonction d'une réponse stockée unique de filtre adapté.

La technique de l'accumulateur temporel se prête naturellement à la temporisation des symboles et aux corrections de débit de ceux-ci. Un simple réglage de l'accumulateur temporel suffit à faire varier la temporisation des symboles. Les variations du débit des symboles s'obtiennent par le simple réglage de la valeur d'incrémentement temporelle.

Les résultats comprennent une analyse du degré de précision de la temporisation et de la quantité de mémoire de données, nécessaires à l'obtention de résultats acceptables. Le taux d'erreur sur les bits du matériel DSP à point fixe utilisant cette méthode est également présenté de manière à illustrer les marges d'implantation minimales.

**Conception d'un modem à anti-évanouissement de Rice pour systèmes mobiles de télécommunications par satellite**

*T. Kojima, F. Ishizu, M. Miyake,  
K. Murakami, T. Fujino,*  
Communication Systems Laboratory,  
Mitsubishi Electric Corporation, Japan

L'un des principaux problèmes que posent les systèmes mobiles de télécommunications par satellite consiste à corriger l'évanouissement de Rice. En outre, il est nécessaire de développer des terminaux mobiles qui soient compacts, légers et à faible consommation. Nous avons développé des technologies clés fondées sur le traitement numérique des signaux afin de concevoir un démodulateur applicable aux systèmes mobiles de télécommunications par satellite. À l'aide de ces technologies, nous avons développé un modem

DSP pour terminal mobile. L'exposé donne un aperçu de ces technologies et de la conception des modems.

Nous avons développé des techniques de démodulation à anti-évanouissement de Rice, d'acquisition initiale, de CAG (commande automatique de gain), de CAF (commande automatique de fréquence) et de BTR (rétablissement du rythme binaire). Dans cette section, nous présentons les techniques de démodulation à anti-évanouissement de Rice et d'acquisition initiale.

Comme technique de démodulation à anti-évanouissement de Rice, nous avons mis au point un moyen de démodulation original à détection différentielle multiple. Comme cette technique n'exige que l'information de phase du signal reçu, nous l'appelons «technique de détection de phase différentielle multiple».

À l'aide d'un algorithme de Viterbi (VA), cette technique évalue les données démodulées à partir de signaux de détection différentielle multiple, en n'utilisant que l'information de phase. Le diagramme en treillis de la VA peut être réduit sans dégradation de performance par un traitement des signaux semblable au décodage de Viterbi de type SST (transition d'état rare). Effectué selon cette technique, le traitement des signaux n'exige que des additions et des soustractions. Cette technique peut donc s'appliquer facilement par LSI ou par DSP.

Afin d'établir une configuration de canaux rapide à fiabilité élevée, les récepteurs des systèmes mobiles de télécommunications par satellite doivent offrir les fonctions suivantes :

- (1) Poursuite de satellite
- (2) Détection rapide du début des communications
- (3) Correction de fréquence

Cette technique fait appel à un signal pilote pour poursuivre un satellite ou à un préambule pour détecter l'existence d'un signal de salve. D'abord, le signal reçu est détecté par procédé différentiel et ses résultats sont accumulés. Ensuite, la valeur accumulée est comparée à une valeur de seuil pour la détection du signal reçu. Effectué selon cette technique, le traitement des signaux exige essentiellement des additions et des soustractions. Cette technique peut donc s'appliquer facilement par LSI ou par DSP.

À l'aide des technologies clés mentionnées plus haut, nous avons conçu et développé un modem DSP. Nous avons mis au point les technologies clés d'un démodulateur pouvant s'utiliser dans les systèmes mobiles de télécommunications par satellite. Ces technologies nous ont permis de développer un modem DSP pour terminal mobile.

---

**Diversité de trajets dans les systèmes mobiles de télécommunications par satellite**

*J. Schindall,*  
Globalstar, USA

Plusieurs systèmes mobiles à satellite (MSS) sont actuellement en cours de développement. Tous visent à utiliser une constellation de satellites sur orbite basse terrestre (LEO) ou sur orbite moyenne terrestre (MEO) pour assurer des communications sans fil de qualité dans la totalité ou dans la majeure partie du monde.

Les variations d'architecture des systèmes sont considérables. Certains utilisent des constellations LEO tandis que d'autres ont plutôt recours à des orbites MEO ou elliptiques. Certains font appel à l'accès multiple par répartition dans le temps (TDMA) et d'autres, à l'accès multiple par répartition de code (CDMA). Quelques-uns comportent des antennes orientées, et d'autres, des antennes fixes; un certain nombre génère beaucoup de petits faisceaux, tandis que d'autres produisent des faisceaux moins nombreux, mais plus larges.

Tous les systèmes prévoient une capacité et des performances semblables. Globalstar est toutefois le seul qui ait recours à des liaisons simultanées d'utilisateurs de satellite multi-LEO (diversité) pour améliorer la fiabilité des communications. Nous sommes d'avis que cela procure à Globalstar un avantage unique et significatif.

Cet exposé porte essentiellement sur l'avantage de la diversité des trajets de satellites multi-LEO et sur l'incidence de celle-ci du point de vue des compromis plus habituels du MSS, notamment quant :

1. aux LEO par rapport aux MEO;
2. à la TDMA par rapport à la CDMA;
3. aux faisceaux ponctuels et à la réutilisation des fréquences;
4. aux transferts logiciels par rapport aux transferts matériels;
5. à l'optimisation des codeurs vocaux.

Le système Globalstar tire ses caractéristiques des conceptions cellulaires et à satellite existantes, et il est actuellement en cours de construction. Les lancements de satellites commenceront en 1997, et le système devrait être opérationnel à la fin de 1998.

---

**Évaluation sur le terrain des performances du SSMA dans un système mobile à satellite**

*T. Ikegami T. Takahashi, Y. Arakaki, H. Wakana,*  
Communications Research Laboratory,  
Ministry of Posts and Telecommunications, Japan

Les propositions de futurs systèmes mobiles de télécommunications par satellite envisagent souvent l'application de la technique d'accès multiple à spectre étalé (SSMA). Pour réaliser le système SSMA proposé, il est essentiel d'en évaluer les performances dans des conditions d'évanouissement et d'occultation sur les canaux des systèmes mobiles de télécommunications par satellite. Certains documents présentent un modèle applicable aux systèmes mobiles terrestres à satellite. Ils traitent les canaux comme la combinaison de l'évanouissement de Rice et de l'occultation log-normale, de la même manière que les canaux des systèmes mobiles terrestres de Terre. Si l'on tient compte de la puissance d'émission disponible et du seuil de réception, le modèle ci-dessus ne peut toutefois pas s'appliquer à un canal réaliste de système mobile à satellite. Un autre modèle de canal est nécessaire aux essais sur le terrain d'un système SSMA à séquence directe, doté d'une largeur de bande de 3 MHz et fonctionnant avec satellite ETS-V dans la bande 1,5/1,6 GHz. Nous proposons un nouveau modèle de canal pour l'évaluation du SSMA, en ce qui a trait à l'évanouissement de Rice et aux interruptions. Les propriétés statistiques du brouillage dû aux accès multiples sur les liaisons aller et retour sont évaluées à partir du modèle de canal proposé. Les hypothèses de Gauss relatives au brouillage dû aux accès multiples sur les liaisons aller et retour sont valides pour un canal typique de système mobile terrestre à satellite.



*Président de séance: Mala Laurin,*  
Motorola Satellite Communications, USA  
*Organisateur de séance: Polly Estabrook,*  
Jet Propulsion Laboratory, USA

---

**Gestion de la mobilité dans les réseaux à satellite**

*G. A. Johanson,*  
Westinghouse Electric Corporation, USA

Cet exposé porte sur les méthodes utilisées ou proposées pour fins d'utilisation avec les réseaux multi-faisceaux et(ou) multi-satellites afin d'assurer un service mobile par satellite (MSS). On y aborde particulièrement l'interpénétration des faisceaux dans le système MSAT nord-américain ainsi que l'enregistrement et le transfert des appels en direct pour un système à satellite géosynchrone (GEO) multi-régional et un système à satellite sur orbite basse (LEO) de couverture mondiale. Dans le système MSAT, les différents faisceaux de satellite couvrent de très grandes régions géographiques de sorte qu'il n'a pas été tenu compte de la nécessité d'un transfert d'appels en direct. L'exposé aborde les méthodes utilisées pour suivre la position du faisceau correspondant aux utilisateurs de façon que les annonces des appels d'arrivée ou les autres messages puissent être dirigés vers eux. Les nouveaux systèmes GEO proposés à nombre élevé de faisceaux assureront une couverture géographique considérablement réduite à l'intérieur des différents faisceaux, et le besoin se fait donc sentir de suivre la position des utilisateurs et de permettre le transfert des appels en direct au moment où l'utilisateur passe d'un faisceau à l'autre. Cette situation se retrouve aussi dans les systèmes LEO proposés, où les problèmes se compliquent par la nécessité d'un transfert de satellite à satellite ainsi que d'un transfert de faisceau à faisceau dans un satellite donné. L'exposé traite des méthodes permettant d'accomplir ces transferts et propose des architectures de système applicables aux divers scénarios de transfert.

---

**Localisation des terminaux d'utilisateur aux fins des constellations dynamiques de satellites**

*W. Zhao, R. Tafazoli, B.G. Evans,*  
University of Surrey, United Kingdom

Les systèmes à satellites joueront un rôle important dans les futurs systèmes mobiles mondiaux de communications. Les renseignements concernant la position des terminaux d'utilisateur sont des facteurs clés en ce qui a trait à la gestion de la mobilité, à l'acheminement des appels du service mobile et au transfert d'appels. On s'est beaucoup

attardé aux schémas de localisation des terminaux d'utilisateur au cours des dernières années. On juge que plus le terminal est localisé avec précision, plus il faut acheminer des bits de signalisation sur le réseau. Une charge de signalisation efficace ne peut être obtenue qu'en échange d'une localisation moins précise des terminaux d'utilisateur. Dans la communication, un nouveau schéma de localisation est décrit, lequel pourrait être plus efficace aux fins des constellations dynamiques de satellites.

Dans un système à satellites dynamique, le déplacement de chacun des satellites est régulier et donc, prévisible. Pour toute position fixe de la zone de couverture du satellite, il est possible de calculer la distance et le déplacement relatif entre le terminal d'utilisateur et le satellite. Cette caractéristique permet d'établir facilement la position du terminal au moyen du réseau à satellites, sans échange considérable de signalisation entre le terminal et la station satellitaire au sol. Deux facteurs sont utilisés dans ce schéma pour établir la position du terminal d'utilisateur : le temps de propagation et le décalage Doppler. Pendant un appel, ces deux paramètres peuvent être mesurés par le réseau. L'intégration de ces deux facteurs dans l'algorithme proposé permet de localiser le terminal avec précision. Il faut toutefois utiliser un filtre antiparasites pour réduire le bruit de mesure et obtenir une localisation plus précise. L'exposé décrit d'abord un modèle de filtre, fondé sur des processus stochastiques et la théorie des filtres. Ensuite, les résultats des essais de simulation du filtre sont présentés. La performance de l'algorithme est examinée dans différentes conditions de bruit. La simulation est fondée sur une constellation LEO (orbite basse). Les premiers résultats sont très prometteurs.

---

**Algorithme de partage du trafic pour les réseaux mobiles hybrides**

*K. M. S. Murthy,*  
VISTAR Telecommunications,

*S. Arcand,*  
Quartier général de la Défense nationale,

*R. Hafez,*  
Carleton University, Canada

Si l'objectif d'un système mobile de communications personnelles est de servir n'importe qui, n'importe où, l'évolution des réseaux hybrides (de Terre + à satellite) devient essentielle pour satisfaire à cette exigence. Dans un environnement à réseau hybride, on peut supposer que les utilisateurs sont équipés d'un terminal monomode (SMT) de Terre seulement ou d'un terminal double mode (DMT) de

Terre et à satellite. L'empreinte d'une macro-cellule de terminal à satellite englobe un grand nombre de micro-cellules contiguës de terminal de Terre. Il existe toutefois des régions à l'intérieur de la macro-cellule du terminal à satellite qui ne sont pas totalement couvertes par les micro-cellules de Terre.

L'objectif de l'exposé est triple : (i) définir et élaborer un modèle de réseau hybride associé à l'algorithme proposé, (ii) élaborer un algorithme efficace qui puisse s'utiliser pour l'assignation initiale des appels (vers l'un ou l'autre des systèmes) ainsi que pour les transferts d'appel entre systèmes durant un appel actif, et (iii) étudier la performance de l'algorithme du point de vue des paramètres pertinents, soit la probabilité de blocage, la capacité, la charge, le rapport SMT/DMT, etc.

Nous considérons un système à satellite dont l'empreinte recouvre un système cellulaire de Terre. Un faisceau de satellite offre un certain nombre de circuits à une population de terminaux générateurs de trafic vocal. Du point de vue de l'utilisateur, les systèmes cellulaires à satellite et de Terre sont intégrés en un seul réseau et raccordés au RTCP.

Les terminaux desservis par ce réseau sont soit des terminaux monomode (SMT), capables de se brancher aux systèmes de Terre seulement, soit des terminaux double mode (DMT), capables de se brancher à l'un ou l'autre des systèmes, tant qu'ils y ont accès. Ces terminaux génèrent du trafic vocal à arrivée au taux de Poisson. La durée des appels suit une courbe de distribution exponentielle négative. La population d'utilisateurs est considérée comme infinie. Les appels bloqués sont libérés.

Notre algorithme proposé ramène au minimum l'utilisation des précieuses ressources du satellite, mais il tient compte de la présence des SMT qui n'ont pas accès au satellite et qui sont donc bloqués lorsque tous les canaux de Terre sont occupés. Cet algorithme maintient un canal de Terre libre en tout temps dans chaque cellule, mais pas plus qu'un, surtout si une certaine partie de la capacité du satellite est utilisée. Si un seul canal de Terre est libre, un appel d'arrivée en provenance d'un DMT occupe un canal du satellite. Si un canal de Terre est libre à l'arrivée d'un appel provenant d'un SMT, ce SMT occupe le dernier canal de Terre libre et tout DMT utilisant un canal de Terre est automatiquement transféré à un canal de satellite afin de libérer un canal de Terre pour tout appel subséquent d'un SMT.

Inversement, un appel acheminé par satellite peut automatiquement être transféré à un canal de Terre qui devient disponible à la fin d'un appel traité par le système de Terre. Ce transfert supplémentaire a pour objet de réduire l'utilisation des ressources du satellite. Ces transferts et assignations initiales des appels à un système particulier dépendent toutefois

du rapport des SMT aux DMT. Au moment d'un transfert d'appels inter-systèmes, l'emplacement et la vitesse vectorielle (vitesse + direction) des stations mobiles sont également considérés.

Cet algorithme se compare à d'autres, dont certains sont décrits dans la documentation antérieure sur le sujet. L'analyse mathématique du comportement d'une cellule par chaîne de Markov est relativement simple. L'examen du comportement de l'ensemble des cellules de Terre couvertes par le faisceau du satellite est beaucoup plus complexe, et il vaut mieux l'effectuer par simulation. Dans notre étude, seule la performance de blocage est envisagée pour les fins de comparaison entre algorithmes. Pour la gamme complète de  $\gamma$  [0,1], on détermine la charge acceptée, soit, par définition, la charge offerte créant une probabilité de blocage de 0,01.

---

### Augmentation de la couverture cellulaire à l'intérieur des réseaux mobiles intégrés de Terre/à satellite

*J. P. Castro,*

Swiss Federal Institute of Technology (EPFL),  
Switzerland

Si l'on applique le principe cellulaire hiérarchique, le satellite constitue une cellule parapluie géante couvrant une région divisée en un certain nombre de cellules de Terre. Lorsqu'un terminal mobile traversant la région arrive à la frontière ou aux limites d'une zone de desserte cellulaire ordinaire, une transition du réseau se produit et le système à satellite continue la couverture mobile. Afin d'évaluer adéquatement les limites de service d'un système mobile à satellite et d'un réseau cellulaire dans un environnement intégré, cet exposé présente une technique optimisée permettant de prévoir le moment où une transition de réseau peut s'avérer nécessaire. Reposant sur les hypothèses d'un phénomène de propagation classifié et d'une occultation log-normale, l'étude aborde de façon analytique l'évaluation d'emplacement d'un terminal mobile, en fonction de l'intensité du signal reçu d'une station de base. Afin de quantifier les niveaux de puissance au moment de la transition d'un réseau de Terre à un réseau mobile spatial, et vice versa (GSM vers satellite et satellite vers GSM), nous avons examiné dans notre étude les techniques du transfert matériel et du transfert logiciel. D'après l'adaptation de ces techniques, il semble que le transfert logiciel permette la maximisation du service des systèmes de Terre et qu'il étende donc la zone de couverture avant qu'un transfert de réseau ne se produise. Cette technique offre aussi une bonne méthode de rechange pour équilibrer les moyens habituels d'évaluation de la qualité des signaux aux frontières de la cellule, en



fonction du taux d'erreur sur les bits. Après tout, avant de calculer le taux d'erreur sur les bits, nous connaissons déjà a priori l'évolution du signal dans l'environnement cellulaire.

**Approche de la gestion efficace de la mobilité dans les réseaux intelligents**

*K. M. S. Murthy,*  
VISTAR Telecommunications, Canada

Les systèmes de communications personnelles à mobilité totale exigent des réseaux intelligents capables de suivre les utilisateurs mobiles et de faciliter l'acheminement des appels de départ et d'arrivée dans des environnements physiques et de réseau différents. Les bases de données jouent un rôle important dans la réalisation des fonctions de réseau intelligent. Les interfaces de réseau proposées actuellement ont recours au réseau de signalisation SS7 pour relier ces bases de données entre elles ainsi que pour interconnecter celles-ci et des commutateurs. Dans l'architecture IN/AIN actuelle, le SS7 constitue donc l'infrastructure de communications facilitant le transfert de messages entre les bases de données et les commutateurs.

Le développement des fonctions de réseau intelligent pour les services mobiles de communications personnelles fait largement appel aux bases de données. Les bases de données stockent, mettent à jour et transfèrent, entre elles ainsi qu'avec les commutateurs, l'information relative aux services et aux utilisateurs, pour l'établissement, le maintien et la fin des communications. Ce transfert de messages doit s'effectuer entre les bases de données et les commutateurs afin de suivre et de servir l'utilisateur mobile.

Dans cet exposé, nous proposons une approche/technique nouvelle et efficace de traitement de l'information de mobilité et montrons comment elle aidera (i) à réduire le trafic de gestion de la mobilité et les coûts qui en découlent, et (ii) à améliorer la performance (étalement du temps de propagation, blocage, etc.) ainsi que la souplesse du réseau.

Nous proposons que les bases de données des réseaux intelligents qui traitent des données de gestion de mobilité soient divisées en deux catégories, soit les bases de données de niveau inférieur (LTDB) et les bases de données de niveau supérieur (HTDB). Les bases de données de niveau inférieur sont destinées à desservir les utilisateurs mobiles à courte distance dans les régions métropolitaines à haute densité, en acheminant essentiellement du trafic intra-urbain. Ces bases de données sont totalement

interconnectées avec des réseaux de Terre à vitesse élevée (p. ex. MAN et W-MAN) offrant une certaine forme de largeur de bande sur demande (BOD). Les bases de données de niveau supérieur sont destinées à desservir les utilisateurs mobiles à grande distance dans les vastes régions à basse densité, en acheminant essentiellement du trafic interurbain.

La conception proposée constitue non seulement une solution idéale à l'acheminement du trafic de gestion de la mobilité des systèmes de Terre, mais aussi un catalyseur naturel pour l'intégration des systèmes mobiles de communications personnelles de Terre et à satellite. Nous abordons brièvement cet aspect.

La performance de la technique proposée est étudiée pour les quatre cas mentionnés ci-dessus. Les résultats sont présentés du point de vue de l'amélioration du nombre de messages, de la longueur moyenne des messages, de la probabilité de blocage, de l'étalement du temps de propagation, etc. Il y a environ 12 à 15 messages pour chacun des quatre processus IS-41 indiqués dans la section précédente. À l'aide de la technique proposée, nous démontrons comment les fonctions relatives à ces 12 à 15 messages peuvent tenir dans 2 à 3 messages environ. Nous présentons et comparons aussi trois architectures d'interconnexion de bases de données. Les critères de comparaison sont les suivants : (i) nombre de liens nécessaires pour associer un certain nombre de bases de données et (ii) nombre maximal de bases de données consultables dans un nombre de bonds spécifié.



*Président de séance: Thomas Brackey,*  
Hughes Space & Communications Systems USA  
*Organisateur de séance: Allan Maclatchy,*  
Centre de recherches sur les communications

## **Étude des effets des émissions d'électrons secondaires pour la suppression du brouillage d'intermodulation à l'état passif dans les satellites de télécommunications à grande puissance**

*R. G. Bosisio, Y. Xu,*  
École Polytechnique de Montreal, Canada

On sait bien qu'un des principaux problèmes de conception des systèmes modernes de télécommunications par satellite consiste à éliminer le brouillage d'intermodulation à l'état passif (PIM). Le phénomène d'impact multiple (effet «multipactor») ou de microdécharge semble constituer une source importante de PIM. Ce phénomène est très compliqué et dépend de divers facteurs, notamment les conditions de surface, le vide et la température. Il importe donc d'étudier le phénomène de base, soit l'émission d'électrons secondaires, pour faire la clarté sur les conditions des effets de l'impact multiple et pour tenter de découvrir des moyens de les supprimer. On trouvera donc les résultats obtenus d'un appareil servant à mesurer les coefficients d'émission d'électrons secondaires de divers matériaux et surfaces. Les principales caractéristiques de l'appareil sont spécifiées ci-dessous.

1. L'appareil est démontable, ce qui permet l'essai de nombreux échantillons avec la même enveloppe de mise à vide.
2. Il permet des mesures de précision à différents angles d'incidence du faisceau d'électrons primaires.
3. L'échantillon peut être chauffé et dégazé juste avant les mesures ou même durant l'exécution de celles-ci.
4. Il est possible de comparer avec précision les coefficients d'émission d'électrons secondaires de deux surfaces différentes.

Une étude est d'abord consacrée aux effets qu'exercent des facteurs environnementaux, comme la présence de gaz, la température et l'angle d'incidence, sur le coefficient d'émission secondaire. Plusieurs échantillons faits de cuivre OFHC, de tungstène, de molybdène, de carbure de vanadium, de carbure de niobium, etc., ont été soumis aux essais. On remarque que la présence de gaz accroît toujours la production d'émissions secondaires. Les températures élevées peuvent augmenter ou diminuer cette production, selon le matériau et l'énergie des électrons primaires.

L'incidence oblique accroît aussi la production pour une surface unie. On peut éliminer cet effet sans influencer sur la production d'émissions à l'angle d'incidence normal, en rendant le fini de surface plus rugueux.

Des mesures ont ensuite été effectuées sur certaines surfaces considérées comme des supprimeurs d'émissions d'électrons secondaires, notamment les surfaces de suie. Il s'est avéré qu'à basse température certaines de ces surfaces sont de très bons supprimeurs d'émissions secondaires, mais qu'elles sont instables aux températures élevées, probablement en raison de la diffusion du carbone.

## **Programme d'essai de PIM et d'effet d'impact multiple dans MSAT**

*Y. Patenaude, S. Richard, F. Ménard, E. Amyotte,*  
*C. K. Mok,*  
Spar Aerospace, Canada

Le système à satellite MSAT offrira des services de téléphonie, de télécopie et de transmission de données à faible débit aux utilisateurs de systèmes mobiles dans l'ensemble de l'Amérique du Nord. Le secteur spatial du système MSAT doit fournir de hautes densités de puissance rayonnée au sol afin de permettre les télécommunications avec de petits terminaux mobiles. Les exigences de fonctionnement à puissance élevée (effet d'impact multiple) et le risque de brouillage du système en raison de l'intermodulation passive (PIM) sont maintenant reconnus comme des paramètres de performance très importants pour les systèmes mobiles de télécommunications par satellite.

Dans le système MSAT, de grandes antennes à réflecteur déployable sont utilisées séparément pour l'émission et pour la réception dans la bande L afin de réduire les risques de PIM. De plus, la nécessité d'éviter la PIM et l'effet d'impact multiple a constitué un critère important de conception du réseau de sortie et de l'antenne d'émission à puissance élevée dans la bande L. Cet exposé donne un aperçu des conceptions choisies ainsi que du programme élaboré de qualification et de vérification, entrepris dans le cadre de MSAT pour relever les défis que posent la PIM et l'effet d'impact multiple. On y aborde la série d'essais effectués au niveau des composants, des sous-systèmes et des systèmes, de même que les résultats des essais. Les techniques de fabrication et d'assemblage adoptées pour satisfaire aux exigences de PIM et d'effet d'impact multiple sont aussi décrites brièvement.

### Applications du MPA aux télécommunications par satellite à faisceaux multiples

*S. Egami,*

Mitsubishi Electric Corporation, Japan

Depuis que nous l'avons proposé dans l'édition de mai 1987 de l'IEEE Journal on Selected Areas in Communications, le principe de l'amplificateur multi-accès semble influencer sur la conception subséquente des systèmes mobiles de télécommunications par satellite à faisceaux multiples. Le principe proposé transparaît dans la conception de l'émetteur à faisceaux multiples d'Inmarsat-3 ainsi que de l'émetteur à 6 faisceaux de l'AMSC/MSAT. Les deux satellites seront lancés l'an prochain. Cet exposé passe en revue l'implantation du MPA dans les systèmes à satellite à faisceaux multiples.

Le recours à des faisceaux multiples de satellite augmente le gain d'antenne du satellite, ce qui permet d'utiliser de petites stations terriennes. Par conséquent, les systèmes mobiles de télécommunications par satellite de la prochaine génération auront recours à des faisceaux multiples permettant d'utiliser de petites stations terriennes à faible puissance d'émission. La division d'une zone de desserte unique en de multiples petites régions occasionnera toutefois des difficultés que ne posent pas les systèmes à un seul faisceau. Le trafic de chaque faisceau variera considérablement dans le temps, ce qui nécessitera une puissance d'émission nettement supérieure, qui correspond à la charge de pointe du faisceau. Si l'on suppose que la puissance d'émission est fixe pour chaque faisceau à la charge de pointe, l'efficacité d'utilisation de la puissance du satellite chutera de façon marquée. C'est pour cette raison que le MPA est proposé. Permettant le partage de la puissance entre les faisceaux, le MPA utilise efficacement toute la puissance disponible du satellite.

Dans le cas des systèmes mobiles de télécommunications par satellite à faisceaux multiples, la puissance d'émission requise d'un faisceau fluctuera dans le temps en fonction du trafic variable de ce faisceau. Il est donc nécessaire d'avoir recours à un émetteur dont la puissance puisse varier selon le faisceau. Le MPA peut aussi s'utiliser dans les systèmes à satellite à faisceaux multiples. L'application du MPA permet, selon les besoins, d'augmenter la puissance des faisceaux des systèmes fixes de télécommunications par satellite. Plus élevés, le rapport G/T et la p.i.r.e. obtenus en raison de la couverture par faisceaux multiples donnent la possibilité d'utiliser des stations terriennes extrêmement petites et d'accroître de façon notable la capacité d'émission totale du satellite.

Dans les faits, il devient nécessaire d'aborder les

défaillances des SSPA du point de vue de la fiabilité. Cet exposé présente deux moyens d'intégrer des SSPA redondants au MPA.

Les erreurs de phase et d'amplitude des SSPA, du diviseur et du combinateur ont un effet sur les performances des MPA. La méthode analytique, qui révèle une dégradation due aux caractéristiques de phase et d'amplitude non uniformes des SSPA, des diviseurs et des combineurs, sera examinée. Le principe de la combinaison de puissance, fondé sur les vecteurs de phase et d'amplitude, sera également présenté afin de faciliter la compréhension des effets des erreurs de phase et d'amplitude.

L'utilisation du MPA permet de partager la puissance entre un grand nombre de faisceaux. En principe, cette utilisation élimine la restriction relative au nombre de faisceaux pouvant s'intégrer aux systèmes à faisceaux multiples. Dans l'avenir, le MPA sera utilisé à l'intérieur des petites stations terriennes des systèmes de télécommunications personnelles par satellite et des systèmes fixes de télécommunications par satellite à capacité élevée.

### Nouveaux développements en matière de répartition des voies des filtres OAS pour les charges utiles de systèmes mobiles à satellite

*R. Peach, P. Mabson,*  
COM DEV, Canada

L'application de la technologie des filtres OAS aux systèmes mobiles de télécommunications par satellite se répand de plus en plus largement dans l'industrie, depuis qu'elle a été mise de l'avant par INMARSAT pour sa troisième génération de satellites. Cet exposé aborde les nouveaux développements réalisés dans le secteur, notamment en ce qui a trait à la technologie OAS dans la bande L, à des architectures supplémentaires de traitement OAS et aux données de performance mesurées par INTELSAT sur la qualité du trafic dans les filtres de voie OAS. Les résultats de ces travaux indiquent que les canaux des filtres OAS peuvent être répartis de manière à améliorer la capacité des satellites sous toutes les formes du trafic actuel analogique et numérique de télécommunications par satellite, tout en n'imposant aucune restriction quant au format et aux techniques de modulation utilisés par le trafic. On peut donc s'attendre à ce que le filtrage OAS trouve une application encore plus large dans les futures charges utiles de télécommunications par satellite.

### Système de démonstration de télécommunications laser (LCDS) et futurs services mobiles par satellite

*C. C. Chen, M. D. Wilhelm, J. R. Lesh,*  
Jet Propulsion Laboratory, USA

Le système de démonstration de télécommunications laser (LCDS) est destiné à un projet de démonstration sur orbite d'une technologie de télécommunications laser à haut débit de données, conçue conjointement par la NASA et l'industrie des États-Unis. Le programme a pour objectifs de stimuler la compétitivité industrielle des États-Unis et de démontrer la possibilité de transmissions optiques de données à débit élevé sur l'orbite terrestre. Dans le cadre des futurs systèmes mondiaux de télécommunications par satellite, la technologie laser peut offrir une réduction de masse et d'alimentation pour les liaisons inter-satellites et de plus grandes largeurs de bande sans contraintes de réglementation. Selon sa conception actuelle, le LCDS comportera un ou deux terminaux de télécommunications laser sur orbite, capables d'atteindre des débits de données élevés (supérieurs à 750 Mbit/s) dans un environnement spatial dynamique. Deux équipes d'étude dirigées par Motorola et Ball Aerospace se penchent actuellement sur la définition de mission de la démonstration dans le cadre de contrats avec le JPL/NASA. Les études portent sur l'examen, la conception et les exigences de la future application, ainsi que sur la conception ponctuelle de la démonstration en vol des télécommunications laser. Une seule démonstration en vol de la technologie des télécommunications laser sera planifiée à partir des résultats de l'étude. Le programme LCDS devrait atteindre le stade de l'examen indépendant d'ici la fin juin et, sous réserve de l'approbation de la NASA et du Congrès, passera au stade du développement complet au cours de 1997. Les résultats de l'étude de définition de mission et le plan de démonstration en vol seront présentés.

### Soutien du LDF en matière de systèmes mobiles de télécommunications par satellite

*J. G. Dumoulin, R. Mamen,*  
Agence spatiale canadienne, Canada

Les installations élaborées d'intégration et d'essais environnementaux (notamment RF) du Laboratoire David Florida de l'Agence spatiale canadienne ont été largement utilisées pour le programme MSAT. Après une description des installations, l'exposé donne une vue d'ensemble du plan d'essai, puis décrit le rôle des installations pour la qualification des deux engins spatiaux MSAT. Une attention particulière est portée aux exigences de mesure

d'intermodulation passive (PIM), qui ont contribué à la nécessité d'améliorer la chambre anéchoïde pour l'engin spatial MSAT. La chambre améliorée a également servi aux essais de CEM de l'engin spatial Radarsat.

Les installations du LDF sont utilisées pour d'autres aspects des systèmes mobiles de télécommunications par satellite. Une chambre anéchoïde EHF blindée et le matériel d'essai connexe servent principalement à mesurer la performance des antennes mobiles de passerelle de l'engin spatial Iridium. On a également recours à d'autres chambres afin de vérifier les antennes aéronautiques pour le compte d'Inmarsat. D'autres encore combinent les essais thermiques et de PIM.

L'exposé se termine par une vue d'ensemble des exigences d'essai de missions SATCOM en cours, comme Inmarsat Aero-1.

### IRIDIUM® - Transition de Lockheed vers l'espace commercial

*T. N. Tadano,*  
Lockheed Missiles & Space Co, USA

À la Lockheed Missiles & Space Company, le programme spatial commercial IRIDIUM® transforme en profondeur les techniques de développement et de fabrication d'engins spatiaux de façon à réduire les coûts tout en maintenant la qualité et la fiabilité.

D'ici 1998, le système mondial de communications personnelles IRIDIUM® de Motorola offrira des services mobiles de télécommunications à n'importe qui, en tout temps et partout dans le monde. Grâce à un réseau révolutionnaire de 66 satellites sur orbite basse terrestre, IRIDIUM® procurera à ses clients une couverture mondiale de 100 pour cent, assurant des services de communications sans coupure pouvant transformer un téléphone de poche en un poste de travail sans fil complet, capable de transmettre la voix, les messages de téléappel, les télécopies et les données à l'échelle mondiale, même si l'emplacement de l'abonné est inconnu.

Les satellites du réseau IRIDIUM® seront en orbite à environ 420 milles marins au-dessus de la surface de la Terre. La constellation comprendra six plans satellites opérationnels et 1 satellite de réserve sur orbite. Comparativement aux satellites géostationnaires de télécommunications situés à 22 300 milles marins au-dessus de la Terre, l'orbite basse des satellites IRIDIUM® permettra de communiquer avec des postes manuels basse puissance au sol, dans un temps de propagation négligeable.

Par ses liaisons inter-satellites, le système couvrira les vastes parties du monde où les réseaux de

télécommunications ne peuvent pas se justifier d'un point de vue économique, de même que les régions polaires et océaniques. Capable de transférer les appels provenant de satellites dans des plans orbitaux identiques ou adjacents, IRIDIUM® permettra aussi aux utilisateurs de maintenir un appel indéfiniment et d'empêcher les appels de se couper, ce qui arrive dans les systèmes où les satellites ne sont pas reliés.

*Président de séance: Wolfhard Vogel,*  
University of Texas, USA  
*Organisateur de séance: Faramaz Davarian,*  
Jet Propulsion Laboratory, USA

## **Effets de la propagation sur les liaisons par satellite du service mobile et recommandations de l'UIT**

*F. Davarian,*  
Jet Propulsion Laboratory, USA

Le secteur des radiocommunications de l'Union internationale des télécommunications (UIT-R) a trois recommandations portant sur les effets de la propagation dans les environnements terrestre, maritime et aéronautique. Ces recommandations portent sur des méthodes de prédiction pour les liaisons Terre-satellite à récepteurs mobiles. Un examen de ces recommandations est inclus dans l'exposé. Les faiblesses des méthodes de prédiction proposées par l'UIT-R et les façons d'y remédier sont également étudiées.

Des données expérimentales sont nécessaires pour développer davantage les méthodes de prédiction de l'UIT-R, et on invite les administrations à contribuer à l'amélioration de ces méthodes. De même, on demande aux planificateurs de réseaux et aux fournisseurs de services des systèmes du service mobile à satellite et du service de communications personnelles par satellite de fournir des données à l'UIT-R.

Le protocole de participation aux activités de l'UIT-R fait également l'objet de cet exposé.

## **Mesures simultanées de l'effet d'occultation des arbres sur les communications satellite-terre en bande L et en bandes**

*W. J. Vogel, G. W. Torrence, H. P. Lin,*  
University of Texas, at Austin, USA

Cet exposé présente les résultats de mesures simultanées en bande L et en bande S de l'évanouissement en trajet oblique de signaux transmis d'un émetteur monté sur pylône à un récepteur à deux fréquences, à travers un pacanier, un peuplier et un pin. Une seule antenne à polarisation circulaire était utilisée à chaque extrémité de la liaison. L'objectif était de fournir de l'information relative à la corrélation de l'effet d'occultation des arbres entre les fréquences d'environ 1620 et 2500 MHz pour la conception de satellites de communications personnelles. Les séries de temps d'évanouissement obtenues simultanément ne présentaient pas de corrélation notable, ni pour la réception co-polarisée, ni pour la

réception en polarisation croisée, mais les moyennes de réception co-polarisée étaient en corrélation ( $r^2$  de 0,31 à 0,58). Les évanouissements ont été mesurés sur une distance latérale de 10 m à intervalles de 5 cm. Les différences d'évanouissement instantanées entre la bande L et la bande S présentaient une distribution normale avec des moyennes habituellement proches de 0 dB et des écarts-types allant de 5,2 à 7,5. Le peuplier faisait exception avec un évanouissement moyen en bande S de 5,4 dB supérieur à celui de la bande L. Plus de 90 % des variations spatiales avaient des périodes supérieures à 1-2 longueurs d'onde. Des mesures de balayage simultanées sur des gammes de 160 MHz ont montré que l'écart-type des niveaux de puissance en fonction de la fréquence allait d'environ 1 dB à des emplacements avec des évanouissements moyens de moins de 4 dB à près de 6 dB à des emplacements avec des évanouissements moyens de 20 dB. Pour un évanouissement de 5 dB, la plage centrale correspondant à 90 % des pentes d'évanouissement se trouvait dans une bande de 0,7 dB/MHz en bande L, et de 1,9 dB/MHz en bande S.

## **Modélisation de canal de satellite du service mobile terrestre à bande étroite**

*A. G. Kanatas, E. C. Kanderakis, P. Constantinou*  
National Technical University of Athens, Greece

Cet exposé a pour objet le développement d'un modèle analogique généralisé pour le canal de satellite du service mobile terrestre (LMS). Ce modèle est basé sur le modèle analogique proposé par Lutz et sur la simulation de brouillage dans la propagation par trajets multiples proposée par Jakes.

Le modèle de Lutz fait appel à un processus complexe de Rayleigh dont le spectre est formé par un filtre approprié. Il s'agit de la base du processus d'évanouissement qui définit le canal. Jakes a proposé une méthode pour simuler le processus complexe de Rayleigh avec un certain spectre. Cette méthode tient compte du modèle de diffusion bidimensionnel proposé par Clarke. Toutefois, il y a des différences entre ce qui est observé lors de mesures pratiques et ce qui est prédit par le modèle de Clarke. En particulier, le spectre de l'enveloppe observée présente des différences aux basses fréquences et autour des extrêmes provenant de l'effet Doppler. Aulin a développé un modèle tridimensionnel qui tente de surmonter cette difficulté en introduisant un angle de plus dans le modèle de diffusion.

Notre travail vise la généralisation de la méthode de

Jakes en mettant en valeur le modèle tridimensionnel d'Aulin. Nous utilisons cette méthode combinée au modèle de Lutz pour simuler sur micro-ordinateur le canal de satellite du service mobile terrestre.

Notre simulation est capable de réaliser le modèle d'Aulin, avec presque toute fonction de distribution de probabilité (FDP) pour le nouvel angle. Les FDP testées sont la FDP uniforme, la FDP proposée par Aulin et la distribution proposée par Parsons.

Les paramètres de la simulation sont : le facteur C de Rice, la moyenne et la variance de l'évanouissement log-normal, la durée moyenne de la portée optique et non optique, la vitesse du véhicule, la fréquence porteuse, le débit binaire et la valeur maximale de l'angle introduit par Aulin. Certains de ces paramètres dépendent de la proximité du récepteur mobile et peuvent être estimés à partir de séries de mesures ou au moyen d'un logiciel spécialisé.

---

#### **Établissement des caractéristiques de canal à bande étroite et à large bande pour les systèmes mobiles terrestres à satellite : résultats expérimentaux en bande L**

*A. Jahn, E. Lutz,*  
DLR, Germany,

*S. Buonomo,*  
ESA/ESTEC, The Netherlands

*M. Sforza,*  
Telecom Italia, Italy

Sont présentés dans cet exposé les résultats d'une campagne de mesures prises à bord d'un aéronef et visant l'établissement des caractéristiques de la liaison par satellite du service mobile. Les expériences en cause furent effectuées à 1,8 GHz. La campagne avait pour objectif d'obtenir des résultats applicables à toutes les constellations de satellites proposées : satellites sur orbite basse, sur orbite fortement excentrique et sur orbite géostationnaire. Par conséquent, les mesures ont été relevées pour des angles de site allant de 10 à 80 degrés, au moyen d'un aéronef léger. On a étudié une série d'environnements et de scénarios d'exploitation, notamment pour des applications de terminaux à main et d'automobile.

Nous présentons un survol des résultats en bandes étroite et large pour une vaste gamme d'angles de site et d'environnements. Pour l'établissement des caractéristiques en large bande, les profils de retard de puissance de la réponse impulsionnelle du canal sont présentés et étudiés. On donne également des chiffres pour l'étalement du temps de propagation et le nombre d'échos en fonction du temps. Le

comportement en bande étroite du canal est décrit par des fonctions de distribution de canaux de la puissance incidente et des temps d'évanouissement.

La campagne fait partie d'un programme de DLR pour les futurs systèmes de télécommunications par satellite et a été financée par l'ESA.

---

#### **Modèle de canal à large bande pour systèmes mobiles terrestres à satellite**

*A. Jahn, E. Lutz*  
DLR, Germany,

*S. Buonomo,*  
ESA/ESTEC, The Netherlands

*M. Sforza,*  
Telecom Italia, Italy

L'exposé porte sur un modèle de canal à large bande pour des services mobiles terrestres à satellite qui caractérise le canal de transmission variable dans le temps entre un satellite et le terminal d'utilisateur mobile. Les paramètres statistiques du modèle de canal résultent de l'adaptation des procédures aux données mesurées. Le modèle génère des réponses impulsionnelles avec une résolution temporelle de 33 ns correspondant à une largeur de bande de 30 MHz. Par conséquent, il est capable de caractériser le comportement de canal d'une vaste gamme de services tels que la téléphonie, la radiodiffusion audionumérique (RAN) ainsi que des techniques de modulation à étalement du spectre.

Le modèle est présenté pour différents environnements et scénarios. D'abord, le modèle est dérivé pour l'utilisateur quasi-mobile avec un terminal à main pour deux environnements différents : l'un rural, et l'autre, urbain. Les paramètres nécessaires à la description sont a) le nombre d'échos, b) la distribution de la puissance des échos, c) la distribution du temps de propagation d'écho. Nous montrons que le trajet de propagation directe suit la distribution de Rice alors que les trajets de propagation réfléchi sont à distribution de Rayleigh/log-normale. Les paramètres sont donnés pour une série d'angles de site.

Ensuite, le modèle est appliqué à un environnement mobile avec une antenne de véhicule montée sur le toit. La description à long terme des variations des paramètres est à l'étude et sera présentée dans l'exposé complet.

Le travail décrit dans cet exposé a été effectué en vertu d'un contrat conclu avec l'ESA.



### **Caractérisation des voies à bande étroite et à large bande du service mobile par satellite/PCN**

*G. Butt, M. A. N. Parks, B. G. Evans,*  
University of Surrey, United Kingdom

Cet exposé présente des modèles de caractérisation des voies du service mobile par satellite. Il comporte des modèles statistiques pour les voies à bande étroite basés sur la campagne de mesures menée par le CSER sur les voies à angles de site élevés. De tels modèles sont utiles pour les simulations portant sur les systèmes de télécommunications. Les résultats de la modélisation ont permis de démontrer que les signaux des liaisons mobiles par satellite sont presque toujours disponibles en visibilité optique avec des angles de site élevés, même dans des conditions d'occultation intense. La campagne de mesures sur les voies à large bande qui sera bientôt entreprise par le CSER, et l'approche à la modélisation qui sera ensuite adoptée, seront aussi traitées. Il est fait mention qu'un modèle de voie à large bande constituerait un outil utile pour l'étude des applications CDMA.

### **Analyse et mesure de l'évanouissement des signaux du service mobile en bande Ka**

*S. Buonomo, B. Arbesser-Rastburg,*  
European Space Agency, The Netherlands,

*F. Murr,*  
Joanneum Research IAS, Austria

Cet exposé présente l'analyse de l'évanouissement des signaux du service mobile basée sur une campagne expérimentale exhaustive menée en Europe. Les données ont été recueillies au moyen d'une fourgonnette équipée d'un récepteur en bande Ka monté sur une plate-forme stabilisée qui avait été conçue et construite en vertu d'un contrat conclu avec l'ESA. Une description complète de la campagne expérimentale et de l'instrumentation utilisée est également incluse. Le signal de radiophare 18,6 GHz d'ITALSAT était reçu dans différents environnements de propagation du service mobile. Le signal, le contenu du canal I et Q et un signal vidéo synchronisé ont été enregistrés en parallèle avec d'autres informations concernant les conditions de mesure (vitesse et direction de la fourgonnette, état du récepteur, description de la route, etc.).

L'effet d'évanouissement des signaux du service mobile et sa relation avec le pourcentage d'occultation optique ont été étudiés lors de la phase de post-traitement. On a comparé divers angles entre la direction du véhicule et l'azimut du satellite (0°, 45° et 90°) pour déterminer dans quelle mesure

l'effet d'occultation dépend de l'azimut; l'angle de site était fixe mais, vu la position géostationnaire du satellite, il était fonction de l'emplacement où l'expérience avait lieu. On présente les valeurs prédites par le modèle et une comparaison avec les résultats préalables à des multiples de fréquence.

Enfin, un jeu de statistiques du premier ordre et du deuxième ordre montre les caractéristiques de canal de propagation du service mobile en bande Ka en fonction des environnements.

### **Établissement des caractéristiques de canal à bande K/Ka pour les systèmes mobiles à satellite**

*D. S. Pinck, M. D. Rice,*  
Jet Propulsion Laboratory, USA

Les systèmes mobiles à satellite offrent aux utilisateurs des communications sans fil vraiment n'importe où et n'importe quand. Le satellite de télécommunications à technologie de pointe (ACTS) de la NASA constitue une plate-forme spatiale idéale pour mesurer les caractéristiques de propagation en bande K/Ka dans une application de satellite du service mobile terrestre. Des essais sur le terrain effectués au cours des sept premiers mois de 1994 dans le sud de la Californie au moyen du terminal mobile ACTS du JPL ont produit des données d'établissement des caractéristiques de canal pour la liaison en bande K/Ka. Une fréquence pilote a été transmise par une station fixe à Cleveland (Ohio), à travers le satellite, pour être renvoyée vers la Terre à 20 GHz par le faisceau étroit couvrant le sud de la Californie. L'AMT était muni d'une antenne à faisceau étroit et à gain élevé qui suivait le satellite en azimut pour un angle de site fixe (46 degrés en l'occurrence). Les essais sur le terrain étaient menés en trois environnements de base : routes dégagées à visibilité directe, banlieues légèrement occultées, banlieues fortement occultées. Les résultats préliminaires de ces essais indiquent très peu d'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples pour les environnements ruraux et les liaisons à visibilité directe (tel que prévu pour une antenne à faisceau étroit). Par contre, on a relevé des évanouissements prononcés dans les zones occultées, surtout lorsque la route était couverte par une voûte de verdure.

### Mesures de la propagation des signaux de satellite en bande ka, prises en floride

*H. Helmken,*

Florida Atlantic University,

*R. Henning,*

University of South Florida, USA

On s'attend à ce que la croissance commerciale des systèmes de communication interactive rapide augmente l'utilisation de la bande Ka (20-30 GHz) du spectre des radiofréquences. La possibilité de former des faisceaux étroits et les antennes connexes de diamètre réduit sont des caractéristiques attrayantes pour les concepteurs de systèmes aéronautiques et terrestres de télécommunications par satellite. Toutefois, la bande Ka est très sensible aux conditions atmosphériques, notamment à la pluie, de sorte que les conceptions de systèmes peuvent exiger une marge de liaison considérable pour assurer un fonctionnement fiable. Du point de vue météorologique, la zone subtropicale de la Floride est peut-être la plus défavorisée en Amérique du Nord. Par conséquent, on a lancé en Floride un programme coopératif de mesures de la propagation qui fait appel au satellite de télécommunications à technologie de pointe (ACTS) de la NASA.

Ce satellite a été développé pour encourager la création et la validation de la technologie de télécommunications à mesure qu'elle se rend dans la région des ondes millimétriques. Aux fréquences en bande Ka, la conception de systèmes fiables de transmission de signaux dépend grandement de modèles de canal et statistiques de propagation validés. Plusieurs systèmes proposés de communications mobiles à couverture mondiale (Iridium, Teledesic, etc.) ont des éléments de liaison en bande Ka et des essais mobiles au sol et aéronautiques sont en cours au JPL dans le cadre du programme AMT. Le Space Communications Technology Center, un Center for the Commercial Development of Space (CCDS), parrainé par la NASA et dont le siège social se trouve à la Florida Atlantic University, développe des systèmes pour la transmission numérique par satellite de la voix, de données et de vidéo en bande Ka et dépend donc grandement d'information exacte sur la propagation.

Un terminal de propagation ACTS (APT) a été établi par la NASA à la South Florida University à Tampa, à l'appui du programme ACTS et de la mission du CCDS. Ce terminal, un des sept placés stratégiquement en Amérique du Nord (entre l'Alaska et la Floride), recueille depuis décembre 1993 des données de propagation et des données connexes; les données recueillies pendant la première année de fonctionnement ont été traitées. On a construit un deuxième terminal transportable à

réception seulement, qui sera utilisé dans des expériences pour déterminer les variations entre emplacements. On présente les résultats préliminaires des variations d'affaiblissement du trajet du signal de radiophare ACTS et des données radiométriques observées simultanément.

Les résultats comprennent surtout des distributions à fonction de distribution de canaux particulière et des comparaisons telles que celle du radiophare 20 GHz avec le radiomètre 20 GHz. On présente également une comparaison avec le modèle du CCIR et avec le modèle global à l'aide d'un programme de propagation développé par JPL et de données de saison sèche et de saison des pluies. De plus, l'exposé comprend un rapport provisoire de statistiques d'évanouissement en saison sèche et en saison des pluies pour la région subtropicale de la Floride. Cette information est comparée avec les statistiques d'évanouissement du satellite OLYMPUS publiées par Stutzman.

Une analyse des données radiométriques est également présentée. Cette analyse a pour objet de déterminer dans quelles conditions et avec quelle précision les mesures radiométriques révèlent des variations réelles de perte de propagation. Elle tente aussi de répondre à la question suivante : «Existe-t-il une structure fine de données radiométriques et peut-elle être mise en corrélation avec les variations d'affaiblissement de propagation causées par la scintillation?».

*Président de séance:* **Bill Meder,**  
ORBCOMM, Canada

*Organisateur de séance:* **Brian Abbe,**  
Jet-Propulsion Laboratory, USA

---

**Résultats de l'expérience de l'AMT**

*B. Abbe, D. Pinck,*  
Jet propulsion Laboratory, USA

Les expériences portant sur l'AMT (terminal mobile du satellite de télécommunications à technologie de pointe ACTS) ont constitué un banc d'essai de technologies de terminaux pour l'évaluation des communications du service mobile par satellite (satcom) en bandes K et Ka. Un tel système pourrait s'avérer grandement avantageux pour de nombreux usagers commerciaux et gouvernementaux des communications du service mobile par satellite. La combinaison des faisceaux ponctuels à très petite ouverture de l'ACTS et de la technologie des antennes en bande Ka, de faibles dimensions et à gain élevé, a pour résultat un système qui peut offrir des volumes de trafic de beaucoup supérieurs aux configurations commerciales actuelles. Jusqu'à présent, des expériences ont déjà été menées dans des domaines aussi variés que les applications médicales d'urgence, les services de communications personnelles (PCS) améliorés, l'aide au rétablissement en cas de sinistre, les applications militaires et les services généraux de transmission de la voix et des données. La télémédecine, les RNIS et les liaisons de retransmission de réseaux de télévision font partie des applications qui feront l'objet d'expériences au cours de l'année à venir. Les résultats relatifs à la performance de base de l'AMT seront communiqués. Ils comprendront notamment des courbes d'erreurs sur les bits (BER) pour les services fixes et mobiles, des contrôles de linéarité des répéteurs de satellite et, pour le service mobile, des données sur la propagation des signaux de voies de communications du service mobile par satellite en bandes K et Ka. En outre, des commentaires seront faits sur plusieurs expériences propres à des applications particulières.

---

**Besoins des utilisateurs finals et applications en matière de gestion de parcs de véhicules dans de grandes régions au moyen de MSAT**

*A. Pedersen,*  
Centre de recherches sur les communications,  
Canada

Les services mobiles par satellite (MSAT) deviendront une réalité en Amérique du Nord en

1995. MSAT offrira des services de télécommunication de la voix, des données et de télécopie sur de grandes régions aux utilisateurs des services mobiles terrestres, maritimes et aéronautiques dans toutes les régions d'Amérique du Nord, jusqu'à 200 milles marins des côtes et dans les eaux arctiques. MSAT transmettra aussi les informations GPS de localisation provenant des systèmes mobiles aux centres d'acheminement des véhicules.

La gestion de parcs de véhicules dans de grandes régions (WAFM) constitue une des grandes applications de MSAT. Cet exposé définit la WAFM, précise les besoins des utilisateurs finals et relève des applications possibles de la WAFM par MSAT. Ce document est fondé sur plusieurs essais sur le terrain de la WAFM avant MSAT dans les environnements mobiles terrestres, maritimes et aéronautiques. Il se termine sur un résumé des avantages possibles de la WAFM par MSAT.

La WAFM par MSAT fournira aux gestionnaires de parcs de véhicules des moyens de communication de la voix et des données entre des parcs de véhicules et des centres d'acheminement. La transmission de données permettra l'utilisation de techniques numériques d'acheminement et elle permettra aux conducteurs et pilotes de véhicules de compiler et d'envoyer des messages sous forme de formulaires, des codes d'état et des messages textuels en format libre. La communication de données permettra l'interface de terminaux mobiles MSAT avec les systèmes de surveillance de l'état des véhicules.

La transmission des codes d'état et des rapports de position GPS par les véhicules permettra aux responsables de l'acheminement de sélectionner manuellement ou automatiquement le véhicule le plus approprié pour remplir une tâche particulière selon l'emplacement et l'état de tous les véhicules d'un parc ou d'une division d'un parc de véhicules. La transmission d'alertes d'urgence améliorera la sécurité du personnel en déplacement et la surveillance des cargaisons de grande valeur.

Pour le monde mobile terrestre, la WAFM MSAT trouvera des applications auprès des services de messagerie, des organismes de sécurité publique et même des parcs d'autobus scolaires dans les régions éloignées. Les applications de gestion des parcs de véhicules maritimes et aéronautiques trouveront preneurs dans l'industrie du remorquage maritime, de la pêche, des traversiers et de l'aviation générale.

### Les possibilités d'expérimentation sur les télécommunications du service mobile par satellite offertes par la NASA

*K. H. Chambers,*  
NASA, USA,

*L. A. Koshmeder,*  
Stanford Telecom,

*J. E. Hollansworth, R. E. Jones,*  
NASA Lewis Research Centre,

*J. O'Neill,*  
NIALL Enterprises,

*R. C. Gibbons,*  
The MITRE Corporation, USA

La National Aeronautics and Space Administration (NASA) offre la possibilité de mener des expériences et de faire des démonstrations portant sur la technologie et les principes des communications commerciales par satellite. Cette offre est rendue possible grâce aux fonctions utilisables du système TDRSS (système du satellite TDRS de suivi et de relais de données de la NASA). L'antenne réseau à commande de phase à orientation électronique et l'antenne à gain élevé et à accès simple du TDRS permettent les communications avec des terminaux mobiles simples, petits et de faible puissance se trouvant à la surface de la Terre. Le Programme d'expériences du TDRSS en communications mobiles par satellite (MOST) aidera à faire l'essai et la démonstration de divers concepts et technologies modernes en évolution rapide en donnant gratuitement aux expérimentateurs qualifiés accès au TDRSS et aux ressources au sol connexes. Les domaines de validation et de démonstration de technologies comprennent, sans s'y limiter : les techniques de modulation et de codage, la technologie des terminaux mobiles à main, les antennes, la caractérisation de la propagation et les concepts opérationnels. Certaines des applications technologiques comprennent : les services mobiles de communications par satellite, les services de communications personnelles, le suivi des véhicules et la messagerie avec ces derniers, le relais de données provenant d'endroits éloignés et la radiodiffusion directe par satellite.

Le programme MOST est ouvert aux participants actifs provenant de l'industrie américaine des communications par satellite. Des représentants de vingt-cinq entreprises privées et de douzaines d'autres organismes d'éducation et du gouvernement ont participé à un atelier de la NASA afin d'explorer les diverses possibilités d'expérimentation. Les propositions sont à l'étape des présentations et plusieurs projets pilotes ont été lancés.

Le présent exposé a pour objectifs : 1) de communiquer les expériences et démonstrations amorcées, en partageant les résultats d'essais qui peuvent être intéressants pour l'industrie des communications, 2) de partager cette offre de possibilité d'expérimentation.

1) L'exposé comprendra des présentations par plusieurs expérimentateurs qui partageront chacun les objectifs de leurs expériences, les configurations employées et les résultats des essais. Les expérimentateurs communiqueront aussi un exemple de ce qui pourrait être accompli en matière de communications commerciales par satellite au moyen du TDRSS. Les expériences suivantes sont représentatives de certaines des expériences présentées dans le présent document :

- mesures en diversité de polarisation effectuées par une entreprise privée en vue de la radiodiffusion directe par satellite au moyen de l'antenne à accès simple du TDRS,
- mesures de propagation effectuées par le JPL au moyen de l'antenne à accès simple du TDRS afin d'augmenter la précision d'un modèle de voie appliqué à la radiodiffusion directe par satellite,
- essais de performance de liaison avec un émetteur-récepteur mobile tenu à la main effectués par une entreprise privée impliquée dans les activités relatives aux satellites LEO, en vue de services mobiles de communications par satellite,
- essais et évaluation d'une technique de modulation à base m par une entreprise privée,
- essais et évaluation par le Lewis Research Center d'une technique de modulation à rendement spectral élevé, d'un modem d'acquisition rapide et d'un modem numérique à débit de données variable,
- démonstration par le JPL de la faisabilité d'utiliser les communications par satellite pour localiser et identifier des éléments logistiques militaires,
- démonstration de l'emploi de satellites pour les services de télémédecine,
- validation d'un simulateur de matériel de communications par satellite.

2) On explique aussi comment les chercheurs effectuant des expériences dans le cadre du MOST ont accès aux ressources de la NASA, y compris l'antenne réseau à commande de phase à orientation électronique et l'antenne à gain élevé et à accès simple du TDRS. Seront également traitées les questions des bandes de fréquence, des zones de couverture, de la durée du programme et d'autres détails d'intérêt pour les expérimentateurs.

---

**Démonstration d'un système de communications maritimes par satellite sur orbite terrestre basse**

*K. Elms,*

Centre canadien des communications maritimes,

*K. A. Butt, K. Asmus,*

Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique, Centre des glaces, Canada

Le Centre canadien des communications maritimes a récemment mené une expérience en collaboration avec le Telemédecine Centre de la Memorial University de Terre-Neuve, afin d'étudier une application des communications par satellite sur orbite terrestre basse (LEO) dans un environnement maritime. Ces travaux avaient pour objectif de faire la démonstration des possibilités d'un tel système comme solution de remplacement peu onéreuse pour les communications maritimes, et d'étudier les nombreux aspects techniques mis en jeu par le transfert par satellite de fichiers de données de 100 à 200 kilo-octets à un navire en mer au moyen de cette technologie. Ces aspects comprennent la question des performances et de la robustesse de la configuration d'antenne, de la détérioration du signal causée par l'occultation et par l'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples subi par les installations maritimes, ainsi que la préparation des données (comme la compression et la «mise en panneaux» des images). Cet exposé présente l'historique du projet, ses objectifs ainsi que la configuration du système. Il comporte aussi une discussion des questions, avantages et limites techniques, et des commentaires (portant, par exemple, sur l'analyse des données relatives à l'intensité du signal reçu).

L'expérimentation a été effectuée en conjonction avec le projet Arctic Ocean Section 1994 (AOS'94), pendant lequel le brise-glace Polar Sea de la garde côtière américaine et le brise-glace Louis S. St-Laurent de la Garde côtière canadienne ont réussi à atteindre le pôle nord géographique le 22 août 1994. Cette situation particulière a permis au CCCM d'assurer le soutien de la mission arctique, tout en effectuant une expérience constituant une première, c'est-à-dire l'utilisation d'un terminal de communications LEO à bord d'un navire (le Louis S. St-Laurent). Ce projet de communications a été rendu possible grâce au soutien accordé par SatelLife, des États-Unis, qui a fourni la liaison satellite avec UoSat-3, par la Garde Côtière (de Transports Canada), qui a accordé son soutien financier ainsi que de l'aide technique et opérationnelle à bord, et par la Direction des recherches sur les glaces d'Environnement Canada, qui a aidé financièrement et a prêté assistance pour la cueillette des données localement.



*Président de séance:* **Edward Ashford**,  
European Space Agency, The Netherlands  
*Organisateur de séance:* **Ted Hayes**, Centre de  
recherches sur les communications, Canada.

---

**Le système mondial de transmission de données GEMnet**

*B. K. Yi, R. Chitty, D. Walter, R. Howard,*  
CTA Commercial Systems, USA

Le système GEMnet (Global Electronics Message network) assurera en tout temps la transmission mondiale des données à faible coût. GEMnet est un système de service mobile de transmission de données de bout en bout par satellite non géostationnaire n'assurant pas la transmission en phonie (aussi appelé système NVNG, ou même «petit LEO») composé de 38 petits satellites sur orbite terrestre basse et d'un secteur sol. Ce secteur sol se composera de terminaux d'abonné, de stations passerelles, d'un centre d'opérations du réseau (NOC) et d'une structure de base de réseau réalisant l'interconnexion du NOC et des passerelles. Cet exposé décrit le concept de GEMnet, notamment ses secteurs sol et spatial, l'héritage système, les services de transmission de données et les protocoles utilisés.

---

**Un concept d'orbite terrestre basse pour les communications en ondes millimétriques**

*A. H. Jackson,*  
NASA,

*P. Christopher,*  
Stanford Telecommunications, USA

Cet exposé traite d'un concept impliquant 64 satellites sur orbite terrestre basse (LEO) qui pourrait offrir des performances intéressantes pour les communications dans la région 30-45 GHz. On reprend ensuite les attributions de fréquences disponibles pour les communications du service mobile afin de montrer les nombreuses possibilités de mise en oeuvre.

On sait que les communications en ondes millimétriques présentent des avantages quantitatifs pour de nombreuses applications. Les récents succès de la télédiffusion directe sur 12-14 GHz donnent un aperçu de ces avantages, en particulier en regard des essais précédents faits sur 6 GHz. On montre l'affaiblissement de propagation en fonction de la fréquence et de l'angle de site à un site représentatif jouissant d'un climat tempéré (Washington, D.C.). On constate que l'affaiblissement augmente rapidement avec la fréquence. Cette fonction d'affaiblissement a restreint les communications par satellite à la région

inférieure à 6 GHz jusqu'en 1985, et les principaux avantages de l'augmentation du gain en fonction de la fréquence étaient souvent négligés. L'augmentation monotone de l'affaiblissement en fonction de la fréquence est ensuite rajustée à la baisse par le gain d'antenne en fonction de la fréquence. Les régions de fréquences optimales apparaissent alors à 14-17 GHz, 30-45 GHz et 90 GHz pour des taux de précipitations faibles et une disponibilité de 0,99.

Les orbites terrestres basses présentent des avantages et des nuances uniques pour les communications du service mobile. Les principaux concurrents intéressés aux communications faisant appel à ces orbites, comme le système IRIDIUM de Motorola, utilisent de manière efficace des angles de site inférieurs à 20 degrés parce que la porteuse à 2 GHz employée subit peu d'affaiblissement atmosphérique. Le système IRIDIUM tolère de longs trajets atmosphériques. La présente tentative de description d'un système à orbite terrestre basse en ondes millimétriques doit d'abord confirmer l'hypothèse que la plupart des angles de site sont supérieurs à 25 degrés. Nous remarquons par ailleurs que la série soviétique Molniya utilisait des satellites à orbite elliptique inclinée avec de bons résultats au milieu des années soixante pour desservir les latitudes entre 30° N et le Pôle nord, et nous introduisons des orbites elliptiques inclinées de 2 heures pour des angles de site élevés de Miami à Thulé.

La première moitié des 64 satellites est positionnée de manière que l'apogée des orbites soit dans l'hémisphère nord. Nous faisons des recherches complètes d'angles de site pour cet hémisphère, pour tous les temps, au moyen des méthodes de la référence [2]. Une fonction de probabilité de densité des angles de site est générée pour tous les temps et emplacements. Plus de 75 % des angles de site sont supérieurs à 30 degrés, et 90 % sont supérieurs à 20 degrés. Ce premier ensemble de 32 satellites semble pouvoir desservir l'hémisphère nord de façon acceptable. Un deuxième ensemble de 32 satellites, dont l'apogée se trouverait dans l'hémisphère sud, est requis pour assurer une couverture complète de la Terre en tout temps. La couverture terrestre obtenue de l'ensemble complet de 64 satellites en orbite basse est déformée vers de plus grands angles de site dans les zones tempérées. Les angles de site assurant une couverture complète de la Terre ne dépassent 20 degrés que dans 84 % des cas. Les régions de fréquence optimale en fonction de l'angle de site sont intégrées avec les facteurs de distribution de probabilité des angles de site pour obtenir les régions de fréquences optimales pour des angles de site variables. Les fréquences proches de 40 GHz

s'avèrent les meilleures pour un taux de disponibilité modeste de 0,99 alors que les fréquences jusqu'à 47 GHz sont aussi intéressantes.

---

### **Le moteur NUONCE pour réseaux à orbite terrestre basse**

*M. W. Lo, P. Estabrook,*  
Jet Propulsion Laboratory, USA

Les réseaux à orbite terrestre basse emploient habituellement des constellations qui assurent une couverture uniforme. Pourtant, la demande relative aux services de télécommunications n'est pas répartie de façon uniforme sur la surface de la Terre, étant répartie principalement sur les masses continentales qui ne représentent que le quart de la surface terrestre. En outre, la demande est dynamique et elle suit le cycle diurne. Nous offrons un concept plus efficient et rentable qui fait correspondre la couverture par les satellites avec la demande de service qui suit un cycle autour de la planète.

Notre démarche consiste à utiliser une répartition non uniforme des satellites du réseau. Les satellites peuvent ainsi se regrouper dans certaines zones et se disperser ailleurs. Les grappes de satellites se forment et se dissolvent périodiquement de manière à répondre à la demande de services de télécommunications répartie de façon non uniforme à la surface de la planète. Ce principe est représenté par le sigle anglais NUONCE (pour moteur de communications par réseau optimal non uniforme).

La constellation NUONCE se prêterait aussi à une stratégie de mise en oeuvre progressive. Le réseau initial de faible densité pourrait être conçu de manière à assurer une couverture élevée dans des régions cibles. Au fur et à mesure que le marché s'étendrait, de nouveaux satellites seraient ajoutés pour desservir d'autres régions. Comme ce système est prévu pour une constellation non uniforme, il sera plus souple et adaptatif. Du point de vue économique, il pourrait s'avérer plus attrayant parce qu'un tel type de réseau de communications par satellite exige un nombre moins important de satellites.

Cette étude traite de ces questions. Nous définissons un cadre de mesure des performances basé sur les paramètres applicables aux télécommunications, comme le degré d'utilisation du réseau et la qualité du service. Nous nous penchons sur les effets des constellations proposées sur l'acheminement par voies spatiales, les protocoles réseau, la gestion du trafic et les liaisons intersatellites.

---

### **Conception d'un système de gestion du trafic aérien utilisant les équipements de positionnement et de communications par satellite**

*P. Horkin,*  
Motorola, USA

Dans le cadre du futur système de navigation aérienne, la FAA et l'OACI croient que, au cours du vingt-et-unième siècle, la gestion de la circulation aérienne transférera les fonctions de communication, navigation et surveillance à des systèmes à satellites. La création d'un système de positionnement auquel on accéderait de tout point sur Terre, qui aurait un rendement au moins égal au GPS différentiel en conditions idéales, mais sans ses problèmes, est une condition essentielle à l'acceptation globale d'une telle vision. Une fonction consistante de liaison entre les aéronefs et les tours pour satisfaire le besoin de communications vocales et de données est aussi essentielle.

La constellation GPS actuelle ne fournit pas une couverture mondiale continue avec un nombre de satellites suffisant pour répondre aux besoins de l'atterrissage de précision établis par la communauté mondiale. La perte de vue périodique du nombre minimal de satellites entraîne un problème d'intégrité qui empêche le GPS de devenir le premier système pour la navigation. De plus, de nombreux pays se montrent réticents à devenir dépendants de biens comme le GPS et le GLONASS qui sont contrôlés par des communautés militaires.

Cet exposé traite de ces préoccupations et présente un système qui résout les questions clés associées à la navigation, à la surveillance automatique par satellite (ADS) et aux communications. Ce système comporte un système indépendant, du même type que le GPS, faisant appel à 27 satellites assurant une couverture mondiale alors qu'au moins six satellites demeurent visibles en tout temps. Un réseau de charges utiles à bord de ces satellites est responsable de communications fiables en TDMA/FDMA. Ce réseau peut assurer des communications pour 30 000 liaisons simultanées, nombre plus que suffisant pour répondre aux besoins du parc mondial actuel de gros porteurs de passagers. Par ailleurs, tout le matériel nécessaire pourra être développé directement à partir des réalisations actuelles.



### **Le suivi et l'inventaire mondial du matériel militaire au moyen de satellites en orbite basse : approche systématique et scénario possible**

*D. Bell, P. Estabrook, R. Romer,*  
Jet Propulsion Laboratory, USA

Les militaires apposent des étiquettes aux équipements pour faciliter l'automatisation des prises d'inventaires, accélérer l'accès aux inventaires et assurer le suivi automatique du matériel de valeur ou sensible. Les techniques employées à l'heure actuelle permettent la couverture d'équipements déployés sur plusieurs acres. Cet exposé propose une méthode ayant recours aux satellites pour assurer une couverture mondiale, ce qui serait particulièrement utile pour la mobilisation de l'équipement dans des régions étrangères. Les scénarios représentatifs ainsi que les exigences connexes relatives à la communication des étiquettes sont d'abord présentés. Une solution générique basée sur des satellites sur orbite basse est ensuite présentée en mettant en relief les questions clés des liaisons et de l'accès. Suivent l'application de deux projets de systèmes commerciaux à orbite basse, IRIDIUM et ORBCOMM, aux divers scénarios et l'évaluation de leur utilité. Des changements précis à apporter aux systèmes commerciaux pour améliorer leur application à ce problème de logistique militaire sont proposés.

### **Architecture du système à satellite de Teledesic**

*M. A. Sturza,*  
Teledesic Corporation, USA

Il existe une forte demande mondiale en matière de communications à large bande. Teledesic projette de répondre à cette demande au moyen d'une constellation de 924 satellites sur orbite basse terrestre (LEO) fonctionnant dans la bande Ka (30/20 GHz). Le réseau de Teledesic assurera un service de qualité « fibre optique », notamment pour ce qui est des courts temps de transmission, des débits de données élevés et du faible taux d'erreur sur les bits, à l'intention d'utilisateurs fixes et mobiles dans le monde entier.

### **Les réseaux mobiles commerciaux à satellite (MSBN) un élément du système mobile européen (EMS)**

*M. L. de Mateo, A. Jongejans, C. Loisy,*  
European Space Agency (ESA) The Netherlands,

*C. Van Himbeek, J.P. Marchal,*  
Sait Systems, Belgium,

*A. Borella, M. Sartori,*  
Fiar, Italy

L'Agence spatiale européenne (ESA) acquiert actuellement une charge utile EMS utilisant la bande L, qui doit être embarquée à bord du satellite ITALSAT-2, dont le lancement est prévu au début de 1996, afin de promouvoir un système mobile européen régional. Une présentation a été faite à ce sujet à la conférence IMSC de 1993 (« Le Système mobile européen (EMS) »).

Le MSBN (Réseau mobile commercial à satellite), un des systèmes de communications mobiles terrestres (voix et données) faisant partie de l'EMS, offrira les services d'un réseau commercial assurant une couverture européenne sans coupure. L'accès de liaison d'alimentation en bande Ku permettra à un usager à un point fixe d'accéder directement à son parc de mobiles par l'intermédiaire d'une station VSAT installée à son emplacement et pointée vers l'EMS.

Entre-temps, les travaux initiaux de développement du MSBN sont terminés et une station terrienne fixe (FES) fabriquée par SAIT (en Belgique) et deux terminaux mobiles (MES) développés par FIAR (en Italie) ont été livrés à l'Agence en octobre 1994. Les travaux de développement impliquaient la mise en oeuvre d'un protocole spécialisé pour la transmission de la voix et des données. Cet exposé rappelle d'abord les caractéristiques du système MSBN, basé sur des techniques d'accès CDMA quasi synchronisées dans les deux sens, ainsi que la mise en oeuvre des récepteurs CDMA.

La technique de synchronisation appliquée spécifiquement à la liaison MES-FES, constitue une nouveauté importante de ce système. Elle permet une plus grande capacité en nombre de voies et, par conséquent, une plus grande efficacité spectrale en raison de l'abaissement dramatique des niveaux de bruit propre. Les principes en jeu sont expliqués et les performances mesurées en situation réelle sont présentées.

Cet exposé donne aussi les résultats des essais du service mobile terrestre qui confirment les performances prévues.

---

**Exigences relatives à l'espacement des satellites géostationnaires en bande Ka**

*M. Caron, D. Hindson,*  
Centre de recherches sur les communications,  
Canada

Plusieurs systèmes de communications personnelles en large bande par satellite ont récemment fait l'objet de propositions. Cet exposé traite des exigences relatives à l'espacement des satellites géostationnaires en bande Ka pour qu'il soit conforme au critère de partage UIT-R qui s'applique aux techniques d'accès FDMA et CDMA. Après le développement de l'équation de capacités de la CDMA et de la FDMA, les fondements de l'analyse du brouillage entre deux systèmes ayant des zones de couverture se chevauchant sont élaborés pour les cas de techniques d'accès identiques et différentes, ainsi que pour les systèmes à largeur de bande et à puissance limitées. Les auteurs donnent ensuite un exemple d'analyse complète de brouillage entre deux systèmes. Cet exposé met aussi en évidence les problèmes inhérents à la comparaison de systèmes qui utilisent des techniques d'accès différentes et traite des exigences relatives à la largeur de bande des liaisons d'alimentation pour les satellites répéteurs et régénérateurs.

---

**Une configuration de faisceaux différente pour un satellite canadien en bande Ka**

*D. Hindson, M. Caron,*  
Centre de recherches sur les communications,  
Canada

Un certain nombre de systèmes pour les satellites utilisant la bande Ka ont été proposés pour assurer des services de communications personnelles en large bande avec des terminaux terriens dotés de petites antennes. L'utilisation de petites antennes a pour conséquence que les systèmes de satellites doivent utiliser un grand nombre de faisceaux ponctuels à faible ouverture. Traditionnellement, la couverture était assurée au moyen de faisceaux ponctuels de largeur uniforme disposés selon une configuration en nid d'abeille. Pour les bandes de fréquences inférieures, peu sensibles aux effets des précipitations, cette méthode donne une qualité de couverture assez uniforme sur toute zone de desserte. Par contre, en bande Ka, lorsque cette technique est utilisée pour couvrir de grandes zones de desserte où la répartition des conditions météorologiques varie de manière importante, les ressources du satellite sont utilisées de manière peu efficace en regard de l'objectif qui est de fournir une qualité uniforme de service sur la zone de desserte. Une autre approche consiste à utiliser

diverses ouvertures de faisceau ponctuel, adaptées aux effets des précipitations sur la liaison, afin d'assurer la couverture.

Cet exposé montre de quelle manière un système canadien pour satellite en bande Ka utilisant deux dimensions de faisceau ponctuel peut assurer une qualité de service plus uniforme à la grandeur du pays tout en réduisant la complexité de la charge utile du satellite, en comparaison d'un système faisant appel à une seule dimension de faisceau.

---

**Considérations relatives à la conception de systèmes et d'antennes pour orbites fortement elliptiques dans le cadre de la constellation Archimède projetée**

*C. M. T. Paynter, M. Cuchanski,*  
Spar Aerospace, Canada

Cet exposé traite des divers aspects de la conception des systèmes à satellite sur orbite fortement elliptique, et il présente un certain nombre d'options de conception d'antennes pour la mission Archimède projetée. Cette mission a fait l'objet d'une analyse quant aux services de radiodiffusion sonore directe et aux services mobiles de télécommunications dans les bandes L et S aux latitudes nord. L'orbite elliptique inclinée permettrait de couvrir l'Europe, l'Amérique du Nord et l'est de l'Asie. Se fondant sur la couverture de base au Canada et en Amérique du Nord, l'exposé traite d'aspects tels que la configuration et le pointage des satellites, la configuration des faisceaux, ainsi que les caractéristiques requises, la configuration et l'analyse des antennes.

Des compromis sont établis entre divers systèmes d'antenne possibles, soit le réseau d'antenne à rayonnement direct, le système à réflecteur alimenté par le foyer et le système d'imagerie à réflecteur unique. L'exposé décrit la structure, les performances et les méthodes de conformation des faisceaux d'antenne, et il aborde l'impact des conceptions sur le déploiement des antennes.

*Président de séance:* **Elizabeth Young**,  
Consultant, USA  
*Organisateur de séance:* **Martin Agan**,  
Jet Propulsion Laboratory, USA

### **L'évolution du système aéronautique Inmarsat - Considérations relatives au service, au système et aux applications commerciales**

*J. R. Sengupta*,  
Inmarsat, United Kingdom

En novembre 1993, en réponse aux demandes des usagers et de l'industrie, Inmarsat a décidé de lancer un programme d'évaluation technique et commerciale afin d'étudier les possibilités d'évolution du système aéronautique d'Inmarsat. Ces études se sont déroulées sous l'égide d'un groupe conjoint formé de membres d'Inmarsat et de l'industrie pendant une période d'un an qui s'est terminée en février 1995.

La disponibilité imminente des satellites Inmarsat de troisième génération avec fonction de liaison de service par faisceau étroit, ainsi que les progrès récents qu'ont connus les technologies des systèmes de communications du service mobile, en particulier dans le domaine des algorithmes de codage de la voix à faible débit, ont ouvert la voie à l'évolution du système Inmarsat-Aero. Le premier objectif de ce système serait de rendre les systèmes de communications aéronautiques par satellites intéressants pour les avions autres que les longs courriers des compagnies aériennes et les gros réactés d'affaires, déjà dotés d'équipements de radiocommunications par satellite. Il était évident qu'il fallait suivre une approche axée sur le marché pour s'assurer que le système développé satisferait aux besoins des usagers, d'une manière aussi rentable que possible.

Les besoins des usagers ont été établis au moyen d'études de groupe-cible, centrées sur les nouveaux usagers prévus du système : les moyens et courts courriers ainsi que les petits avions d'affaires. Cette étude a démontré que ces nouveaux marchés sont très sensibles aux questions financières, la première catégorie se préoccupant des frais d'utilisation du service et la deuxième des frais afférents aux équipements avioniques et d'antenne. Les services de téléphonie et de télécopie sont, sans contredit, les services les plus demandés, et ce aux fins des communications des passagers, sans relation avec les questions de sécurité. En réponse à ces besoins des usagers, des prix-cibles ont été fixés pour les produits et services connexes.

La définition du système établie pour satisfaire ces besoins des usagers était basée sur les lignes directrices suivantes :

- a) réduire la largeur des voies téléphoniques, au moyen d'algorithmes de codage de la voix à débit réduit et de techniques de codage/modulation à rendement spectral élevé;
- b) réduire le gain de l'antenne du mobile, et tirer parti du gain plus élevé du faisceau étroit du satellite;
- c) avoir recours à différentes qualités de service (par blocs) et divers critères de disponibilité, pour les voies de services de sécurité et d'autres services;
- d) réduire les exigences de puissance d'émission pour le terminal mobile (parce que le fonctionnement avec les satellites de première génération Inmarsat serait empêché);
- e) assouplir diverses exigences relatives à la performance technique des stations terrestres mobiles qui contribuaient de façon importante aux coûts des produits d'avionique.

Un concept de système bidon satisfaisant toutes les lignes directrices ci-dessus a été élaboré. La pleine compatibilité de la définition de ce système avec le système opérationnel actuel constituait une question déterminante.

Des travaux de validation complets, comprenant notamment de la simulation et des essais en laboratoire, ont été entrepris afin de valider la définition du système.

La définition résultante faciliterait le développement de deux différents types de produits d'avionique/antennes, fonctionnant tous deux avec des voies téléphoniques à débit réduit :

- a) des stations terrestres aéronautiques (AES) Aero-H (à antenne à gain élevé), auxquels correspondraient les frais d'utilisation les plus faibles;
- b) de nouvelles AES Aero-I (à antenne à gain moyen), auxquelles correspondraient les coûts d'équipement les plus faibles.

### Le système de liaison de données aéronautiques par satellite (SDLS) pour les zones de haute densité de trafic aérien

A. Delrieu,

Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne,

P. Clinch,

Europe Aerospace Consultancy,

P. Benhaim,

Alcatel-Espace, France,

C. Loisy,

European Space Agency, The Netherlands

L'Agence spatiale européenne (ESA) a récemment subventionné une étude portant sur la faisabilité d'effectuer des communications radiomobiles par satellite à faibles coûts avec des avions civils au-dessus des zones océaniques et continentales, ce dernier volet avec une densité élevée de trafic aérien. Ce projet réutilise la technologie LMSS (Système mobile terrestre par satellite) élaborée dans le cadre du Réseau mobile commercial à satellite (MSBN). Cette étude se situe dans le contexte actuel des communications aéronautiques par satellite par opposition avec les services de communication basés au sol. Les principales caractéristiques de l'étude sont décrites ci-dessous :

- i) Le Service mobile aéronautique par satellite (AMSS) actuel développé dans le cadre d'INMARSAT et proposé pour normalisation auprès de l'OACI peut desservir adéquatement les zones de trafic aérien océaniques et de faible densité, mais ses retards de transmission et sa fiabilité globale ne se comparent pas favorablement avec ceux des systèmes actuels de communication de Terre exploités dans les zones de densité élevée de trafic aérien.
- ii) les investissements dans les équipements avioniques AMSS par les exploitants d'avions pourraient se justifier par les revenus tirés des communications des passagers des compagnies d'aviation (APC), ces équipements pouvant remplir double fonction. Les communications APC et ATS (services de la circulation aérienne) relatives à la sécurité sont coûteuses et seuls les avions longs courriers sont dotés de ces équipements. Ces coûts représentent un obstacle à l'acceptation par un plus grand marché des communications aéronautiques par satellite.

Par ailleurs, l'étude subventionnée par l'ESA vise le développement d'un système spécialisé de communications relatives à la sécurité et de compte rendu automatique de position d'avion, qui ferait appel à de l'équipement avionique peu coûteux et qui présenterait un niveau de performance

comparable à celui des systèmes de Terre.

Alcatel Espace a formé un consortium d'industries et de centres de recherche disposant de compétences complémentaires dans les domaines des communications radiomobiles et de la gestion du trafic aérien (ATM), afin d'entreprendre les travaux d'étude de faisabilité du SDLS, des points de vue techniques et économiques, avec les objectifs suivants :

- a) définition des besoins des usagers du SDLS, les besoins des services de la circulation aérienne ATM représentant les besoins primaires et les communications d'exploitation des lignes aériennes définissant les besoins secondaires,
- b) évaluation critique de l'application du concept LMSS MSBN de l'ESA aux communications aéronautiques,
- c) analyse technique menant à la conception préliminaire du système SDLS en conformité des besoins des utilisateurs aéronautiques,
- d) identification des questions institutionnelles et analyses comparatives coûts/avantages dans le contexte de l'environnement concurrentiel de systèmes CNS de l'OACI,
- e) cahier des charges d'un système de démonstration.

Des solutions techniques faisant appel à des systèmes à satellite GEO ou LEO (ces derniers de type Globalstar) seront étudiées afin d'établir dans quelle mesure elles se prêtent à la mise en oeuvre de ce projet.

L'exposé prévu présentera l'état des travaux au moment de la tenue de CICMS '95.

### Développement d'un terminal de communications mobiles aéronautiques par satellite MSAT

C. Sutherland,

CAL Corporation,

J. Sydor,

Centre de recherches sur les communications,  
Canada

CAL a entrepris le développement d'un nouveau terminal mobile aéronautique pour le marché MSAT nord-américain. Ce terminal doit satisfaire les normes MSAT et il vise particulièrement les 300 000 avions d'aviation générale et d'affaires en Amérique du Nord. Ces terminaux sont relativement peu coûteux et de faible encombrement en comparaison avec les terminaux produits à l'heure actuelle pour les gros porteurs des compagnies aériennes.

Ce terminal intègre une antenne à orientation mécanique montée sur le dessus et un sous-

système unique d'orientation de l'antenne. Les algorithmes d'orientation employés par ce système auront recours à de l'information GPS.

Le terminal assurera la transmission de la voix, des données et des télécopies lorsqu'il sera équipé des modules appropriés. Un service téléphonique protégé STU III pourra aussi être offert. Cet exposé présente une vue d'ensemble de la conception et des performances du terminal.

---

#### **Simulation par ordinateur et évaluation de la performance du service mobile aéronautique par satellite (AMSS)**

*W. Ferzali, V. Zacharakis, T. Upadhyay,*  
Mayflower Communications Company, USA

*D. Weed, G. Burke,*  
Federal Aviation Administration, USA

Le Groupe d'experts en communication du service mobile aéronautique (AMCP) de l'OACI a récemment terminé la rédaction de Normes et pratiques recommandées (SARP) portant sur le Service mobile aéronautique par satellite (AMSS). Ce travail, qui englobait un programme multinational complet de validation des SARP, a culminé avec la présentation des SARP à la Commission de navigation aérienne (ANC) de l'OACI en mai 1994. Dans le cadre de cette activité, la US Federal Aviation Administration a parrainé des travaux de validation des SARP par simulation sur ordinateur. Le présent exposé décrit ces travaux. Plus particulièrement, il décrit : 1) la méthode appliquée pour la création d'un modèle informatique haute fidélité de l'AMSS, 2) les scénarios de génération du trafic d'essai, 3) l'évaluation résultante des performances de l'AMSS.

Le modèle informatique comprenait des implémentations des divers protocoles et fonctions spécifiés pour l'AMSS, ainsi que la possibilité de faire varier la configuration du système : nombre d'utilisateurs mobiles, stations au sol, nombre de voies d'arrivée et de sortie, débits des voies, etc. L'ensemble du modèle a été créé au moyen d'OPNET, outil CAO de pointe en matière de conception et d'analyse de réseaux de communications.

Les scénarios de génération de trafic comprenaient des conditions de charge nominale et de charge élevée, c'est-à-dire des niveaux de trafic basés sur les débits prévus pendant l'exploitation à court terme de l'AMSS et des voies subissant des charges élevées, afin d'évaluer la performance de l'AMSS dans des conditions de sollicitation intensive. L'évaluation des performances est donnée du point de vue de divers paramètres, comme le retard de transfert et de transit pour des

paquets de données ayant diverses dimensions et divers niveaux de priorité, la capacité (débit), le retard d'établissement de communication pour les circuits de données et les voies téléphoniques, etc. Les paramètres de performance ainsi élaborés ont aidé à la rédaction des SARP et à l'évaluation des protocoles de l'AMSS, ainsi qu'à l'élaboration du document RTCA DO-215 intitulé «Guidance on Aeronautical Mobile Satellite Service End-to-End System Performance».

Des travaux d'intégration du modèle informatique de l'AMSS au plus grand modèle du Réseau de télécommunications aéronautiques (ATN) sont en cours. Cela permettra d'évaluer l'effet de l'AMSS, en tant qu'une des liaisons air/sol, sur les spécifications et configurations de l'ATN. Cela viendra aussi en appui à l'évaluation des paramètres de performance de l'ATN. Cet exposé présente des résultats choisis de ces travaux en insistant sur les interactions entre l'AMSS et l'ATN.

---

#### **Dispositions relatives aux communications par satellite pour les plates-formes aéronautiques instrumentées ames de la NASA utilisées dans les programmes d'applications et de recherches sur les sciences de la terre**

*J. Brass, J. A. Roberts, L. Shameson, A. C. Roberts,*  
*S. S. Wegener, J. J. Hanratty,*  
NASA AMES Research Center, USA

Les missions actuelles AMES relatives aux sciences de la Terre et à l'évaluation des sinistres qui font appel à des avions porteurs de plates-formes de recherche dotées de fonctions de communications par satellite tirent leurs origines à la fin des années soixante et au début des années soixante-dix avec l'avion d'observation Galileo, le U2, le satellite Pioneer et les expériences des ATS et CTS.

Les activités actuelles de recherche dans le domaine des sciences de la Terre au centre AMES de la NASA portent sur les sciences de l'atmosphère, sur les écosystèmes, sur le développement d'instruments de télédétection et d'échantillonnage in situ, et sur leur intégration à bord d'avions plates-formes de recherche scientifique. L'utilisation des communications par satellite peut étendre considérablement les possibilités de tels avions. Les plans et projets actuels mettent en jeu les liaisons par satellite à bord de l'UAV Perseus et du ER-2 par l'intermédiaire du TDRSS. On a aussi proposé la réalisation d'une expérience faisant appel à l'ACTS et qui serait réalisée en collaboration avec la section de recherche sur les communications du JPL.

Des dispositifs de commande et de liaison de retour de données à 56 kbit/s, intégrés à la plate-forme de

recherche Perseus et utilisant le service à accès multiple en bande S du TDRSS, ont été développés et sont en cours d'essai. L'équipement à bord du Perseus comprend un ensemble transpondeur/antenne/amplificateur de puissance bande S, un émetteur-récepteur de liaison directe air-sol, un ensemble d'expérience sur les impacteurs à fil, des dispositifs de surveillance interne et externe ainsi qu'un ensemble d'interface assurant les interconnexions appropriées. Des vols d'essais sont prévus à Dryden afin de faire la démonstration du transfert de données de bout en bout.

Un système embarqué de communications pas satellite développé par Unisys Corp. à des fins militaires a été modifié, et on procède à son intégration dans un aéronef ER-2 de l'AMES. Cet équipement STARLink traitera des débits multiples pouvant atteindre jusqu'à 43 Mo/s par voie, pour un débit regroupé de 274 Mo/s, par l'intermédiaire du service à accès unique en bande Ku du TDRSS. Le flux de données provenant de l'ER-2 sera acheminé par liaison descendante à White Sands, puis relayé jusqu'à l'AMES via Domsat. Les données seront ensuite démultiplexées et transférées à une station de travail dotée de 64 Mo de mémoire et interfacée à une mémoire de masse de 18 Go. La première mission en vol de cette liaison à débit élevé est prévue pour août 1995. L'imagerie de sinistres comme les incendies de forêts ou les ouragans fait partie des applications envisagées.

L'AMES et le JPL ont présenté un projet d'expérience ACTS qui utiliserait les communications par satellite en temps réel pour améliorer la recherche sur les incendies de forêt et les possibilités de contrôle et d'évaluation des incendies en reliant les chercheurs et les équipes de contrôle des incendies à des plates-formes d'aéronefs instrumentées à l'emplacement d'un feu déterminé. La coordination des experts du U.S. Forest Service, du FEMA, de l'OES et du California Department of Forestry constitue un aspect important de la campagne de recherche entreprise.

Le choix des modes de communications par satellite qui seront utilisés par les plates-formes de recherche sur les sciences de la Terre embarquées à bord d'aéronefs sera déterminé à partir des résultats de diverses offres commerciales qui sont à l'étape du développement et de la croissance : le Projet 21 d'Inmarsat, l'American Mobile Satellite Consortium, les Services aéronautiques Comsat et les systèmes LEO qui sont en voie de développement.

---

### Liaison de télémesure par satellite et de retour (STARLink)

*A. Roberts,*  
NASA-High Altitude Mission Branch, USA

*C. Hashem,*  
Unisys Communication Systems

La High Altitude Missions Branch de l'Ames Research Center (NASA) étudie des méthodes et des architectures de communications permettant de réduire le temps de traitement et de raccourcir les trajets de diffusion des données à partir des installations expérimentales scientifiques de l'aéronef ER-2 à haute altitude.

La liaison de télémesure par satellite et de retour (STARLink) constitue un nouveau moyen de fournir des données en temps réel obtenues d'expériences en cours, et elle permettra d'utiliser de futurs systèmes expérimentaux extrêmement interactifs à bord de l'ER-2. Le principe consiste à installer un système perfectionné de liaison de données à large bande à bord de l'ER-2 (et du futur aéronef de la NASA) afin de communiquer avec le système à satellite-relais de poursuite et d'acquisition de données (TDRSS) de la NASA et avec sa station au sol désignée. L'accent est mis sur la transmission de données en temps réel et en duplex intégral entre le noeud central de la station au sol (et ses noeuds secondaires à distance) et les installations expérimentales de bord, de façon à permettre le traitement en temps réel et la modification des expériences. Cet exposé définit le principe, les buts, le multiplexage et l'architecture du système de transmission de données, les possibilités actuelles et les plans d'avenir relativement à STARLink, de même que son aptitude à constituer une passerelle interactive répartie entre l'aéronef et divers centres scientifiques dans le monde.

---

### L'expérience du terminal aéronautique ACTS: description du système et analyse de la liaison

*P. Sohn, C. Raquet,*  
NASA Lewis Research Center,

*R. Reinhart,*  
Analex Corporation,

*D. Nakamura,*  
Jet Propulsion Laboratory, USA

Durant l'été 1994, le Lewis Research Centre (LeRC) et le Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA ont fait la démonstration d'un système de communications du service mobile aéronautique par satellite auprès de représentants de l'industrie et du gouvernement. Ce système était basé sur le satellite de télécommunications à technologie de

pointe ACTS et il se composait d'un système d'antenne réseau à commande de phase active MMIC bande K/Ka, du terminal mobile ACTS (AMT) et du terminal d'évaluation de liaison (LET). Un aéronef de recherche du LeRC, un Learjet modèle 25, a été équipé du système d'antenne à commande de phase active MMIC bande K/Ka et de l'AMT pour servir de terminal aéronautique expérimental 20/30 GHz. Le LET au LeRC de Cleveland, en Ohio, interfacé avec des parties de l'équipement AMT fixe, remplissait avec ces dernières des fonctions de station-passerelle, notamment l'interface avec le satellite ACTS et l'interface avec le réseau téléphonique commuté public (RTCP). L'ACTS était exploité dans son mode de matrice de commutation hyperfréquence (MSM), un faisceau ponctuel étant réservé au Learjet et un autre, au LET. Le Learjet a navigué au-dessus de plusieurs grandes villes américaines pour démontrer qu'il était possible d'exploiter un terminal aéronautique pour établir une liaison en phonie duplex comprimée dans une voie de satellite ACTS à 20/30 GHz. Ce document donnera une description technique du système, dont les détails électriques et matériels sur le système d'antenne à commande de phase MMIC, l'AMT, le Learjet, le LET et le satellite ACTS. Le système d'antenne réseau se compose d'un réseau d'émission 30 GHz (LeRC/Texas Instruments) et de deux réseaux de réception 20 GHz (Rome Lab de l'USAF/Boeing et Martin Marietta), tous ces éléments étant de très petites dimensions, mais présentant des performances suffisantes pour une liaison téléphonique par satellite. L'AMT se compose d'un codeur/décodeur vocal 2, 4/4, 8/9, 6 kbits/s, d'un modem, d'une interface RTCP et de convertisseurs RF/FI. L'analyse de la liaison sera présentée et comparée aux données de performances réelles recueillies pendant les vols de démonstration.

---

#### **Le terminal aéronautique large bande ACTS**

*M. Agan, A. Densmore,*  
Jet Propulsion Laboratory, USA

Le présent exposé traite de la conception et des essais relatifs au terminal aéronautique large bande ACTS. Dans le cadre d'études poursuivies dans le domaine des applications commerciales des technologies ACTS, le Jet Propulsion Laboratory de la NASA et ses divers partenaires de l'industrie et du gouvernement développent un terminal radiomobile large bande pour des applications aéronautiques. Le terminal aéronautique large bande ACTS est conçu et développé pour explorer l'utilisation des bandes K et Ka pour les communications aéronautiques à débit élevé par satellite. Les systèmes commerciaux actuels de

communications aéronautiques par satellite peuvent seulement atteindre des débits de données ne dépassant pas quelques dizaines de kilobits par seconde.

Le terminal large bande, utilisé avec l'antenne ACTS à orientation mécanique, peut offrir des débits de données de 384 kilobits par seconde, alors que l'utilisation de l'antenne à faisceau étroit ACTS avec ce terminal permettra des débits de données atteignant le débit T1 (1,544 mégabit par seconde). Ce terminal aéronautique servira à tester diverses applications exigeant une liaison de données à débit élevé. L'utilisation des bandes K ou Ka pour les communications aéronautiques large bande présente les avantages de la disponibilité du spectre et des faibles dimensions d'antenne, alors qu'un des principaux inconvénients de cette bande de fréquences, l'affaiblissement par les précipitations, est éliminé parce que les aéronefs volent au-dessus des nuages pendant la plupart du temps.

---

#### **Applications aéronautiques des antennes orientables pour les bandes K et Ka**

*H. Helmken,*  
Florida Atlantic University/Space Comm Tech Centre,

*H. Prather,*  
EMS Technologies, USA

La croissance prévue des transmissions large bande par satellite des données et de la vidéo augmentera la pression sur les services existants en bande Ku et entraînera le développement de la région Ka. Les terminaux en bande K/Ka basés au sol peuvent subir un évanouissement grave en raison des précipitations et d'autres phénomènes atmosphériques. Comme les aéronefs volent habituellement au-dessus des zones où les phénomènes météorologiques problématiques se produisent, ils constituent une plate-forme intéressante pour le développement de liaisons commerciales de communication en bande K/Ka.

Dans le cadre du programme Broadband Aeronautical Terminal (BAT) parrainé par le JPL, Electromagnetic Sciences (EMS Technologies) a entrepris le développement d'un système d'antenne de communication aéronautique large bande à gain élevé en bande Ka. Ce système d'antenne sera initialement exploité pour la transmission de la voix et de la vidéo comprimée par la technique de modulation du JPL. Le présent exposé traite de l'utilisation de ce système d'antenne pour la transmission des données en large bande et/ou de la vidéo comprimée sans artéfact. Pour illustrer ces propos, on utilisera le système de télévision haute définition (TVHD) comprimée, en cours de développement au Space Communications

Technology Center (SCTC) de la Florida Atlantic University, comme système vidéo de base. Dans ce système, la transmission de la télévision haute définition complète exige un débit de 6 Mbit/s, une plus faible résolution et de plus petites dimensions d'image exigeant un débit proportionnellement plus faible.

Selon la constellation de satellites (p. ex. LEO ou GEO) et les besoins de couverture des aéronefs, certains facteurs doivent être pris en considération dans la conception d'un système d'antenne aéronautique pouvant être utilisé pour satisfaire les exigences de transmission des données et de la TVHD pour les applications commerciales et militaires. Des techniques de modulation multiniveaux permettent d'obtenir de grands débits de données dans une largeur de bande restreinte. Un cas représentatif de système de communications aéronautiques par satellite géostationnaire sera présenté.

---

#### **Liaison de télémesure par satellite pour une application UAV**

*A. Bloise,*  
Hummingbird Aviation, USA

Cet exposé décrit les caractéristiques que doit offrir une installation de télécommunications par satellite pour répondre aux besoins de collecte de données des systèmes d'information géographique (SIG). Les données des SIG sont fournies par imagerie vidéo à des débits plus bas que ceux de la télévision, dans une ou plusieurs bandes de fréquences et à différentes polarisations, avec un flux de données à corrélation de position. Les limites et les vicissitudes de l'utilisation d'une liaison de télécommunications de Terre pour recueillir des données de SIG sont illustrées par des scénarios de mission réels. La première partie de l'exposé traite principalement des attentes manifestées dans le milieu de la collecte des données géophysiques quant à l'architecture des satellites, aux bandes de fonctionnement, à la largeur de bande, à l'agilité de l'empreinte, aux configurations matérielles des liaisons montantes et descendantes de l'UAV, au véhicule de contrôle mobile ainsi qu'à l'installation de commande centrale et de collecte de données. La dernière section de l'exposé porte sur l'incidence qu'auraient les liaisons de télécommunications par satellite sur l'augmentation du volume et sur la portée des services que le milieu de la collecte des données de SIG pourrait mettre à la disposition des utilisateurs de SIG; elle indique aussi le prix que le milieu de la collecte de données serait prêt à payer pour avoir accès au satellite de télécommunications qui est décrit.



*Président de séance:* **Yoshihiro Hase**,  
Communications Research Laboratory, Japan  
*Organisateur de séance:* **René Douville**,  
Communications Research Centre, Canada

---

**Performance du système aéronautique de réception de télévision par satellite de Boeing**

*E. J. Vertatschitsch, G. W. Fitzsimmons,*  
Boeing Defense and Space Group, USA

Le groupe Defense and Space de la Boeing travaille au développement d'un sous-système de divertissement en vol qui offrirait directement la télévision captée en direct à la cabine ou au siège des passagers. Cela constituerait un nouveau service que pourraient offrir les compagnies d'aviation commerciales qui utiliseront les systèmes de diffusion directe par satellite existants et à venir. Les satellites de divertissement à domicile avec le Satellite Television Airplane Receiving System (STARS) (système aéronautique de réception de télévision par satellite) de Boeing constitueront une nouvelle application de communications radiomobiles par satellite. Le présent exposé présente les questions de la conception du système, des bilans énergétiques des liaisons, ainsi que de la performance des antennes telles qu'elles s'appliquent au STARS. Des informations seront aussi données sur l'antenne réseau innovatrice à commande de phase développée pour ce système.

Cette antenne offrira aux avions commerciaux un port à débit élevé avec des effets opérationnels minimes. Elle fonctionne en bande Ku (11,7-12,7 GHz) et offre une largeur de bande instantanée de 500 MHz. Elle donne un accès simultané à un nombre de canaux de télévision pouvant atteindre 75 par liaison avec les satellites de diffusion directe de Hughes sur toutes les routes aériennes de croisière au-dessus des États-Unis continentaux et de parties du Canada. Le STARS de Boeing comporte une antenne innovatrice à commande de phase ne comportant aucune pièce mobile. Elle est montée à l'extérieur de l'avion et sa partie supérieure s'élève à moins de 1,5 po au-dessus du milieu du dos de l'avion.

Cette antenne constitue une évolution de l'ICAPA (réseau actif à commande de phase en circuit intégré) développée pour 20 et 44 GHz qui a servi à faire la démonstration de la transmission de vidéo de haute qualité à une plate-forme d'avion lors de démonstrations de triples services de radiocommunications mobiles par satellite et qui a aussi servi pour le programme MASCOM de la défense. Cette antenne est simple : elle comporte un seul module par élément rayonnant, ce qui la rend peu coûteuse car elle est constituée de pièces fabriquées selon un processus à haut rendement

n'exigeant pas de retouche après fabrication. Son élément rayonnant/guide d'onde protège les semiconducteurs des amplificateurs faible bruit sensibles aux décharges électrostatiques de chaque module des courants induits par l'environnement et la foudre. Il est par ailleurs possible d'atteindre des angles de balayage dépassant 65 degrés. Le recours à des connexions sans soudage permet l'assemblage complet de l'antenne au moyen de pièces de fixation mécaniques, ce qui accélère et facilite le processus de démontage et d'assemblage.

La réduction de l'épaisseur et du coût constituent les principaux progrès par rapport à la technologie de première génération. Comme la fréquence associée à cette application (en bande Ku) est plus faible, le circuit du module est monté sur le même plan que la face du réseau, ce qui permet l'obtention d'un profil très fin. Le recours à de petits circuits intégrés monolithiques hyperfréquence au GaAs pour l'amplificateur faible bruit (LNA) et le déphaseur a pour résultat une superficie inférieure à 4 mm<sup>2</sup> de semiconducteur GaAs par module.

Bien que ce système soit développé pour des avions commerciaux, il se prêterait bien à une grande variété d'applications à des systèmes de communications militaires radiomobiles aéronautiques, terrestres et maritimes. Ces applications comprendraient la transmission de vidéo de haute qualité pour les champs de bataille numériques et de grandes quantités de données sur l'autoroute de l'information, à des débits dépassant 350 Mbit/s.

---

**Antenne hélicoïdale pour la bande Ka**

*M. de Léséleuc, D. Hindson,*  
Centre de recherches sur les communications,  
Canada

Un certain nombre de systèmes à satellite de la bande Ka ont été proposés pour fournir des services de communications personnelles à large bande à des terminaux terrestres employant de petites antennes. Les travaux ont porté sur l'utilisation d'éléments hélicoïdaux d'antenne pour fournir une antenne efficace et de faible coût à ces fréquences. Bien que les hélices ne soient pas planes, aux fréquences de la bande Ka, elles mesurent moins de 2,5 cm de hauteur. Un élément hélicoïdal à large bande (53 %) a été mis au point.

L'exposé décrit la conception et le développement d'un élément hélicoïdal d'antenne à large bande (53 %). Sont discutés les travaux qui ont porté sur les configurations de l'alimentation, les techniques d'adaptation, les structures de plan de sol, les

techniques de large bande et les effets de la charge diélectrique. Les mesures expérimentales effectuées pendant le développement de l'élément hélicoïdal d'antenne sont présentées, de même que les plans visant la mise en réseau de l'élément.

### Système d'antenne-réseau MMIC bande Ka pour l'expérience du terminal aéronautique ACTS (Aero-X)

*C. A. Raquet, R. J. Zakrajsek, R. Q. Lee, M. Andro,*  
NASA Lewis Research Center,

*J. P. Turtle,*  
USAF Rome Laboratory, USA

Au cours de l'été 1994, le Lewis Research Center (LRC) et le Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA ont terminé avec succès l'expérience Aero-X qui visait à faire l'essai du terminal aéronautique du satellite de télécommunications à technologie de pointe ACTS. Des liaisons téléphoniques duplex à 4,8 et 9,6 Kbit/s ont été établies entre le Learjet du LRC et le terminal d'évaluation de liaison ACTS (LET), à Cleveland en Ohio, par l'intermédiaire de l'ACTS. Le système d'antenne utilisé pour la démonstration a été développé par le LRC et il se composait de réseaux à base de circuits intégrés monolithiques hyperfréquence (MMIC) expérimentaux du LeRC et de la US Air Force. Chacun des éléments rayonnants de ces réseaux comporte des dispositifs MMIC au GaAs pour effectuer l'orientation électronique du faisceau et assurer l'amplification de puissance en mode réparti. Le système d'antenne se composait de trois réseaux montés à l'intérieur du Learjet du LRC et pointant vers l'extérieur de l'aéronef par ses hublots. Un contrôleur de poursuite à boucle ouverte mis au point par le LRC et utilisant de l'information provenant du récepteur GPS (système mondial de localisation) ainsi que de l'information sur l'attitude provenant des gyroscopes de l'aéronef pour orienter automatiquement les réseaux vers l'ACTS pendant le vol. Le matériel du système de terminal mobile ACTS (AMT) du JPL a été utilisé comme émetteur-récepteur à bord de l'aéronef et au LET. Le réseau unique MMIC d'émission 30 GHz à 32 éléments développé par le LRC de la NASA et par Texas Instruments présente une p.i.r.e. de 23,4 dBW en axe de visée. Les deux réseaux MMIC de réception à 20 GHz résultent d'un effort conjoint du Rome Laboratory et du Electronic System Center de l'USAF, tirant parti de contrats de développement de réseaux conclus entre l'USAF, Boeing et Martin Marietta. Le réseau Boeing comporte 23 éléments et présente un rapport G/T de -17,2 dB/K en axe de visée. Le réseau Martin Marietta comporte 16 éléments et présente un rapport G/T de -16,1 dB/K en axe de visée. Cet exposé décrit et compare ces

trois réseaux expérimentaux et résume leurs caractéristiques de performance.

### Antennes planes nouvelles susceptibles de servir aux terminaux portatifs en ondes millimétriques

*D. Roscoe, M. Cuhaci, A. Ittipiboon,*  
Centre de recherches sur les communications,

*L. Shafai,*  
University of Manitoba,

*H. Moheb,*  
Infomagnetics Technologies Corporation, Canada

Les antennes efficaces et de faible profil, sont des candidates idéales pour les terminaux portatifs de télécommunications. Pour les antennes de gain élevé, l'approche courante consiste à utiliser un réseau d'antennes plaques microrubans. Bien que ces antennes soient attrayantes par leurs caractéristiques matérielles, le réseau d'alimentation présente beaucoup de pertes aux ondes millimétriques, ce qui diminue le facteur G/T des antennes réceptrices et le rendement des antennes émettrices. L'exposé présente trois configurations originales d'antennes, convenant aux terminaux portatifs, comme le terminal de communications personnelles 20/30 GHz.

Une configuration d'antenne plaque microruban à couches multiples (antenne plaque quadruple EMC), utilisant le couplage électromagnétique, a été mise au point précédemment. L'élément a été conçu de manière à simplifier considérablement le réseau d'alimentation microruban, réduisant ainsi la taille, et donc les pertes, du réseau d'alimentation. Le modèle d'élément et les mesures obtenues à 20 et à 30 GHz seront présentés.

La deuxième antenne est une antenne efficace, pouvant permettre l'intégration des dispositifs. Avec cette configuration, un plan de sol métallique épais permet de fixer des composants RF modulaires. Un dissipateur de chaleur incorporé à l'antenne constitue un avantage supplémentaire. Un élément unique, intégré à un amplificateur à faible bruit, sera présenté.

Comme solution de rechange aux éléments microrubans, on mentionne des antennes diélectriques. Ces antennes sont très efficaces aux ondes millimétriques (environ 98 %) et peuvent être conçues pour de très larges bandes. Matériellement, les éléments sont légers et de faible profil (hauteur d'environ 0,03 à 0,1"). Divers aspects des antennes diélectriques seront examinés.

### Antennes mobiles pour les expériences de télécommunications par satellite COMETS à technologie de pointe dans le service mobile

Y. Hase, H. Saito, M. Tanaka,  
Communications Research Laboratory, Japan

COMETS est un satellite d'essai technique destiné à réaliser une expérience de télécommunications par satellite à technologie de pointe dans le service mobile, une expérience de radiodiffusion par satellite à technologie de pointe et une expérience de télécommunications interorbite dans des bandes de fréquences beaucoup plus élevées que les bandes classiques. Après le lancement du satellite en 1997, les deux premières expériences seront effectuées principalement par le Communications Research Laboratory (CRL).

Les objectifs de l'expérience de télécommunications par satellite COMETS, dans le service mobile, sont de mettre au point la technologie de base des futurs systèmes mobiles par satellite dans les nouvelles attributions des bandes Ka et d'ondes millimétriques, ainsi que d'en évaluer la faisabilité. Les répondeurs de bord présenteront des caractéristiques de pointe, comme des modems à porteur monovoie / multiplexeurs temporels à régénération et des filtres matriciels FI pour la liaison entre faisceaux et la liaison en un seul bond entre les terminaux mobiles.

Les antennes des terminaux mobiles constituent la clé du système et l'élément qui présente des défis technologiques. Les travaux de développement portent sur trois types de systèmes d'antennes mobiles pour COMETS. L'un d'eux est un réseau à mise en phase active, orienté uniquement de façon électrique, dans la bande Ka, le deuxième est un réseau de guides d'onde fendus, à orientation mécanique, tandis que le dernier est une antenne à réflecteur toroïdal à orientation mécanique, dans les bandes d'ondes millimétriques. La rapidité de modulation sera de 24 kbps pour la voix et de 4,8 kbps pour les données; le service d'images quasi animées pourrait être disponible à des rapidités supérieures. Du point de vue du bilan énergétique de la liaison, le gain d'antenne des terminaux mobiles devrait être supérieur à 21 dBi. Ces systèmes d'antennes ont une fonction de poursuite en azimut seulement, étant donné que la largeur de faisceau de chaque antenne est plutôt grande en site, et que l'angle de site est presque constant dans la zone de service.

L'antenne réseau à mise en phase active comprend environ 100 éléments plaques de mode élevé, chacun d'eux ayant un diagramme de rayonnement en «beigne», autrement dit omnidirectionnel en azimut et directionnel en site jusqu'à un angle de 45°. Cela vient du fait que la dégradation du gain dans une direction

de balayage peut être évitée. Comme la mise au point du réseau à mise en phase active n'est pas rentable pour le moment, seul le réseau de réception est fabriqué. Chaque élément de réseau est accompagné d'un amplificateur à faible bruit MMIC attribué en propre et d'un déphaseur.

Les antennes réseaux à guides d'onde fendus sont des antennes peu coûteuses et pratiques, avec configuration séparée des antennes d'émission et de réception, du fait de leur faible largeur de bande. Chaque antenne est montée sur un disque avec quelques composants RF et le circuit électronique de poursuite. Le disque est entraîné par un moteur pas à pas pour la poursuite en azimut. La direction du faisceau est inclinée de 45° par rapport à la normale à la face de l'antenne, de sorte que la forme du système soit très mince.

L'antenne à réflecteur toroïdal est une antenne à double réflecteur, dont le réflecteur principal est un tore parabolique et le réflecteur secondaire a une forme ellipsoïdale. Un cornet primaire est fixé vers le haut sur l'axe du tore. Cette configuration permet de fixer le réflecteur principal et le cornet primaire à un corps mobile, sans joint tournant. La poursuite est réalisée en faisant tourner seulement le réflecteur secondaire.

CRL travaille à la mise au point des trois systèmes d'antenne mentionnés ci-dessus. À l'aide de ces antennes, les premières expériences du monde en matière de télécommunications de mobile à mobile, en un seul bond, avec répéteur de bord SCPC/TDM à régénération, seront effectuées dans les bandes Ka et d'ondes millimétriques.

### Considérations opérationnelles et relatives aux performances pour la conception d'antennes de véhicules pour les communications du service mobile par satellite

R. Milne,  
Centre de recherches sur les communications,  
Canada

Cet exposé étudie les besoins relatifs aux antennes de véhicules pour les systèmes mobiles de communications par satellites en général, et en particulier pour le système MSAT. Le document débute par un résumé de l'état actuel des concepts d'antennes servant ces applications. Les paramètres relatifs aux antennes sont ensuite traités à la lumière des besoins et limites en matière de performance imposés par les contraintes matérielles géométriques des antennes et des véhicules. Des mesures de diffraction, d'affaiblissement du signal et de température de bruit d'antenne dans un milieu opérationnel sont examinées avec leurs effets sur la marge de sensibilité au bruit du système. Les

dispositifs mécaniques et électroniques sont ensuite comparés en tenant compte de la performance, du coût, de la fiabilité et de la complexité de conception. Les systèmes de poursuite à boucle ouverte et à boucle fermée sont comparés et les effets de la largeur de bande, du rapport signal/bruit, des niveaux des lobes latéraux, des contraintes opérationnelles, de la vitesse angulaire et de l'accélération des véhicules sont analysés. L'utilisation de systèmes hybrides faisant appel à la poursuite en boucle ouverte et en boucle fermée est aussi examinée. Des recommandations de changement des spécifications relatives aux antennes et aux terminaux sont aussi faites en vue d'assouplir le processus de conception et les exigences opérationnelles.

---

### **Antennes à profil bas pour applications MSAT**

*L. Shafai, H. Moheb,*  
University of Manitoba,

*W. Chamma, M. Barakat,*  
InfoMagnetics Technologies Corporation, Canada

En préparation à l'exploitation de MSAT, un certain nombre de types d'antennes ont été conçus et étudiés. Ils comprennent des antennes omnidirectives à gain faible et des antennes directives à gain allant de moyen à élevé. Cette dernière catégorie comporte des antennes portables et de véhicules. Les unités portables doivent être à profil bas et peu coûteuses, mais ce sont les antennes de véhicules qui posent les plus grands défis pour les applications du service mobile par satellite. Les résultats de nos travaux de conception de telles antennes sont résumés plus bas et seront présentés plus en détail à la conférence.

Dans tous les cas, les efforts de conception ont porté sur des profils bas et ce sont donc des éléments rayonnants à microrubans qui ont été choisis. L'élément rayonnant simple présente des diagrammes de rayonnement omnidirectif et un gain faible, et il est optimisé pour des applications à faible coût. Diverses versions de conception sont élaborées pour satisfaire les besoins des usagers, avec divers angles de site, diverses hauteurs d'antenne, et pour les applications portables ou à bord de véhicules. Ces modèles offrent de faibles gains d'environ 2-6 dBic et ils sont particulièrement utiles pour la transmission de données.

Les antennes à gain moyen ou élevé sont développées sous forme de réseaux d'éléments omnidirectifs. Dans ce cas aussi, divers modèles ont été optimisés pour satisfaire les besoins de diverses applications. Pour les unités portables, la configuration du réseau peut être souple et être optimisée pour obtenir des gains transversaux

maximaux. Pour les unités de véhicules, il est toutefois préférable d'utiliser des configurations à profil bas ou compactes, et de disposer d'un dispositif de balayage du faisceau d'antenne. Par mesure de simplicité, des antennes à faisceau fixe à balayage mécanique ont été sélectionnées. Pour ces antennes, diverses conceptions à profil bas ou de faible encombrement ont été sélectionnées et optimisées pour répondre aux exigences relatives au gain et au rapport G/T des applications MSAT.

Cet exposé passe en revue la préparation de différents concepts et présente les résultats obtenus des configurations optimisées.

---

### **Des antennes compactes à profil bas pour les communications du service mobile par satellite MSAT et Mini-M**

*P. Strickland,*  
CAL Corporation, Canada

La CAL Corporation a développé une nouvelle classe d'éléments rayonnants à profil bas à l'intention des antennes réseaux plans à commande de phase. Ce nouvel élément présente une ouverture angulaire beaucoup plus grande que les antennes plaques à microruban, ce qui permet d'obtenir des gains élevés à des angles de site plus faibles. L'aire du réseau occupée par l'élément est aussi beaucoup plus petite, ce qui permet d'augmenter la densité des éléments et facilite l'utilisation de réseaux séparables lorsque ce n'est pas possible au moyen de plaques à microruban. Le nouvel élément occuperait une aire de 1/16 de longueur d'onde carrée alors que les plaques à microruban occupent 1/4 de longueur d'onde carrée.

Le nouvel élément rayonnant a servi à la conception d'une antenne compacte à profil bas pour les applications MSAT et Mini-M. Un réseau plan de 9 éléments produit un faisceau large dans le plan de site et un faisceau étroit dans le plan azimutal. Ce réseau est balayé mécaniquement en azimut au moyen d'un moteur pas à pas à profil bas et d'un joint tournant de grande fiabilité. Les dimensions externes du radôme qui contient l'antenne et son mécanisme d'entraînement sont d'environ 32 cm de diamètre et de 5 cm de hauteur.

---

### **Antenne disque à orientation mécanique pour le service mobile par satellite**

*C. D. McCarrick,*  
Seavey Engineering Assoc, USA

Cet exposé décrit une antenne disque à profil bas destinée à être montée à bord d'un véhicule et qui répond aux exigences du service mobile par satellite

en bande L (1525-1660,5 Mhz). Cette antenne utilise un réseau imprimé rotatif orienté mécaniquement en azimut par un dispositif externe de poursuite. Un faisceau à ouverture en site résultant du dessin de l'antenne offre une couverture continue avec une valeur minimale de 9 dBic pour des angles de site de 25° à 60° au-dessus de l'horizon. Un bref résumé de la théorie, de la conception et de la performance de cette antenne est donné.

L'antenne disque est conçue à partir d'éléments de type circuit imprimé permettant de la loger dans un radôme ayant environ 1 pouce de hauteur. Un réseau d'éléments parasites forme le faisceau en site et produit un faisceau directif en azimut. La minceur du faisceau en azimut présente l'avantage d'une augmentation du gain d'antenne. Il en résulte que le faisceau doit être orienté dans le plan azimutal pour suivre un satellite.

Les éléments RF de l'ensemble d'antenne comportent notamment :

- un coupleur tournant sans contacts
- un réseau d'alimentation à microruban et
- un réseau d'éléments à entraînement mécanique
- un réseau parasite de mise en forme de faisceau

Un coupleur tournant assure les transmissions RF entre l'antenne et l'équipement terminal et permet la rotation continue sur 360 degrés du circuit d'antenne par rapport à une plate-forme fixe, comme un véhicule. Ce coupleur fonctionne selon le principe d'un condensateur plan, dans lequel l'énergie RF est couplée par procédé électromagnétique entre les électrodes

---

#### **Antennes de terminaux tenus à la main pour communications personnelles par satellite**

*J. E. Caballero, J. Badenes, M<sup>a</sup> J. Fernández,  
F. Municio, C. Martín-Pascual,  
DETYCOM, Spain*

Des systèmes mondiaux de communications personnelles sont en cours de développement, afin de satisfaire à la demande sans cesse croissante de petits téléphones portatifs, permettant de communiquer avec n'importe qui, n'importe quand et n'importe où sur la Terre. Les satellites géostationnaires (GEO) sont utilisés depuis 1976 pour fournir des services mondiaux de télécommunications par satellite, mais d'autres constellations de satellites ont été récemment proposées, comme celles qui font appel à l'orbite terrestre moyenne (MEO), à l'orbite terrestre basse (LEO) et aux orbites fortement excentriques (HEO).

Deux types d'antennes à main peuvent être recensés, selon l'angle de site minimal nécessaire pour couvrir les régions les plus développées :

- Couverture quasi hémisphérique, pour les systèmes à satellite dont l'angle de site minimal est d'environ 10° (GEO et LEO).
- Couverture zénithale, pour les systèmes à satellite dont l'angle de site minimal est compris entre 40° et 50° (MEO et HEO).

Dans le cadre des activités de l'ESA, DETYCOM a développé deux antennes expérimentales applicables aux systèmes à satellite GEO et MEO. Ces antennes pourraient être utilisées dans les systèmes LEO et HEO respectivement, à condition de les dimensionner en fonction des fréquences appropriées.

La première est une antenne hélicoïdale quadrifilaire demi-onde ( $\lambda/2$ ), alimentée par le bas, au moyen d'un symétriseur réduit qui comprend un transformateur quart d'onde ( $\lambda/4$ ) comme premier étage d'un circuit d'adaptation (adaptateurs parallèles) photogravé sur un substrat à constante diélectrique élevée. Un circuit hybride de 90° est également photogravé sur le même substrat afin de fournir la polarisation circulaire. La couverture omniazimuthale est obtenue en polarisation circulaire pour les sites compris entre 10° et 90° avec un rapport axial meilleur que 4 dB, un ROS meilleur que 2:1 et un gain de  $0 \pm 1$  dBi à l'intérieur des bandes de fréquences GEO d'émission et de réception (1 626,5 - 1 6660,5 MHz / 1 525,5 - 1 559 MHz).

La deuxième antenne est un empilage autoduplexé de plaques circulaires / anneaux court-circuités. La polarisation circulaire est réalisée avec une seule entrée, au moyen de perturbations dans la face rayonnante des plaques. La couverture omniazimuthale est obtenue pour des angles de site compris entre 30° et 90°, avec un rapport axial meilleur que 5 dB, un ROS meilleur que 2:1 et un gain de  $0 \pm 1$  dBi à l'intérieur des bandes de fréquences MEO d'émission et de réception (1 616,5 - 1 626 MHz / 2 483,5 - 2 500 MHz).

L'isolement obtenu entre bandes est supérieur à 30 dB aux ports d'antenne. Une étude d'intégration des antennes dans le terminal tenu à la main a aussi été faite en se fondant sur des documents récents portant sur les interactions entre la tête et l'antenne (aspects reliés à la sécurité). À la suite de cette étude, on propose des modèles ergonomiques tenus à la main, en montrant les aspects du déploiement.



*Président de séance:* Mukhtar Rahemtulla,  
Telesat Canada, Canada  
*Organisateur de séance:* Thomas Jedrey,  
Jet Propulsion Laboratory, USA

### **Performance améliorée du système téléphonique mobile à satellite Series 1000 de la Westinghouse**

*R. Martinson,*  
Westinghouse Electric Corporation, USA

Le système téléphonique mobile à satellite Series 1000 de la Westinghouse est destiné aux applications mobiles terrestres et maritimes et fixes terrestres. L'architecture permet d'utiliser, sans modification de matériel, les mêmes composantes électroniques d'émetteurs-récepteurs aux fins des différentes applications. Des algorithmes logiciels intégrés de pointe permettent la production d'éléments électroniques économiques et peu volumineux. La communication traite de la configuration du téléphone destiné à ces trois marchés distincts ainsi que des différentes configurations au sein de chaque segment de marché. Elle décrit également des perfectionnements importants qui permettent d'assurer des communications claires dans l'environnement exigeant de propagation par trajets multiples des signaux RF du service mobile terrestre.

### **Conception et performance des terminaux mobiles destinés au réseau MSAT nord-américain**

*T. Fuji, M. Tsuchiya, Y. Isota, K. Aoki,*  
Mitsubishi Electric Corporation, Japan

Le présent exposé donne un aperçu de la série de terminaux mobiles conçus par la Mitsubishi aux fins des services mobiles par satellite (MSAT) de l'American Mobile Satellite Corporation et de la TMI Communications. Les terminaux mobiles de la Mitsubishi peuvent servir à diverses applications : service mobile terrestre, stations transportables, emplacements fixes et service maritime. Deux types d'antennes sont offerts, soit des antennes à gain moyen et des antennes à gain élevé.

Les terminaux mobiles, qui se composent d'une antenne et d'un émetteur-récepteur, sont adaptés aux services de transmission de la voix et de données à commutation de circuits (1,2 kbit/s, 2,4 kbit/s et 4,8 kbit/s). En outre, le service mobile cellulaire, y compris le transfert d'appels en direct du service cellulaire au service MSAT et les services de radiocommunications réseau et de télécopie du

groupe 3, peut être assuré en régime optionnel. Un téléphone portatif à main Mitsubishi peut être utilisé comme téléphone cellulaire ou servir au service téléphonique MSAT quand il est raccordé à l'émetteur-récepteur.

Le terminal mobile, qui fonctionne dans la bande L (1,5 GHz/1,6 GHz), satisfait aux exigences d'une p.i.r.e minimale de 12,5 dBW et d'un facteur G/T minimal de -16 dB/K (système à gain moyen) ou de -12 dB/K (système à gain élevé). L'émetteur-récepteur, commun à tous les types de terminaux mobiles, comporte un changeur de fréquence, un processeur de bande de base, un processeur logique, un processeur de signalisation et un bloc d'alimentation. Le changement de fréquence peut être synthétisé en des échelons de 500 Hz. Les terminaux mobiles peuvent émettre dans la bande 1626,5 - 1660,5 MHz et recevoir dans la bande 1525 - 1559 MHz. Le bruit de la phase d'émission est inférieur à -77 dBc à un décalage de 1 kHz de la porteuse. Le processeur de bande de base, qui assure principalement la fonction de modulation/démodulation QPSK avec un espacement de 6 kHz entre les voies, est conçu pour donner un taux d'erreurs sur les bits inférieur à  $1,3 \times 10^{-2}$  en mode téléphonique avec un rapport porteuse/bruit de 47,3 dBHz en présence d'un évanouissement de Rice (facteur  $k = 10$  dB et largeur de bande d'évanouissement de 200 Hz). Le démodulateur utilise une détection différentielle fondée sur la technique de l'estimation séquentielle de vraisemblance maximale (MLSE).

### **Éléments de conception clés des terminaux d'utilisateur communiquant avec des satellites HEO**

*I. Stojkovic, J. E. Alonso,*  
European Space Agency, The Netherlands

La couverture des hautes latitudes au moyen de satellites géostationnaires est impossible avec de bons angles de site et les orbites elliptiques fortement inclinées (HEO) offrent une solution possible à ce problème. Les angles de site élevés et le déplacement relatif des satellites, y compris le transfert entre satellites, constituent une série précise de conditions de conception des terminaux d'utilisateur de radiocommunications ou de réception de radiodiffusion. La communication examine les éléments clés de la conception des terminaux d'utilisateur communiquant avec des satellites sur orbite fortement inclinée. Les grandes lignes de tous les aspects de la conception des terminaux sont abordées, mais l'accent est mis sur l'antenne et sur l'étage d'entrée RF. Les types de terminaux traités incluent les terminaux de

communications (à main, bloc-notes et de véhicule) et les terminaux de réception de radiodiffusion audionumérique de véhicule.

Différentes solutions sont décrites, fondées sur des compromis entre les principaux paramètres, dont le facteur G/T et la EIRP. Différentes configurations d'antennes et d'étages d'entrée sont examinées, notamment les antennes en hélice et les antennes plaques, dans le but de cerner des solutions à la fois efficaces et économiques.

Les questions liées à l'obtention de la EIRP optimale pour les terminaux de communications, qui tiennent compte des limites de sécurité en ce qui a trait aux rayonnements, sont présentées. Les différences de conception des étages d'entrée RF des récepteurs et des émetteurs-récepteurs des terminaux de systèmes HEO sont décrites et des solutions sont proposées.

La communication résume les résultats concernant la conception de terminaux d'utilisateur des études internes et externes réalisées à l'initiative de l'ESA dans le but de configurer un système à satellites HEO de radiocommunications et de radiodiffusion.

---

### **Un nouvel ensemble rf pour les applications aéronautiques commerciales et dscs par satellite**

*R. Hamilton Jr,*  
SSE Technologies, USA

Les degrés plus élevés d'intégration obtenus grâce au recours aux dispositifs MMIC au GaAs et au silicium, les boîtiers coulés sous pression et la réduction du nombre de sous-ensembles a permis de réduire considérablement l'encombrement et le poids des ensembles électroniques commerciaux et militaires de communications par satellite. Cet exposé présente une architecture et du matériel électroniques qui font appel à de nombreux nouveaux circuits intégrés et nouvelles techniques de conception et qui offrent suffisamment de souplesse pour s'adapter aux changements futurs de fréquences des satellites et à l'expansion de l'utilisation de ces derniers.

Les caractéristiques principales du poste radio sont les suivantes :

- Options étendues de couverture bande C, InSat, DSCS et bande Ku;
- Entrée FI de répéteur à largeur de bande de 70 (ou 140) MHz ou entrée FI par bloc bande L (950-1525 MHz)
- Fréquences de liaisons ascendantes et descendantes indépendantes ou à décalage fixe
- Système intégré de commande RS-232 par terminal local à main ou ordinateur éloigné;

télécommande de l'oscillateur de référence à cristal pour compensation du vieillissement et en température

- SSPA intégrés de 2 ou 5 watts; amplificateurs de puissance facultatifs à semiconducteurs pouvant atteindre jusqu'à 100 watts
- Suivi intégral de radiophares avec deuxième con vertisseur-abaisseur intégré pour le positionnement de l'antenne
- L'ensemble, y compris le bloc préampli/convertiseur de fréquence à faible bruit (LNB) et le SSPA, a un poids de 8,5 kg et des dimensions approximatives de 32 X 23 X 16,5 cm
- Résistance au milieu : -40 à +60°C, étanchéité obtenue par utilisation de joints toriques, refroidissement passif (par convection)
- Installation et câblage simples : un seul câble entre la radio et le LNB, deux câbles entre la radio et l'interface FI.

L'encombrement réduit et le faible poids de cette radio en font un candidat de choix pour le montage sur une plate-forme d'antenne stabilisée (par système gyroscopique ou d'asservissement). Plusieurs options d'alimentation (110 ou 240 V c.a.; +48, +12, -24 V c.c.) permettent le fonctionnement sur diverses plates-formes. Les données présentées démontreront l'entière conformité du système avec les normes IESS et Mil-STD-146 (version provisoire d'octobre).

---

### **Modulation directe dans la bande L au moyen d'un modulateur en quadrature à rétroaction**

*R. Datta, S. N. Crozier,*  
Centre de recherches sur les communications,  
Canada

Cet exposé décrit comment un signal modulé de grande qualité peut être obtenu directement à partir de la fréquence d'émission, au moyen d'un modulateur en quadrature standard et d'autres éléments constitutifs peu coûteux disponibles sur le marché. La méthode fait appel à une technique de rétroaction permettant de corriger automatiquement les fuites de la porteuse, le gain différentiel et les erreurs de déphasage dans le modulateur en quadrature, ainsi qu'à d'autres éléments constitutifs, de manière à assurer le guidage de la partie bande de base numérique du modulateur. Les résultats expérimentaux sont présentés pour la modulation directe à 1,65 GHz.

La modulation directe à la fréquence d'émission a toujours suscité un vif intérêt, en raison des possibilités qu'elle offre de diminuer le nombre de



composants, d'accroître la fiabilité et de réduire la consommation d'énergie et les coûts. Lorsque les spécifications du modulateur exigent que tous les parasites, y compris les fuites d'oscillateur local (LO) et les spectres d'image, soient inférieurs à 50 dBc, on a habituellement recours à la technique classique du convertisseur élévateur à étages multiples. Chaque étage doit comprendre un oscillateur local, un filtre passe-bande stable et un mélangeur, ainsi que les composants connexes. Le nombre d'étages élévateurs dépend habituellement de la fréquence d'émission. Par exemple, aux fréquences UHF/VHF, deux étages élévateurs sont typiquement nécessaires. Dans la bande L, il faut souvent trois étages élévateurs pour que des filtres peu coûteux puissent s'utiliser après chaque étage de conversion.



*Président de séance:* **Hans-Christian Haugli**,  
VISTAR Communications, Canada  
*Organisateur de séance:* **Brian Abbe**,  
Jet Propulsion Laboratory, USA

---

**Nouvelles applications du service EUTELTRACS**

*J. N. Colcy, L. Vanderbrouck*,  
EUTELSAT, France

Le service mobile bidirectionnel par satellite EUTELTRACS de messagerie et de compte rendu automatique de position par satellite (ASPR) est le premier service mobile par satellite commercial en Europe. Le service est offert commercialement par l'Organisation européenne de télécommunications par satellite (EUTELSAT) depuis janvier 1991. Le système est fondé sur une architecture réseau centralisée qui tourne autour d'une station centrale unique exploitée par EUTELSAT. Au début, le système était conçu autour d'une architecture à groupes fermés d'utilisateurs et une station mobile pouvait communiquer exclusivement avec sa station de base.

La communication décrit les nouvelles applications (conception et essais de précommercialisation) mises au point pour le marché européen.

Le service de diffusion de données GPS différentielles aux stations mobiles fait appel à un terminal EUTELTRACS de réception raccordé à un récepteur GPS pour permettre une localisation GPS précise à quelques mètres près.

Le service de télécommunications entre stations mobiles ou entre une station mobile et un centre de répartition au moyen d'une liaison satellitaire à double bond permet à une station d'émettre ou de recevoir des messages ou des comptes rendus de position d'une autre station mobile ou d'un centre de répartition situé à un endroit difficilement accessible par télécommunications de Terre. Une station de routage, située le plus près possible de la station centrale, analyse les messages reçus avant de les acheminer vers leurs destinataires selon une matrice de routage contrôlée par un tiers (raccordée soit par une liaison de Terre, soit par une liaison EUTELTRACS).

La Commission européenne coordonne actuellement l'examen de deux grandes applications, soit un projet d'application des lois et règlements sur les pêches dans les eaux européennes et un projet de contrôle du transport des matières dangereuses en Europe. Ces projets ont pour but de permettre à une entité indépendante (organisme de réglementation, centre de secours, etc.) d'obtenir des données de localisation et de communiquer avec des stations mobiles.

En outre, la communication donne un aperçu de la mise en œuvre du service commercial et de la réglementation des activités EUTELTRACS en Europe.

---

**ORBCOMM - Exploitation initiale**

*D. Schoen, P. Locke*,  
Orbital Communications Corporation, USA

Le système ORBCOMM est conçu pour offrir des services de transmission de données par commutation de paquets en zone étendue à des abonnés fixes et mobiles qui ne peuvent avoir recours à d'autres formes de communications. Ce système mobile à satellite fonctionne dans les parties VHF du spectre, partageant sa bande de fréquences de liaison montante avec des systèmes mobiles de Terre militaires et civils. Les deux premiers satellites de la constellation ORBCOMM seront lancés au cours du premier trimestre de 1995. Ce seront les deux premiers de la constellation ORBCOMM, qui comptera 36 satellites. L'exposé traite de l'exploitation initiale du système, y compris des résultats des essais de télécommunications par satellite sur orbite. Ces résultats comprendront des comparaisons de l'expérience d'exploitation réelle ainsi que des simulations pré-lancement du système d'assignation dynamique des activités des canaux, qui commande les assignations de fréquences sur les liaisons montantes des abonnés. Les résultats préliminaires des essais bêta du système devraient aussi être disponibles pour fins de discussion.

---

**Les services SMR desservent le continent : portée du système MSAT de radio-communications à partage de canaux**

*J. W. Jones*,  
TMI Communications, Canada

Plus tard cette année, le réseau à satellite MSAT assurera des services mobiles et éloignés de radiocommunications partout en Amérique du Nord. Il offrira notamment un service radio à partage de canaux qui étendra à l'ensemble du continent les fonctions des services SMR (services radiomobiles spécialisés) de Terre. La communication décrit le service radio à partage de canaux MSAT et ses applications commerciales et gouvernementales, de la gestion de parcs automobiles à la sécurité publique.

**MobileSat®, un SMS typiquement australien***M. Wagg, M. Jansen,*

Optus Communications, Australia

Après une longue période de gestation, Optus a lancé, en août 1994, son service mobile par satellite, MobileSat, soit un service téléphonique assuré sur tout le territoire australien et les eaux avoisinantes. Il s'agit du premier véritable service téléphonique mobile national par satellite du monde.

La communication décrit l'expérience de la société Optus dans le domaine du service mobile, y compris une rétrospective des questions dont l'importance a crû et décliné pendant l'élaboration et la mise en oeuvre du service et la stratégie d'avenir, fondée sur l'expérience acquise pendant le développement du service.

La communication présente notamment un résumé et des observations concernant les questions ci-dessous.

La technologie : le codage de la parole n'est plus un problème, c'est simple maintenant.

Les antennes : il s'agit toujours du principal problème. Est-ce que la technologie régresse?

Les terminaux/téléphones mobiles : l'importance du marché, et non la technologie, détermine le coût.

Le réseau : l'intégration du réseau au RTCP et aux systèmes de facturation et de service à la clientèle n'est pas aussi simple qu'on peut le croire.

Le marché : le marché est-il dominé par le transport routier à grande distance ou est-il aussi diversifié que le marché du service cellulaire et du service radio mobile? S'agit-il du prolongement des services mobiles cellulaires ou demande-t-il une stratégie tout à fait différente?

Les services : les clients veulent-ils simplement le bon vieux service téléphonique mobile ou faut-il offrir une gamme complète de fonctions, y compris des réseaux spéciaux, des services de messagerie et des services de données personnalisés?

L'avenir : qu'advient-il des systèmes de première génération après la mise en service des systèmes LEO mondiaux? Les intervenants actuels pourront-ils tirer profit de leur expérience et de leur savoir-faire?

**Optimisation des constellations Ellipso™ - un processus évolutif***D. Castiel, J. E. Draim,*

Mobile Communications Holdings, USA

Le système mobile à satellites sur orbite basse (LEO) Ellipso™ est le seul des cinq candidats à utiliser des constellations à orbite elliptique. La communication explique le choix d'orbites elliptiques, qui offrent notamment les avantages suivants :

- (a) économie d'énergie pour propulser le satellite sur une orbite périodique elliptique donnée;
- (b) plus grandes empreintes satellitaires à l'apogée ou près de l'apogée (altitude d'exploitation);
- (c) possibilité d'adapter la couverture selon l'heure de la journée;
- (d) possibilité d'adapter la couverture en fonction des zones géographiques.

La MCHI a présenté la première demande de licence SMS auprès de la FCC. La demande initiale, présentée en 1990, prévoyait une constellation de 24 satellites sur orbite elliptique avec une période de deux heures et une inclinaison de 63,4° (pour prévenir la rotation du périhélie). Les altitudes prévues de l'apogée et du périhélie étaient respectivement de 2903 km et de 426 km.

Pendant la période de précision des spécifications du système et de l'examen des compromis, il est devenu évident qu'une meilleure configuration de la constellation, utilisant moins de satellites et permettant de réduire les coûts, était possible. Une solution inédite a été adoptée pour les régions au-dessus des latitudes 25°-30° N (où, selon les analyses de marché, réside la majorité de la population de la Terre). L'utilisation d'orbites héliosynchrones rétrogrades avec période de trois heures permet, avec seulement deux plans, d'assurer une couverture adéquate des régions septentrionales. En outre, étant donné qu'il s'agit de satellites héliosynchrones, l'angle  $\beta$  peut être maintenu à près de zéro pour les noeuds ascendants de midi et de minuit. Cela simplifie considérablement la conception du réseau de piles solaires, qui ne demande qu'une simple rotation du réseau par rapport au satellite et ne requiert pas une articulation biaxiale complexe.

D'autres études de marché font état d'une forte concentration d'utilisateurs potentiels dans les zones tropicales (situées à moins de 25° de l'équateur). L'utilisation d'un anneau unique de satellites en orbite sur le plan équatorial est une solution efficace pour la couverture de cette région. Ainsi, chaque satellite visite un utilisateur tropical à chaque révolution, alors qu'à des altitudes plus élevées, un utilisateur peut attendre douze heures

avant un nouveau passage de satellite. L'anneau équatorial a été nommé «Concordia» en reconnaissance de son rôle dans la couverture conjointe des hémisphères nord et sud. Pour éviter de devoir reconcevoir les satellites, la version de base de «Concordia» prévoit des orbites circulaires dont les altitudes correspondent aux apogées des anneaux boreaux. Cela permet d'assurer une couverture égale jour et nuit. L'utilisation d'orbites elliptiques progrades est une variante intéressante qui permet de modifier les orbites pour que leurs apogées pointent toujours vers le soleil tout au long de l'année. Cela permet d'accroître la couverture, et donc la capacité, diurnes, peu importe la longitude de l'utilisateur. La couverture et la capacité nocturnes (quand la plupart des gens dorment ou ne travaillent pas) est réduite proportionnellement. On a donné à ces orbites le nom APTS (*Apogee Pointing Towards the Sun* - apogée orienté vers le soleil).

D'autres améliorations ont été apportées au système en cours de route. Le périgée a été porté à environ 520 km, ce qui réduit considérablement les effets de la traînée atmosphérique.

---

#### **Systemes mobiles à satellites non géostationnaires :Évaluation des risques**

*N. D. Hulkower, L. M. Gaffney, L. Klein,*  
The MITRE Corporation, USA

Depuis 1991, la MITRE Corporation a mené diverses évaluations indépendantes de propositions portant sur des systèmes du service mobile par satellite (MSS) basés sur des orbites terrestres basses (LEO) ou sur des orbites terrestres moyennes (MEO), aussi connues comme orbites circulaires moyennes (ICO). Cet exposé présente une taxonomie du risque, outil de haut niveau qui a été établi pour résumer les risques d'ordre technique et de programmation relevés par la MITRE. De manière générale, l'identification et le traitement de ces risques a des conséquences sur les caractéristiques, les coûts et les échéanciers associés à un système. Ce document retrace les changements apportés à trois paramètres clés des cinq premiers systèmes MSS non géostationnaires qui ont fait l'objet de demandes de licences auprès de la Federal Communications Commission (FCC) des États-Unis entre novembre 1990 et juin 1991. Finalement, des domaines de risque précis sont identifiés en faisant appel à la taxonomie du risque ci-haut mentionnée comme cadre de discussion.



*Président de séance: Don Messer,*  
Voice of America, USA  
*Organisateur de séance: Gérald Chouinard,* Centre  
de recherches sur les communications, Canada

---

**Aperçu des techniques d'atténuation de l'évanouissement et de l'occultation du service mobile de radio par satellite de radiodiffusion directe**

*D. Bell, J. Gevargiz, A. Vaisnys, D. Julian,*  
Jet Propulsion Laboratory, USA

Les concepteurs de systèmes R-SRD (radio par satellite de radiodiffusion directe) peuvent utiliser diverses techniques pour atténuer les effets d'évanouissement et d'occultation des signaux propres aux voies du service mobile, y compris l'augmentation de la puissance du signal, l'entrelacement, le codage, les émissions multiples, des schémas de modulation spéciaux, la diversité de réception, l'égalisation adaptative et le CDMA. La communication examine brièvement l'applicabilité de ces techniques aux liaisons R-SRD et leur efficacité à réduire l'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples ainsi que l'occultation des signaux.

---

**Évolution de la RAN par satellite pour relever le défi multimédia**

*K. Galligan, R. Viola,*  
European Space Agency, The Netherlands,  
*C. Paynter,*  
Spar Aerospace, Canada

Cet exposé porte sur les divers éléments des satellites et des services qu'il importe de considérer pour relever le défi multimédia de la RAN dans un environnement de satellites.

Il est utile d'examiner quelques configurations possibles d'un système à satellites pouvant acheminer et distribuer des signaux de radiodiffusion audionumérique (RAN). Cet examen permettrait particulièrement de déterminer si ces configurations conviennent à la fourniture de services en Europe et en Amérique du Nord.

Le principe de la radiodiffusion audionumérique (RAN) par satellite a évolué au cours des quelques dernières années. Une part de cette évolution a résulté de l'accord de la communauté internationale, exception faite des États-Unis d'Amérique, relativement à la libération d'une bande de fréquences dans la bande L à l'usage exclusif des services RAN/multimédia qui sont actuellement proposés dans le monde entier. En fait, le Canada a pris les devants à cet égard du fait que la Société

Radio-Canada (SRC) a déjà installé un réseau expérimental d'émetteurs RAN de Terre fonctionnant dans cette bande de fréquences et qu'elle projette d'entreprendre la radiodiffusion commerciale au cours de la dernière partie de l'année en cours (1995).

---

**Radiodiffusion audionumérique mixte par satellite / de Terre : étude d'application**

*R. V. Paiement, R. Voyer,*  
Centre de recherches sur les communications,  
*D. Prendergast,*  
Prendergast Communications, Canada

La radiodiffusion audionumérique (RAN) est un nouveau service qui offre la qualité sonore des disques compacts aux auditeurs mobiles. Au Canada, où la RAN de Terre doit être lancée au début de 1996, la radiodiffusion audionumérique doit être une technologie de remplacement des services AM et FM existants. Le Canada favorise actuellement le système RAN projeté Eureka 147, fonctionnant dans la bande L (bande 1452-1492 MHz attribuée à la RAN à la CAMR 1992).

La prestation d'un service RAN de Terre convient à de petites ou moyennes zones de service. Par contre, dans le cas des grandes zones de service, par exemple une province, ou des régions peu peuplées comme le nord du Canada, la prestation par satellite est une meilleure solution. Cependant, les milieux urbains fortement développés limitent l'accès satellitaire dans les régions avec un angle de site peu élevé, comme au Canada où les angles de site des satellites géostationnaires varient de 15° à 30°. Pour assurer une couverture urbaine convenable à l'intérieur de grandes zones de service, on envisage d'utiliser la rediffusion de Terre comme complément à la diffusion par satellite. Cette approche, transparente du point de vue de l'auditeur, fait appel à un réémetteur de Terre qui reçoit les signaux de satellite pour les rediffuser localement sur la même fréquence en milieu urbain grâce à une technique de pointe de codage/modulation, la COFDM.

Le Canada étudie sérieusement l'approche mixte «par satellite / de Terre» et d'autres pays se sont montrés intéressés. On prévoit que d'ici 8 à 10 ans, la prestation de services RAN par satellite pourrait être mise en oeuvre comme complément à la radiodiffusion de Terre. Il faudra d'ici là définir les spécifications de l'engin spatial RAN. Les résultats des travaux de recherche et de développement des deux engins spatiaux MSAT, qui doivent être lancés en 1995 et qui fonctionnent également dans la

bande L, seront très utiles en vue de la conception de l'engin spatial RAN.

La communication examine la faisabilité de l'approche mixte, notamment les exigences en matière de matériel pour le satellite et les récepteurs. Un intérêt particulier est porté à la propagation des signaux satellitaires à large bande destinés à des récepteurs mobiles fonctionnant dans la bande L.

programme d'essais conjoints dans le cadre duquel la NASA permet l'utilisation d'un satellite TDRSS et CD Radio offre le véhicule équipé pour les mesures. L'état actuel du programme et certaines données de mesure initiales sont également présentés.

---

**Performance de la radio SRD avec utilisation d'un estimateur d'état de voie et d'un codage concaténé**

*J. Gevargiz, D. Bell, L. Truong, A. Vaisnys  
K. Suwitra, P. Henson, S. Shambayati, D. Julian,*  
Jet Propulsion Laboratory, USA

La performance de la R-SRD (radio par satellite de radiodiffusion directe) en mode mobile est définie au moyen de méthodes de simulation. Les résultats de l'analyse sont des taux d'erreurs sur les bits et la distribution des périodes de défaillance des blocs Reed-Solomon (RS). L'analyse sert à définir les spécifications du modem R-SRD (p. ex. : taux de codage, longueur des blocs RS et des blocs intercalés, etc.) en fonction de la voie de propagation et du rapport signal/bruit. Un estimateur d'état de voie a été mis au point pour marquer les entrées au décodeur RS et Viterbi comme effacements. L'amélioration de la performance du système grâce à l'utilisation d'un estimateur d'état de voie est présentée au moyen de méthodes de simulation. Les mesures en laboratoire se rapprochent des résultats de simulation.

---

**Programme d'essais industriels TDRSS NASA/CD radio**

*R.D. Briskman, J.E. Hollansworth,*  
NASA Lewis Research Center, USA

La National Aeronautics and Space Administration (NASA) s'est lancée dans un programme d'essais conjoints avec CD Radio Inc. Le programme démontrera des techniques de diversité spatiale à l'appui du développement industriel d'un nouveau service radio national de radiodiffusion directe par satellite, appelé service radio par satellite. Le service radio par satellite sera assuré dans la bande de fréquences approuvée par la FCC, soit de 2310 à 2360 MHz, c'est-à-dire près de la fréquence d'émission à grande puissance des satellites du système de poursuite et de retransmission de données (TDRSS) de la NASA, qui se situe aux environs de 2110 MHz. L'exposé décrit le



**Utilisation de l'accès multiple par différence de code (AMDC) pour les systèmes de communications mobiles par satellite en orbite terrestre basse et en orbite circulaire intermédiaire**

*Président de séance: Peter McLane,*  
 Queen's University, Canada  
*Organisateur de séance: John Lodge,*  
 Communications Research Centre, Canada

**La diversité satellitaire et ses conséquences sur l'architecture de récepteur RAKE pour les S-PCN basés sur le CDMA**

*P. Taaghoul, R. Tafazoli, B. G. Evans,*  
 University of Surrey, United Kingdom

Cet exposé traite de l'applicabilité des récepteurs RAKE à des voies de télécommunications du service mobile par satellite LEO et précise les domaines présentant des possibilités de risques. L'application possible d'une architecture combinatoire cohérente (pour les liaisons descendantes) en présence d'une diversité satellitaire est ensuite étudiée. Les données relatives aux différences de retards selon les trajets pour une voie à diversité sont ensuite examinées en détail et une technique de compensation des retards applicable à la liaison descendante est proposée afin de réduire la complexité des terminaux d'utilisateurs. Finalement, les modifications à apporter au récepteur RAKE classique sont proposées et discutées.

**Réception DS-CDMA en diversité de satellites pour communications personnelles par satellite. Analyse de performances sur les liaisons descendantes**

*R. De Gaudenzi,*  
 European Space Agency, The Netherlands,  
*F. Giannetti,*  
 University of Pisa, Italy

L'exposé analyse la liaison descendante d'un système mobile de télécommunications par satellite de type LEO employant l'accès multiple par répartition de code à séquence directe (DS-CDMA) commandé par puissance et exploitant la diversité de satellites, et il compare les performances de ce système avec celles d'un système de télécommunications plus habituel recevant les signaux d'un seul satellite. Le modèle analytique élaboré a été validé en profondeur par des simulations informatiques poussées selon la technique de Monte Carlo. Il est démontré que le gain de capacité que procure la réception en diversité des systèmes de Terre diminue considérablement sur les liaisons mobiles par satellite en présence de trafic modéré ou dans le cas d'une légère occultation.

Les résultats quantitatifs tendent à indiquer que, contrairement aux systèmes cellulaires de Terre, l'obtention d'une capacité raisonnable exige aussi, selon toutes probabilités, l'intégration de techniques de détection multi-utilisateurs (MUD) au terminal d'utilisateur mobile, ce qui accroît considérablement la complexité.

**Discussion sur les systèmes de télécommunications du service mobile par satellite : Les mythes du CDMA et de la diversité**

*N. Hart, T. Goerke,*  
 Inmarsat, United Kingdom,

*A. Jahn,*  
 DLR, Germany

Cet exposé explore les mythes et les faits relatifs :

- a) aux marges des liaisons et à la conception des configurations;
- b) à l'utilisation de la diversité satellitaire pour une voie de télécommunications du service mobile par satellite;
- c) aux compromis des techniques d'accès multiple.

Diverses constellations de satellites, comparables à celles utilisées par les promoteurs de grands systèmes LEO, font l'objet d'une présentation mentionnant les compromis rattachés à la conception de ces systèmes. Les données relatives à la propagation et les résultats de diverses campagnes de mesures portant sur les voies à bande étroite et les voies à large bande servent à illustrer les différences prévues sur le plan de la performance du service.

**Environnement d'utilisateurs mobiles et diversité de satellites pour systèmes de communications personnelles à satellite sur orbite non géostationnaire**

*M. Werner, H. Bischl, E. Lutz,*  
 German Aerospace Research Establishment,  
 Germany

Récemment, on a envisagé d'utiliser la diversité de satellites comme contre-mesure efficace pour les cas où le signal risque de se détériorer en raison d'effets d'occultation dans les systèmes de communications personnelles à satellite non géostationnaire. La diversité de satellites permet en outre de réduire considérablement le nombre de procédures de transfert délicates. Dans cet exposé, nous évaluons les performances de la diversité de

satellites dans un environnement d'utilisateurs mobiles. À cette fin, nous proposons un modèle de canaux numériques qui tient compte de l'angle de site ainsi que des caractéristiques de mobilité des utilisateurs dans un environnement donné.

Quelques-uns des principaux avantages et inconvénients de la diversité de satellites sont décrits pour différents systèmes LEO et MEO, ainsi que pour des environnements d'utilisateurs mobiles variables. Les conclusions sont validées par les résultats numériques de simulations informatiques.

---

### **Analyse de techniques d'accès multiple dans les systèmes mobiles multi-satellites et multi-faisceaux**

*G. E. Corazza, C. Ferrarelli, F. Vatalaro,*  
University of Rome, Italy

On étudie actuellement plusieurs configurations de systèmes originales qui pourraient, dans un avenir rapproché, être utilisées pour une nouvelle génération de services mobiles et personnels par satellite (p. ex. Globalstar, Iridium et Odyssey). Toutes les propositions visent à offrir un ensemble de base de services mondiaux de télécommunications au moyen de grandes constellations de satellites non géostationnaires de dimensions petites à moyennes. Les concepteurs de systèmes font face aux difficultés que soulèvent les nombreuses possibilités techniques en matière de choix d'orbites, de configurations de satellites, d'architectures de charge utile et d'antenne de bord, d'accès multiple, de modulation et de codage. La combinaison optimale de ces possibilités et d'autres aspects techniques est très importante, car elle détermine éventuellement l'efficacité des systèmes du point de vue du coût/circuit.

Cet exposé porte surtout sur le compromis en matière de techniques d'accès multiple, soit l'un des aspects les plus délicats et prêtant le plus à controverse de ces systèmes multi-satellites et multi-faisceaux, qui nécessitent une très grande capacité et exigent donc que soient tolérés des niveaux de brouillage élevés. L'incidence du brouillage dépend de nombreux aspects des systèmes entrelacés, comme la constellation de satellites (nombre de satellites, type d'orbite, hauteur de l'orbite, etc.), les antennes de bord (nombre de faisceaux par satellite, forme et direction de pointage des lobes principaux, niveaux des lobes latéraux, caractéristiques de polarisations croisées, etc.), la couverture et les stratégies de réutilisation des fréquences. Notre méthode consiste à évaluer cette incidence du brouillage au moyen d'un programme de simulation dans le domaine temporel. En général, il est nécessaire d'avoir recours à une ou à plusieurs techniques de réduction du brouillage, comme celle des groupes

de faisceaux ponctuels, de la coupure de faisceau, de la répartition de fréquences dans le plan inter-orbital, du saut de faisceau et de la polarisation ponctuelle orthogonale.

L'application d'une technique quelconque de réduction du brouillage améliore le rapport de puissance C/N' de la porteuse au bruit+brouillage, mais elle a aussi une incidence sur le rendement spectral du système, qui doit donc être évalué avec précision pour l'établissement des compromis entre les performances de transmission et la capacité du système.

L'exposé traite d'abord des aspects les plus importants des systèmes multi-satellites et multi-faisceaux à orbite non géostationnaire, puis il présente le principe du rendement spectral des systèmes, dérivant ses expressions pour les systèmes SCPC-FDMA et CDMA. Enfin, il donne des résultats quantitatifs sur la probabilité d'interruption des communications dans les architectures des systèmes à satellite non géostationnaire.

À titre d'exemple, le rendement spectral d'un système CDMA est calculé pour la constellation de Globalstar.

---

### **Utilisation de la technologie amrc dans les systèmes mobiles à satellite**

*J. Ramasastry, R. Wiedeman,*  
Globalstar L.P, USA

On comprend relativement bien l'application de l'accès multiple par répartition de code (AMRC) aux systèmes sans fil de Terre. De même, la conception et l'utilisation de la commande de puissance dans un système AMRC sont bien établies pour un environnement de Terre. Les caractéristiques des trajets multiples de Terre et la conception optimale du récepteur AMRC en fonction des conditions de trajets multiples et d'évanouissement ont été déterminées de façon fiable. Mais l'environnement des satellites est différent. Lorsque la technologie AMRC est appliquée à l'environnement des satellites, d'autres caractéristiques de conception (par exemple l'entrelacement, la commande de puissance en boucle ouverte et en boucle fermée ainsi que les caractéristiques de diversité) sont nécessaires pour que le système atteigne un niveau de performances comparable. En fait, le système LEO/MSS GLOBALSTAR incorpore toutes ces caractéristiques. Contrairement à ce qu'affirment certaines publications, l'AMRC maintient, dans l'environnement des satellites, des avantages semblables à ceux qui se retrouvent dans l'environnement de Terre. Cet exposé décrit la forme d'onde AMRC et d'autres caractéristiques de conception adoptées pour les applications mobiles à satellite.

*Président de séance:* **Richard Wolff**, Bellcore, USA  
*Organisateur de séance:* **Polly Estabrook**,  
Jet Propulsion Laboratory, USA

---

**Questions d'interfonctionnement et d'exploitation inter-réseaux en matière de SCP**

*R. Dean*,  
National Security Agency,

*P. Estabrook*,  
Jet Propulsion Laboratory, USA

Cet exposé présente cinq aspects essentiels à l'intégration en douceur des réseaux SCP à satellite et de Terre. Ces aspects sont indiqués ci-dessous. Ils sont tirés d'un atelier parrainé par JPL sur l'interfonctionnement et l'exploitation inter-réseaux des SCP, qui a eu lieu au début de janvier. L'exposé traite de l'importance de chacun de ces aspects et explique la nécessité de travaux conjoints avec l'industrie dans chacun des secteurs indiqués.

1. Modèle de référence satellite/SCP - Examen des modèles de référence cellulaire/SCP avec recommandations quant aux modifications et additions nécessaires à l'exploitation des satellites. Les organismes de normalisation nord-américains étudient toute une gamme de modèles de référence qui influenceront sur la façon dont les réseaux SCP seront déployés.
2. Questions de gestion de réseau relatives à la gestion de la mobilité, à la confidentialité et à l'authentification, au transfert entre systèmes et à l'exploitation inter-réseaux. L'intégration poussée des systèmes SCP à satellite et de Terre peut exiger des utilisateurs de mode double qu'ils sélectionnent les deux systèmes indépendamment, qu'ils sélectionnent l'un ou l'autre automatiquement ou qu'ils effectuent le transfert de l'un à l'autre.
3. Définitions communes des services pour systèmes SCP à satellite et de Terre, et implications de ces définitions. L'interfonctionnement attendu des systèmes à satellite et de Terre repose sur l'hypothèse qu'un certain ensemble de caractéristiques de base sera disponible dans les deux environnements. Le groupe d'étude déterminerait l'ensemble de services et de caractéristiques qu'il serait avantageux de maintenir en commun, par exemple la télécopie G3.
4. Exigences techniques relatives aux codeurs vocaux communs de satellites (qualité, débits, retard, contrôle des erreurs, etc.). Modes communs avec systèmes SCP de Terre.

Les codeurs vocaux de systèmes SCP de satellite peuvent exiger un ensemble de technologies à codage vocal nettement distinct de celui du système SCP de Terre.

---

**Souplesse du réseau mobile mondial à satellite IRIDIUM®**

*J. Hutcheson*,  
Motorola Satellite Communications, USA

Le réseau IRIDIUM® est un système mondial de communications personnelles comportant une constellation de 66 satellites sur orbite basse terrestre (LEO) et un ensemble d'installations de commutation «passerelles» au sol. Comme dans le cas des systèmes cellulaires sans fil ordinaires, la couverture est assurée par une grille de cellules dans lesquelles la largeur de bande est réutilisée pour accroître le rendement spectral. Contrairement à tout autre système cellulaire déjà constitué, des installations de commutation multiples peuvent se partager les cellules mobiles. Les principales caractéristiques du système IRIDIUM® comprennent les liaisons inter-satellites, une architecture de téléphonie fondée sur le GSM et un processus d'accès au système à commande géographique. Utilisées de concert, ces caractéristiques permettent aux exploitants de passerelle d'exercer une administration souple et fiable de la zone de desserte mondiale. L'exposé examine cette conception unique.

---

**Modèle de trafic pour la partie satellite de l'UMTS**

*Y. F. Hu, R. E. Sheriff*,  
University of Bradford, United Kingdom

Les systèmes mobiles de télécommunications de la deuxième génération, comme GSM, DCS1800 et DECT, se retrouvent maintenant couramment dans les réseaux de télécommunications de toute l'Europe. La croissance continue de la demande relative à ces services implique toutefois que les systèmes atteindront bientôt leur capacité maximale et ne pourront plus répondre adéquatement aux attentes de services et aux besoins des utilisateurs. Des pressions s'exerceront donc de plus en plus en vue du développement de systèmes mobiles de télécommunications de la troisième génération, par exemple l'UMTS (système universel de télécommunications mobiles) et le FPLMTS (futur système mobile terrestre public de télécommunications, aussi appelé IMT2000). Il s'agit de systèmes numériques universels multi-opérateurs et multi-services satisfaisant aux exigences des utilisateurs mobiles qui sont déjà

familiarisés avec les systèmes mobiles de télécommunications.

Dans le cadre de RACE II, le projet SAINT (intégration des satellites au futur réseau mobile) porte sur l'intégration d'une composante satellite à l'UMTS. Ce projet se déroule en étroite relation avec d'autres projets dans le cadre du MPLA (assemblage de ligne de projet mobile) RACE, particulièrement le projet des réseaux mobiles (MoNet), le projet d'accès mobile TDMA perfectionné (ATDMA) et le projet de banc de mesure à répartition de code (CODIT). Le projet MoNet vise à élaborer pour l'UMTS des normes de réseau qui s'intègrent aux réseaux fixes et mobiles existants. Le projet ATDMA détermine le système d'accès radio le mieux adapté à la fourniture de connexions du service mobile à bande étroite pour le réseau intégré de communications à large bande (IBCN). Le projet CODIT examine le potentiel de l'accès multiple par répartition de code (CDMA) pour un futur UMTS de grande capacité.

Le projet SAINT vise notamment à élaborer un modèle servant à prévoir le volume de trafic dans le secteur spatial. La nécessité de prévoir ce volume vient des liens avec la planification du réseau, qui doit donner les moyens d'assurer des services de grande qualité, par exemple du point de vue de la probabilité de blocage, sans gaspillage de ressources.

L'exposé traite d'un algorithme d'évaluation du volume de trafic des systèmes mobiles de télécommunications par satellite. Cet algorithme fait appel à des bases de données démographiques et économiques. Pour cette évaluation, les effets des services concurrents ont été considérés de manière à prévoir la demande probable du marché. Différents groupes d'utilisateurs du marché prévu ont été identifiés en fonction de leurs attentes en matière de qualité de services et de mobilité. Le nombre d'utilisateurs des différents groupes est calculé à partir des facteurs suivants : a) marché brut potentiel; b) taux de pénétration des services sélectionnés; c) rentabilité de la fourniture de ces services par satellite.

Le volume de trafic évalué servira ensuite à déterminer le nombre de voies requises par un satellite et donc le nombre de voies nécessaires pour chaque faisceau ponctuel d'un satellite.

---

**Simulateur de trafic de satellite sur orbite basse terrestre**

*J. Hoelzel,*  
E-Systems, USA

Cet exposé décrit un outil important d'analyse de la capacité de l'orbite basse terrestre (LEO)

nécessaire à l'analyse de la commercialisation, des aspects économiques et de la conception, connue sous le nom de simulateur de trafic de satellite (STS). Les satellites LEO utilisent typiquement des faisceaux multiples pour faciliter l'obtention de la capacité de communication désirée, mais la demande de trafic sur ces faisceaux n'est habituellement pas uniforme. Les simulations de la demande dynamique, moyenne et de crête prévue par faisceau ne constituent pas des éléments cruciaux pour l'analyse de la commercialisation, des aspects économiques et de la conception en vue de l'implantation d'un système LEO rentable. L'exposé décrit un STS capable de simuler le trafic vocal, de données et de télécopie, qui est acheminé par des faisceaux de satellite LEO et des passerelles de stations terriennes. Ce STS s'applique mondialement à toutes les constellations de satellites LEO exploitées à l'intérieur de n'importe quelle région. Dans le cas des applications aéronautiques aux satellites LEO, le trafic aéronautique prévu (erlangs pour chaque heure de la journée à simuler) est préparé en fonction de «régions cibles» définies géographiquement (chacune des principales régions d'exploitation pour l'aéronef en question) et est utilisé comme entrée du STS.

Le STS a été conçu par Constellations Communications Inc. (CCI) et E-Systems afin de pouvoir s'utiliser au Brésil conformément à l'énoncé de travail ESCA/INPE, et il a été développé par Analytical Graphics Inc. (AGI) afin de pouvoir s'exécuter en superposition par rapport au logiciel commercial Satellite Tool Kit (STK). Le STS simule des constellations d'orbites de satellites LEO, et il permet l'entrée de l'intensité du trafic (erlangs) pour chaque heure de la journée, générée à partir de régions cibles (comme les états brésiliens), accumulée dans des faisceaux de satellites LEO adaptés, puis accumulée dans des passerelles de station terrestre. Le STS est un simulateur très général capable de traiter de nombreuses formes d'éléments orbitaux et d'entrées de constellations de Walker, des faisceaux simples ou n'importe quel faisceau défini par l'utilisateur, ainsi que n'importe quelle position de passerelles.

L'exposé décrit certaines de ces caractéristiques, notamment l'affichage graphique dynamique en mode manuel des liaisons de communications, afin d'illustrer les liaisons de passerelle accessibles et celles qui ne le sont pas, à chaque «étape» de l'orbite des satellites. Dans les deux modes de performance, la capacité des canaux et la qualité du service des objets (faisceaux de satellite, passerelles et satellite entier) sont respectivement calculées par un examen de capacité dans la table de trafic standard et par des équations de probabilité de blocage. Lorsque la qualité du

service est entrée, le nombre de canaux est calculé; lorsque le nombre de canaux est entré, la qualité du service est calculée. La procédure et les résultats des essais du STS sont également abordés. AGI a l'intention de rendre les caractéristiques du STS disponibles par le biais des produits STK commerciaux normaux.

E-Systems est co-développeur, testeur et utilisateur du STS. La procédure d'essai du STS a été préparée par E-Systems, à titre de testeur indépendant de CCI, en vue du soutien de la fourniture du STS de CCI à ESCA, pour le compte du client INPE.

### Expériences de communications personnelles améliorées par satellite

*D. S. Pinck, L. H. Tong,*  
Jet Propulsion Laboratory,

*M. Kramer, A. J. McAuley,*  
Bellcore, USA

Entreprenant d'explorer les possibilités qu'offre la fusion des réseaux à satellite et des réseaux terrestres, Bellcore et JPL ont mené plusieurs expériences à l'aide du satellite de télécommunications à technologie de pointe (ACTS) et du terminal mobile ACTS (AMT) de JPL. Les objectifs expérimentaux se situaient dans trois catégories : a) démonstration des applications de communications personnelles, b) démonstration de l'interfonctionnement des multiples réseaux sans fil et du réseau téléphonique commuté public (RTCP), et c) évaluation de nouveaux mécanismes de protocole relatifs à la transmission de données par liaisons sans fil. Nous décrivons la performance des applications de point de vente, de courrier électronique, de télécopie et de contrôle des appels, dans lesquelles le trajet de communications aboutit à quatre réseaux : un réseau sans fil de transmission de données par paquets, le réseau à satellite, le RTCP et un réseau cellulaire sans fil.

Un aspect important de l'interfonctionnement des systèmes à satellite et des systèmes de Terre réside dans l'efficacité des protocoles de transmission des données. La plupart des protocoles utilisés de nos jours (p. ex. TCP/IP) ont été optimisés en fonction des voies câblées, et leur application dans les réseaux sans fil soulève de nouveaux défis d'envergure. Les caractéristiques des voies câblées (augmentation des erreurs, temps plus long de transmission des paquets et largeur de bande limitée) influent sur la conception des protocoles. Nous décrivons les résultats expérimentaux de différents mécanismes et paramètres de protocoles, par exemple les méthodes d'accusé de réception et la longueur des paquets, qui démontrent les types

de protocoles nécessaires à une utilisation efficace des réseaux sans fil à satellite et de Terre.

### Utilisation de l'ATM sur des liaisons SATCOM

*G. M. Comparetto,*  
The MITRE Corporation, USA

Le mode de transfert asynchrone (ATM) est un protocole de télécommunications définissant une méthode d'exploitation inter-réseaux des services vocaux, vidéo et de données, qui représente une technologie de communications émergente dans presque tous les domaines des réseaux locaux et des grands réseaux. Cet exposé a pour objet d'examiner l'utilisation des techniques ATM sur des liaisons SATCOM afin de raccorder des réseaux ATM dispersés géographiquement.

Une brève vue d'ensemble présente d'abord les caractéristiques clés de l'ATM et aborde les tendances actuelles du marché ainsi que le degré de maturité des normes relatives à l'ATM. Vient ensuite une analyse plus détaillée de l'ATM par liaisons SATCOM, divisée en deux parties principales : celle qui est générale ou non relative à une configuration particulière et celle qui est relative à des configurations particulières.

La partie générale examine trois caractéristiques opérationnelles inhérentes aux liaisons SATCOM afin de déterminer leur impact sur l'utilisation de l'ATM pour une liaison SATCOM. Ces caractéristiques sont le taux d'erreur sur les bits, la capacité des liaisons et le temps de propagation de bout en bout. Les conclusions tirées s'appliquent à toutes les configurations de satellite. La partie non relative à des configurations particulières examine un ensemble de configurations au sol et dans l'espace. Les configurations au sol englobent les liaisons de point à point, d'un point unique à des points multiples et de points multiples à un point unique, tandis que les configurations spatiales comprennent à la fois les constellations d'orbites géostationnaires et d'orbites basses terrestres.

Il semble qu'aucune caractéristique intrinsèque de l'ATM n'empêche généralement son utilisation sur des liaisons SATCOM. Cela dit, on notera toutefois que les systèmes SATCOM possèdent des caractéristiques intrinsèques qui doivent entrer en ligne de compte pour que l'ATM soit utilisé avec succès sur les liaisons SATCOM. Enfin, cette analyse démontre clairement que chaque application SATCOM doit être étudiée séparément pour que soient déterminées toutes les limitations et(ou) modifications nécessaires à l'utilisation de l'ATM sur une liaison SATCOM. Il arrive souvent que les modifications requises s'appliquent à des protocoles de niveau supérieur (p. ex. de la couche



*Président de séance: Michael Wagg,*  
Optus Communications, Australia  
*Organisateur de séance: Brian Abbe,*  
Jet Propulsion Laboratory, U.S.A.

**Description du service nord-américain de réseau vocal privé (PVN) d'AMSC**

*C. E. Sigler, N. H. Magliato,*  
American Mobile Satellite Corporation (AMSC), USA

Cet exposé donne une description technique du service vocal point à multipoint de l'American Mobile Satellite Corporation (AMSC), ainsi que de son offre de service initiale. AMSC a choisi d'appeler ce service Private Voice Network (PVN). Ce service a été conçu en vue de tirer parti de la couverture de l'ensemble du continent par AMSC. Le PVN peut ainsi assurer un service qui ne se trouve pas à l'heure actuelle sur le marché des communications radiomobiles, c'est-à-dire un service bidirectionnel de communications vocales point à multipoint offert sans coupure à la grandeur de l'Amérique du Nord. Le présent exposé décrit le service PVN du point de vue de ses éléments matériels, de ses configurations, de ses capacités globales, ainsi que de l'offre initiale de produit PVN.

**Programme russe de système mobile de télécommunications par satellite**

*I. S. Tsyrlin, V. B. Tamarkin,*  
INFORMCOSMOS, Russia

Le programme russe MARATHON porte sur le développement d'installations et de systèmes techniques servant à communiquer avec des objets mobiles et éloignés par l'intermédiaire de satellites.

Des liaisons de télécommunications efficaces et fiables couvrant tout le territoire du pays sont d'une importance cruciale, car elles constituent un élément essentiel au développement d'un marché civilisé et à l'implantation de réformes économiques en Russie.

Il est évident que les services de télécommunications actuels et, plus particulièrement, les services mobiles de télécommunications par satellite sont inadéquats en Russie. De plus, dans certaines grandes régions éloignées comme la Sibérie, l'Extrême-Orient, le Kamtchatka et le Tyumen, ils sont tout simplement inexistantes.

On comprend donc pourquoi le ministère des Télécommunications de la Fédération russe et l'Agence spatiale russe ont mis sur pied un programme de développement de systèmes de télécommunications et de radiodiffusion par satellite

en Russie, qui a été approuvé par le gouvernement. Ce programme a défini des stratégies de développement du service fixe par satellite (un système appelé Express se fonde sur un regroupement orbital constitué des nouveaux satellites Express à plus d'une douzaine de positions sur l'orbite des satellites géostationnaires), du service mobile par satellite (le système Marathon fera appel aux satellites Arcos qui seront placés sur cinq positions géostationnaires de même qu'aux quatre satellites Mayak sur orbite fortement elliptique) ainsi que du service de radiodiffusion par satellite (ce système appelé Gals comprendra des satellites de radiodiffusion directe de type Gals, qui seront placés sur plus de cinq positions géostationnaires).

**La «Téléstation» (pour des applications de Terre et orbitales)**

*R. R. Cleave, C. F. Hoeber,*  
Space Systems/Loral, USA

Les progrès de l'informatique, de la navigation et des télécommunications sans fil permettent la fabrication de meilleurs dispositifs à moindres coûts. La convergence de ces trois technologies en un seul produit constitue un système dont les coûts de cycle de vie sont plus faibles, alors que son efficacité opérationnelle augmente. Space Systems/Loral se consacre au développement d'un tel produit, connu sous le nom de Téléstation, pour des applications de Terre et orbitales. La Téléstation se compose d'un microprocesseur 32 bits perfectionné pour la commande et le traitement des données, d'un récepteur GPS pour l'obtention d'informations sur la position, l'heure et l'attitude, et d'un émetteur-récepteur Globalstar pour assurer les communications bidirectionnelles. Sur Terre, la Téléstation peut servir à diverses applications, comme la cueillette de données scientifiques, la surveillance environnementale et les exercices de jeux de guerre des militaires. Le dispositif de Terre est particulièrement utile dans des situations présentant un danger potentiel, ou lorsque le support logistique est inadéquat. Une version orbitale peut servir à la commande et au contrôle d'engins spatiaux, ce qui permettrait à un enquêteur principal d'avoir instantanément accès à sa charge utile, à toutes les étapes d'une mission. Ainsi, un enquêteur peut plus facilement saisir des événements épisodiques, et la Téléstation peut réduire les coûts d'exploitation en diminuant les exigences relatives au soutien au sol, car l'enquêteur peut ainsi jouer le rôle d'opérateur d'engin spatial. Cette présentation décrira certaines données de mesure de rentabilité relatives à la

Téléstation, son degré de développement ainsi que son utilité dans les applications de Terre et orbitales.

### **L'EMS, système régional de services mobiles par satellite en Europe**

*C. Loisy, P. Edin, F. J. Benedicto,*  
European Space Agency, The Netherlands

L'Agence spatiale européenne procède actuellement à l'acquisition de deux charges utiles fonctionnant dans la bande L afin de favoriser l'implantation en Europe d'un système mobile régional à satellite : la charge utile EMS du satellite Italsat I-F2 et la charge utile LLM du satellite ARTEMIS.

Des études sur les systèmes de télécommunications ont porté sur les applications mobiles nécessitant une véritable couverture géographique intégrale de l'ensemble de l'Europe (au-delà de ce que permettent les systèmes de Terre) et pour laquelle la connectivité d'un réseau à satellite (cellule unique pour toute la zone de couverture) offre des possibilités considérablement accrues par comparaison avec les systèmes de Terre. On pourrait typiquement réaliser une application de système intelligent de gestion de la circulation routière, qui combinerait un service de collecte de données sur la circulation sélectif géographiquement utilisant à la fois des stations mobiles de sondage conjoint et un service de diffusion d'information sur la circulation sélectif géographiquement. Parmi les autres applications, on compte les réseaux radio mobiles privés à priorité élevée exigeant une couverture nationale ou européenne (sécurité civile, corps de pompiers, police, services de santé, etc.) ainsi qu'un système spécialisé de fourniture des services extrêmement exigeants de contrôle de la circulation aérienne à des fins d'aviation civile.

Des architectures de réseau et des services de support ont été développés pour la transmission de données seulement (services orientés messages, y compris les messages vocaux) et la transmission de la voix et des données. Les services de transmission des données seulement sont assurés au moyen d'émetteurs-récepteurs mobiles montés sur véhicule et dotés d'une seule antenne de petites dimensions à couverture isotrope. Les services de transmission de la voix et des données exigent une antenne légèrement plus grande orientée par rapport à un axe vertical. Dans les deux cas, on a recours à des techniques de multiplexage et d'accès CDMA, y compris le CDMA synchrone décrit dans un exposé d'accompagnement portant sur les réseaux commerciaux mobiles à satellite (MSBN) dans le cadre du système mobile européen (EMS).

On effectue actuellement la démonstration du système mobile européen ainsi que les essais sur le terrain qui précèdent la mise en exploitation, en utilisant la capacité du satellite MARECS-A. La phase opérationnelle correspondra au lancement de la charge utile EMS spécialisée en 1996 et englobera le lancement de la charge utile LLM en 1997. Ces deux charges utiles constitueront l'infrastructure spatiale opérationnelle à performances élevées sur laquelle reposera le système mobile européen, et elles offriront fiabilité et redondance pour les systèmes mobiles exigeants du siècle prochain.

L'exposé présentera les performances détaillées de divers systèmes adaptés à des applications particulières, ainsi que les programmes correspondants de démonstration et de validation des services planifiés.

### **Possibilités commerciales des services et applications multimédias livrés par télécommunications de pointe par satellite au Canada**

*M. Shariatmadar,*  
Télésat Canada,

*V. Narasimhan,*  
Simhan Research Associates, Canada

Cet exposé traite des résultats d'études entreprises conjointement par Industrie Canada et Télésat en vue d'établir un estimé des possibilités commerciales des services multimédias livrés au moyen des télécommunications de pointe par satellite dans la bande Ka dans les régions rurales et les petits centres urbains au Canada. Cette étude a été réalisée en deux volets parallèles, les modules 1 et 2.

Le module 1 est une analyse approfondie de sources secondaires de la base de données de Statistiques Canada portant sur les ménages, leurs installations et équipements, avec des liens avec les revenus respectifs des ménages. Le module 1 comportait essentiellement :

- a) Une analyse des ménages dans des régions rurales et des petits centres urbains (ayant une population inférieure à 30 000 personnes) visant à identifier les caractéristiques clés en ce qui concerne l'adoption de diverses formes de sources d'information et de divertissement, d'infodivertissement, d'équipements comme les magnétoscopes, les caméscopes, les antennes paraboliques et les ordinateurs personnels.
- b) Des prévisions sur le nombre potentiel de



ménages les plus susceptibles d'adopter les services d'information et de divertissement offerts sur les grandes inforoutes.

Le module 2 est une recherche primaire basée sur l'analyse des réponses à une enquête téléphonique touchant 1000 ménages. Cet échantillon statistique est considéré comme étant représentatif des différents types de sites ruraux et de petits centres urbains comportant moins de 30 000 résidents, à la grandeur du Canada. Les domaines d'études particuliers touchés par ce module sont les suivants :

- a) Analyse des connaissances et de l'intérêt des chefs de ménage envers le concept générique d'une inforoute offrant de l'information et du divertissement au foyer.
- b) Étude de la perception que les ménages ont à l'égard de l'utilité des services de divertissement, d'information et d'éducation, des services de transactions et des services de commerce à la maison et, en particulier, examen de la valeur du regroupement de services d'information et de divertissement pour les offrir comme ensemble de services unique au foyer.
- c) Examen de la plage de coûts acceptables pour l'équipement terminal et pour les frais mensuels d'abonnement aux services domestiques d'information et de divertissement par l'intermédiaire des inforoutes.
- d) Examen sous divers aspects de la capacité des ménages à s'abonner aux services d'information et de divertissement; établissement des liens statistiques entre les capacités des ménages et leurs caractéristiques; établissement de relations entre l'intérêt envers les services d'information et de divertissement et l'adoption d'autres nouveautés comme les magnétoscopes, les caméscopes, les antennes paraboliques, les ordinateurs personnels, etc.
- e) Segmentation du marché par analyse statistique et comparaisons entre les prévisions portant sur le nombre potentiel de ménages résultant de l'analyse du module 2 et celles provenant du module 1.

Aux fins de cette étude, la population limite a été établie à 30 000 personnes pour garantir que seules les populations présentant la possibilité de tirer un avantage économique d'une liaison de télécommunications de pointe par satellite, plutôt que d'une liaison par fibre optique, soient prises en

considération. L'analyse du potentiel commercial a aussi porté sur des régions exclusivement rurales dans le cas où les télécommunications de pointe par satellite ne seraient pas en position de desservir les petites agglomérations urbaines.



104292

QUEEN TK 5104 .M638614 1995  
Conférence internationale d  
Résumé des documents prés

**CICMS '95**

**CONFÉRENCE  
INTERNATIONALE DES  
COMMUNICATIONS  
MOBILES  
PAR SATELLITE**



**LE 6-8 JUIN, 1995  
OTTAWA, CANADA**