

## RAPPORT 1047-1

ANTENNES COMPACTES POUR LES TELECOMMUNICATIONS  
MOBILES PAR SATELLITE

(Question 88/8)

(1990)

1. Introduction

De petites antennes de station terrienne sont nécessaires pour les communications par satellite dans la bande des 1,5/1,6 GHz, non seulement pour les terminaux mobiles d'aéronef et de station terrestre, mais aussi pour les terminaux à bord des navires. C'est dans cette optique que l'on étudie actuellement de nombreux types d'antennes compactes. Le Rapport 921 examine de nouveaux systèmes possibles de station terrienne de navire ainsi que leurs applications, en particulier, de nouvelles conceptions de systèmes aux normes INMARSAT B et C et leurs variantes possibles.

Deux catégories d'antennes compactes sont à l'étude pour les applications du service mobile par satellite et font l'objet du présent Rapport. La première catégorie comprend des antennes à faible gain, dont les diagrammes azimutaux sont omnidirectifs, et dont les gains sont compris entre 0 et 6 dBi. La seconde comprend des antennes directives à gain moyen, directives en azimut mais peut-être aussi en site. Les valeurs typiques de gain varient entre 7 et 15 dBi. Dans ce dernier type d'antennes, puisque le faisceau est directif, l'orientation est nécessaire pour poursuivre le satellite, que ce soit par entraînement mécanique, par orientation électronique ou par commutation.

Les antennes à faible gain devraient être moins chères, parce que ce sont des structures simples qui ne nécessitent pas d'orientation du faisceau lorsque l'unité mobile se déplace. Toutefois, du fait que leur couverture est omnidirective, elles pourront causer des brouillages (à d'autres satellites) ou en subir.

Les antennes à gain moyen peuvent procurer un certain niveau de discrimination à l'égard des sources extérieures de brouillage. De plus, dans des systèmes à satellites multiples suffisamment espacés, la réutilisation des orbites peut être possible pour des satellites utilisant la même fréquence. La raison en est que les lobes latéraux de faible niveau subiront un moindre brouillage du satellite adjacent, mais aussi que leur rayonnement dans sa direction sera moindre.

2. Caractéristiques des antennes

Différents types de systèmes d'antenne pour les applications des services mobiles par satellite ont été étudiés par [Heckert, 1972], et le Tableau I indique les types d'antennes les plus utilisés pour un gain compris entre 0 et 15 dBi.

TABLEAU I

Types d'antennes les plus utilisés pour les stations terriennes  
des services mobiles par satellite

	Gamme du gain (dBi)	Type d'antenne	Pointage en azimuth et en site	Stabilisation
Faible gain	0-3	Couverture hémisphérique: - hélice quadrifilaire [Kilgus, 1975] - tourniquet - assemblage de microlignes à ruban - spirale plate - doublets croisés infléchis - configuration dipôle Lindenblad [Lindenblad, 1941]	Non	Non
	4-6	Optimisée pour un secteur d'angle de site donné avec diagramme à double feuille (quasi toroïdal): - spirale conique (mode normal) - tourniquet sur plan de sol - hélice quadrifilaire sur plan de sol [Kilgus, 1975] - assemblage de microlignes à ruban	Non	Non
Gain moyen	7-10	- hélice - cornet - réseau linéaire - réseau plan de 4 doublets croisés - spirales d'Archimède, assemblage de microlignes à ruban, etc. - spirale conique (mode faisceau)	Oui en azimuth et en site	Oui (par simple gravité?)
	11-15	- antenne courte à rayonnement vers l'arrière - hélice - réseau linéaire ou plan de 4, 8 ou 16 éléments - réseau de microlignes à ruban	Oui en azimuth et en site	Oui

### 2.1 Antennes à faible gain

Les types d'antennes à faible gain dont on a envisagé l'utilisation dans les applications des services mobiles par satellite sont énumérés au Tableau I.

Ces antennes donnent toutes une polarisation circulaire. Pour certaines, cela est intrinsèque; pour d'autres, il faut un hybride en quadrature extérieure. Elles procurent aussi une couverture omnidirective ou quasi hémisphérique. Là où un bas profil d'antenne est nécessaire, les assemblages de microlignes à ruban et la spirale plate sont les types les plus répandus. Les caractéristiques de certaines de ces antennes sont examinées ci-après.

### 2.1.1 Type omnidirectif

On sait obtenir au moyen d'antennes hélice quadrifilaires des diagrammes de rayonnement à polarisation circulaire et de forme conique à couverture azimutale totale et faisceau directif en site [Kilgus, 1975]. Cette antenne n'exige donc pas de système de poursuite complémentaire.

Les diverses caractéristiques de l'hélice (nombre de tours, pas, diamètre, etc.) influencent le diagramme de rayonnement et le taux d'ellipticité. Cette antenne a un diagramme de rayonnement conique et un bon taux d'ellipticité pour une grande gamme d'angles de site. Le Tableau II indique les principales caractéristiques électriques d'une antenne hélice quadrifilaire à 5 tours, de pas et de longueur, respectivement pour un tour, 0,48 et 0,72, exprimés en longueur d'onde [Terada et autres, 1987].

TABLEAU II

Gain maximal de l'antenne	plus de 7 dBi
Largeur du faisceau en direction de son site	3 dB = 32° 1 dB = 18°
Taux d'ellipticité	moins de 2 dB

On étudie l'utilisation, dans les applications des stations terriennes de services mobiles par satellite, d'une autre antenne, qui est l'antenne à doublets croisés infléchis. Elle est représentée sur la Figure 1, ainsi que ses diagrammes de rayonnement copolaire et contrapolaire. Le diagramme copolaire est quasi hémisphérique.

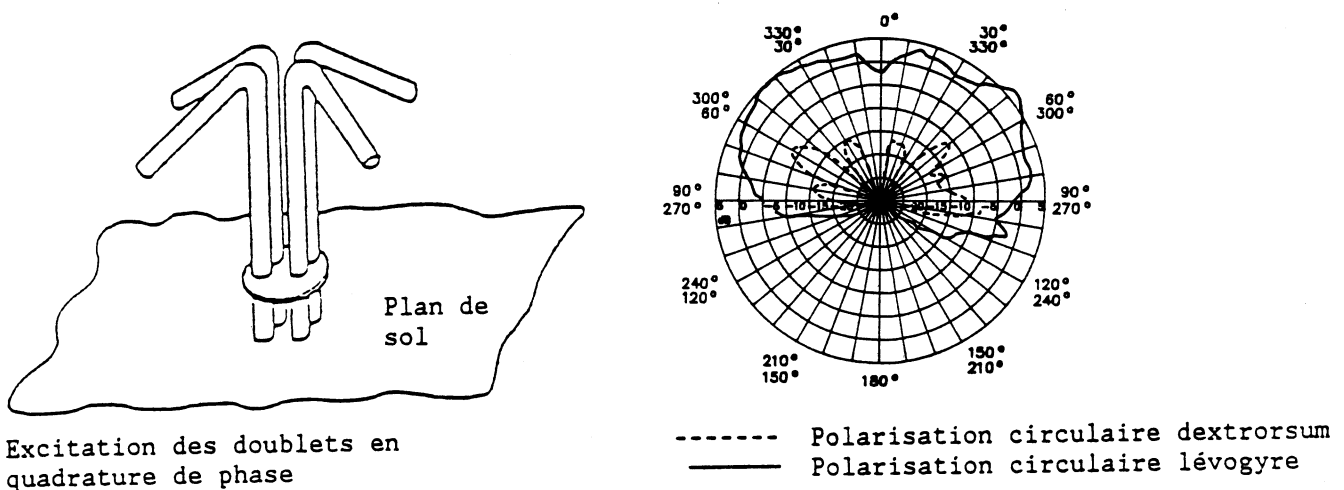


FIGURE 1

Antenne à doublets croisés infléchis et diagrammes de rayonnement typiques

### 2.1.2 Type directif à orientation électronique

Pour construire une antenne directive à système de poursuite simple, on a proposé une antenne à commutation de faisceaux [Hori et autres, 1987]. Cette antenne comprend six antennes-réseaux de microlignes à ruban disposées en rayons et peut suivre le satellite en azimut en commutant d'un élément à l'autre. Bien qu'on obtienne avec elle de grandes largeurs en site de faisceau par rapport à celles obtenues avec une antenne à faisceau conique de gain équivalent, elle nécessite un système de poursuite simple. Le Tableau III indique les caractéristiques électriques essentielles de cette antenne.

TABLEAU III

Gain maximal de l'antenne	plus de 8 dBi
Largeur du faisceau	3 dB = 70° 1 dB = 38°
Taux d'ellipticité	moins de 3 dB

La configuration de cette antenne est représentée sur la Figure 2. Six assemblages de microlignes à ruban sont répartis régulièrement sur le dôme conique. On réalise une couverture en azimut complète par commutation d'un assemblage à un autre, au moyen du commutateur représenté à gauche.

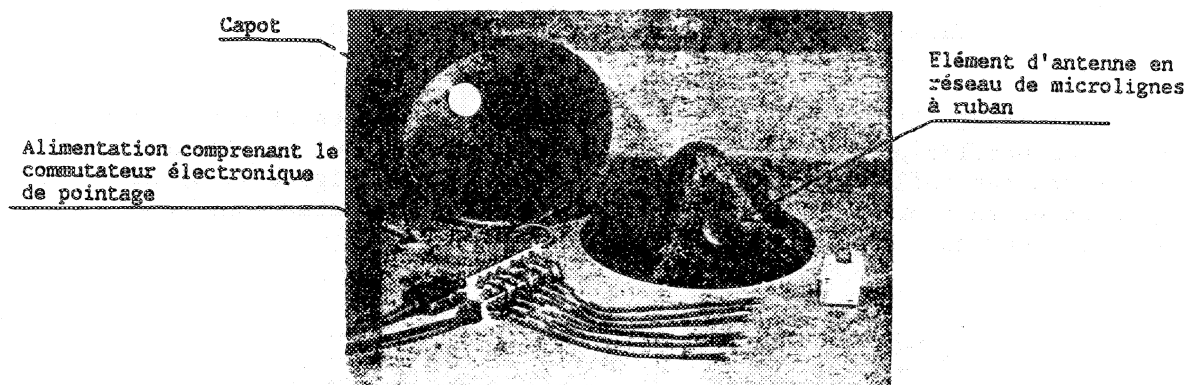


FIGURE 2

Antenne-réseau à commutation électronique

## 2.2 Antennes à gain moyen

Les antennes à gain moyen, dont les valeurs sont comprises entre 7 et 15 dBi, présentent les avantages suivants sur les antennes à faible gain:

- Réduction des besoins en p.i.r.e. de l'engin spatial
  - accroissement du facteur de qualité G/T de la station terrienne.
- Réduction possible de la température de bruit du système récepteur au sol
  - si l'affaiblissement du système d'antenne est raisonnablement faible.
- Réduction des effets dus à la propagation par trajets multiples
  - grâce à leur rayonnement latéral plus faible pour de faibles angles de site, ce qui abaisse le niveau du signal d'entrée causé par la réflexion spéculaire et par la composante diffusée. Cet effet s'accroît lorsqu'on utilise une polarisation circulaire et que l'on tire parti de l'affaiblissement par rebonds imprévus, si le taux d'ellipticité est assez faible.
- Contribution à la réutilisation de l'orbite
  - lorsque plusieurs satellites desservent la même zone, deux satellites - ou davantage - peuvent utiliser la même fréquence s'ils sont séparés par une distance qu'imposent la fréquence utilisée et la taille de l'antenne.

Cependant, la fabrication des antennes à gain moyen est plus coûteuse que celle des antennes à faible gain et un seul élément.

### 2.2.1 Antenne courte à rayonnement vers l'arrière

On considère que, pour les petits bateaux et navires, une antenne courte à rayonnement vers l'arrière (SBF) est l'une de celles qui conviennent le mieux parmi les diverses antennes à gain moyen (c'est-à-dire de 12 à 15 dBi), directives et orientables mécaniquement.

Une antenne courante de ce type comporte deux réflecteurs plans de diamètres différents, le réflecteur principal et le réflecteur secondaire étant séparés d'une demi-longueur d'onde. Ils agissent comme un résonateur à cavité peu profonde et à pertes et le faisceau de rayonnement est perpendiculaire au réflecteur secondaire. L'antenne, inventée par Ehrenspeck [Ehrenspeck, 1965], est alimentée par des doublets croisés placés à mi-distance des deux réflecteurs.

On a proposé récemment deux nouveaux types d'antennes SBF, dont on améliore les caractéristiques électriques en modifiant la forme des réflecteurs principal et secondaire, et celle de l'excitateur primaire. Le premier type est une antenne SBF qui a un double petit réflecteur et un réflecteur principal non plat. Un autre type d'antenne SBF a un double petit réflecteur et un réflecteur principal conique grâce auquel la caractéristique en fréquence du TOS est considérablement améliorée [Ohmori et autres, 1983]. Dans ce dernier type d'antenne, le réflecteur principal a une configuration en échelons, ce qui accroît le gain de l'antenne de 1 à 1,5 dB environ [Shiokawa et autres, 1983].

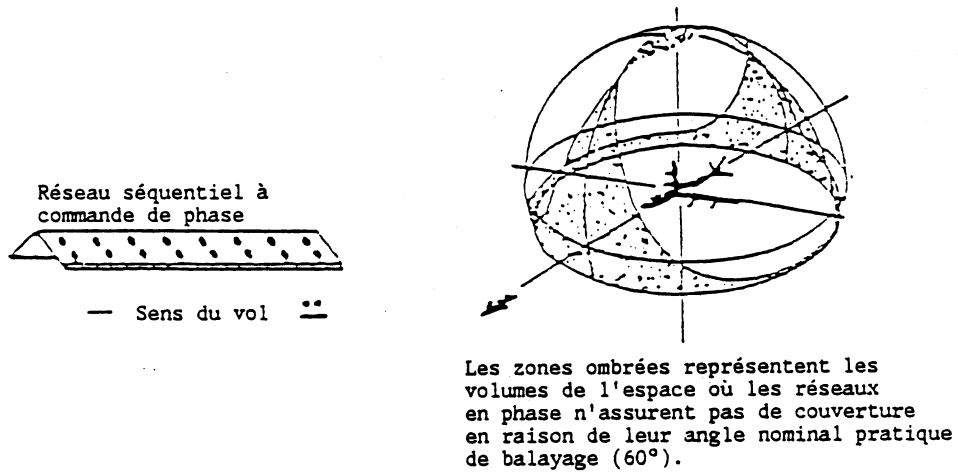
### 2.2.2 Systemes d'antennes-réseaux

Deux types fondamentaux d'antennes-réseaux ont été étudiés en vue d'une utilisation dans les applications du service mobile par satellite. Le premier est un assemblage d'éléments d'antenne dans une surface linéaire ou plane, et son faisceau est orienté mécaniquement. Le second est un réseau d'éléments dont le faisceau est orienté électroniquement par déplacement de phase ou au moyen de dispositifs retardateurs, situés habituellement sur le trajet de chaque élément. Ce dernier type d'antenne est généralement appelé antenne-réseau à commande de phase. La Figure 3 représente des exemples d'antennes-réseaux.

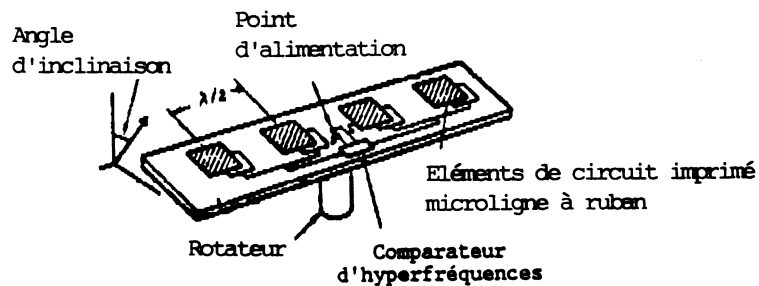
La Figure 3a montre un réseau constitué de deux réseaux adossés, à excitation séparée; chacun comporte des rangées de deux éléments (éléments jumelés) et chacun est excité par huit déphaseurs. Les éléments en sont des assemblages de microlignes à ruban, excités par des hybrides en quadrature afin de produire une polarisation circulaire lévogyre. Cette structure se monte sur la partie supérieure du fuselage d'un aéronef, et le sens du vol dans la direction est-ouest détermine le fonctionnement de l'un ou l'autre des réseaux adossés [Ohmori, 1986]. Le réseau est balayé à  $\pm 60^\circ$  dans la direction horizontale. On a procédé à des expériences, qui utilisaient le satellite de télécommunications japonais ETS-5 situé à  $150^\circ\text{E}$  de longitude et des aéronefs qui effectuaient des vols à travers le Pacifique.

La Figure 3b représente une version simplifiée d'un réseau linéaire orienté mécaniquement, qui utilise des assemblages de microlignes à ruban, à polarisation circulaire. Le réseau est cloisonné afin de permettre la détection d'une impulsion unique sur un seul plan, pour une poursuite de satellite en boucle fermée. Le niveau du signal soumis à des évanouissements influe sur la précision de la poursuite du satellite. Il est possible de faire face à l'absence de signal ou à des évanouissements profonds en revenant au procédé de poursuite en boucle ouverte. Une réalisation pratique d'un réseau orienté mécaniquement est décrite par Pattan [Pattan, 1987]. Le réseau produit une polarisation circulaire, et le réseau formateur de faisceau est pondéré pour permettre de maîtriser le rayonnement latéral. Le réseau est divisé en deux moitiés et on utilise une mono-impulsion en phase. Les deux centres de phase se situent au centre de chaque sous-réseau. La sortie du comparateur de mono-impulsions donne les sommes et les différences.

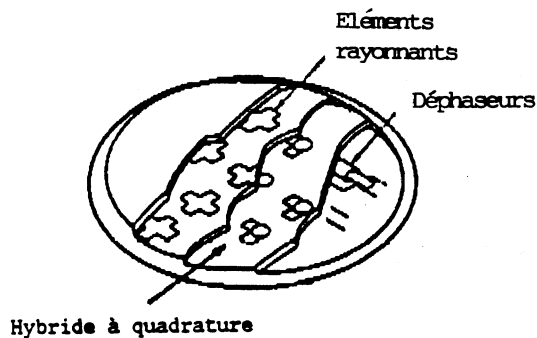
La Figure 3c représente un réseau d'éléments plans à commande de phase, d'un diamètre de 50 cm environ et d'une hauteur inférieure à 2 cm. Cette structure produit un faisceau directif (pinceau) dans toutes les directions et l'orientation est commandée par des déphaseurs. Les éléments sont à fentes croisées et cavité, et rayonnent en polarisation circulaire. L'ensemble complet a été monté sur le toit d'une automobile.



- a) Réseau à commande de phase à deux rangées d'éléments, utilisant des assemblages circulaires de microlignes à ruban



- b) Réseau linéaire utilisant des assemblages de microlignes à ruban, à polarisation circulaire



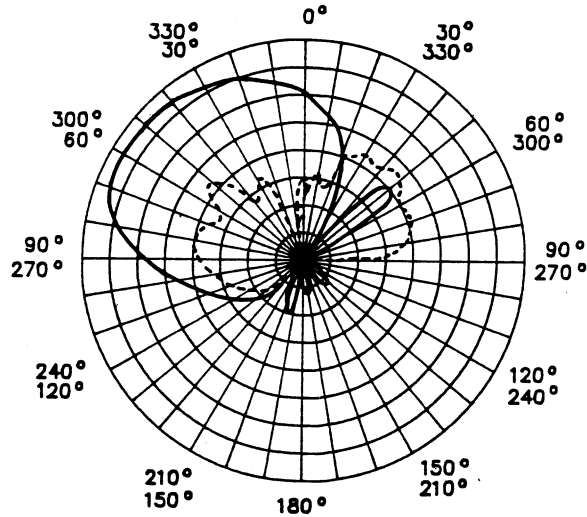
- c) Réseau plan à commande de phase utilisant des éléments à fentes croisées et cavité; on montre les couches correspondant aux hybrides en quadrature et aux déphaseurs

FIGURE 3

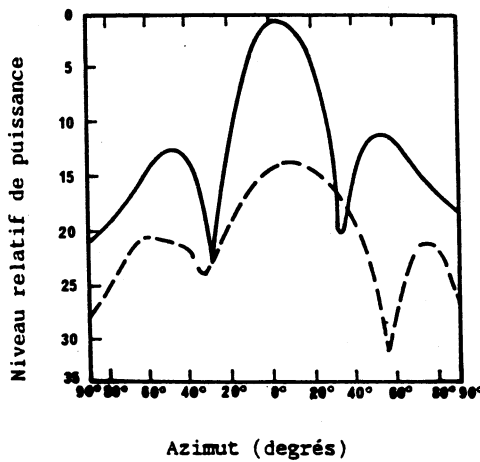
Antennes-réseaux à gain moyen typiques, pour les applications du service mobile par satellite

### 2.2.3 Fonctionnement des antennes-réseaux

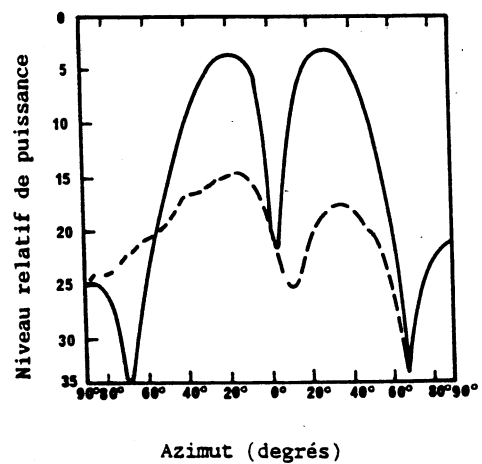
Les diagrammes de quatre réseaux d'assemblages de microlignes à ruban sont représentés sur la Figure 4 [JPL, 1988]. La partie supérieure de la figure représente le diagramme en site pour les composantes copolaire et contrapolaire, pour un angle de basculement de l'ensemble en site de 40 degrés. La partie inférieure de la figure montre les diagrammes azimutaux des sommes et des différences. Les dimensions du réseau sont de 48 cm sur 13 cm.



a) Diagramme en site, composantes copolaire et contrapolaire



b) Diagramme azimutal copolaire et contrapolaire de l'antenne (également diagramme somme de mono-impulsion)



c) Diagramme azimutal différence de mono-impulsion

FIGURE 4

Diagrammes d'antenne d'une antenne-réseau  
linéaire, orientable mécaniquement

— Copolaire  
- - - Contrapolaire



Aux Etats-Unis d'Amérique, on met actuellement au point deux autres systèmes d'antennes-réseaux planes à commande de phase, du type représenté sur la Figure 3c. Les objectifs de fonctionnement pour ces antennes sont indiqués dans le Tableau IV.

TABLEAU IV

- \* Fréquence d'exploitation : 1 545 - 1 559,0 MHz réception  
1 646,5 - 1 660,5 MHz émission  
La largeur de bande sur laquelle les antennes-réseaux doivent fonctionner est de 7% environ.
- \* Couverture: de 20° à 60° au-dessus de l'horizon, 360° en azimut
- \* Gain de l'antenne:  $\geq 10$  dB dans la zone de couverture
- \* Niveau des lobes latéraux relativement au lobe arrière:  $\leq -12$  dB
- \* Polarisation: circulaire dextrorsum, avec taux d'ellipticité maximal de 4 dB dans l'intervalle de balayage (30° à 70° de la ligne de visée)
- \* Découplage des satellites pour réutilisation de l'orbite: 20 dB pour une séparation entre satellites de 35°

#### 2.2.4 Diagrammes de rayonnement de référence

Dans les textes actuels de la Commission d'études 4 du CCIR, il existe deux Recommandations relatives aux diagrammes de référence pour les antennes de station terrienne [Recommandations 465 et 580]. Elles présupposent des antennes à grande ouverture, comme les antennes paraboliques Cassegrain. Les diamètres d'antenne minimaux auxquels ces Recommandations peuvent s'appliquer sont d'environ 42 cm et 35 cm à 1,6 GHz et 1,5 GHz, respectivement. Ces Recommandations ne peuvent donc pas s'appliquer à la plupart des antennes compactes de station terrienne mobile.

La Commission d'études 8 a élaboré une nouvelle Recommandation 694 qui définit un diagramme de rayonnement de référence pour les antennes paraboliques mobiles mais qui se limite aux antennes à gain élevé, d'un diamètre de 80 à 130 cm. Dans les textes actuels du CCIR, aucune Recommandation ne définit de diagrammes de rayonnement de référence pour les antennes à gain moyen et faible qui seront largement utilisées, dans un avenir proche, pour les stations terriennes mobiles.

Le diagramme de rayonnement équivalent des antennes de station terrienne mobile installées subit l'influence du plan de sol et des obstacles environnants. Pour établir des diagrammes de rayonnement de référence réalistes, il est nécessaire d'étudier ces facteurs plus avant.

Par exemple, il ressort de mesures expérimentales récentes de l'évanouissement par trajets multiples dans les communications par satellite du service mobile aéronautique [Rapport AC/8] que les effets d'évanouissement ne dépendent pas seulement du diagramme de base de l'antenne, mais aussi de la position de l'antenne sur le fuselage. Selon les résultats d'une expérience

effectuée avec un satellite du service aéronautique, dans le cadre de laquelle une antenne était installée sur la face supérieure du fuselage, on n'a observé aucun évanouissement par trajets multiples causés par la réflexion sur la mer, grâce à l'occultation des composantes réfléchies par les ailes et le fuselage. On a cependant relevé des évanouissements lents, provoqués par la réflexion sur les ailes [Hase et autres, 1989].

Il sera nécessaire de procéder à des études supplémentaires des effets d'évanouissement qui dépendent de la position de l'antenne sur le fuselage.

L'antenne parabolique d'un terminal INMARSAT de norme A est la seule antenne mobile actuellement utilisée de façon commerciale. Son diagramme de rayonnement est symétrique par rapport à l'axe d'antenne, de sorte que l'on peut exprimer ses caractéristiques de rayonnement par un simple diagramme de référence [Rapport 922]. Dans un avenir proche, cependant, on s'attend à ce que les antennes-réseaux et les antennes-réseaux à commande de phase soient adoptées dans les applications mobiles afin de satisfaire aux exigences strictes en matière de légèreté, de compacité, d'aérodynamique, et autres caractéristiques.

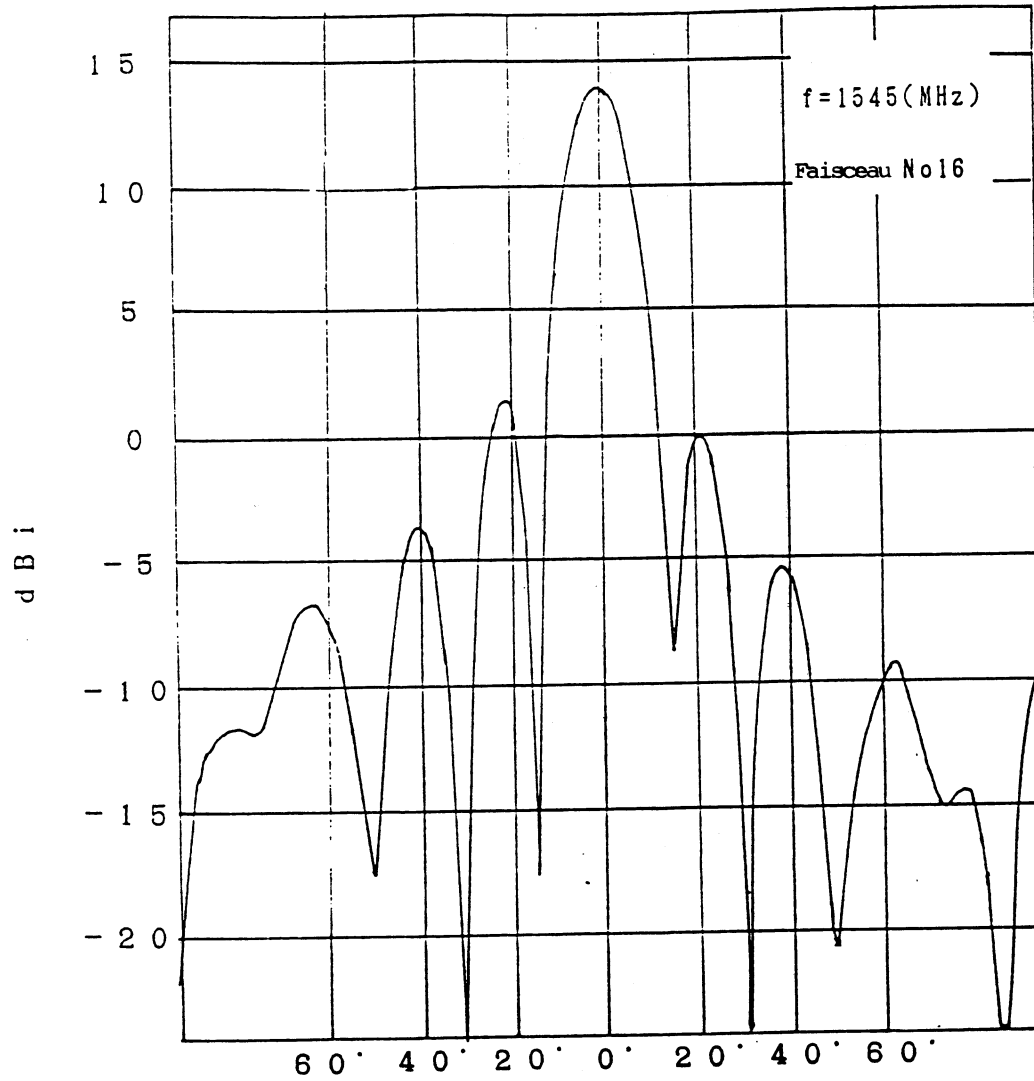
Ces antennes de type réseau à gain moyen présentent de nombreuses caractéristiques intéressantes, mais leurs diagrammes sont sujets à certaines dégradations qui méritent d'être étudiées plus avant:

1) Dégradation des caractéristiques des lobes latéraux par exploration du faisceau principal

Les diagrammes de rayonnement d'une antenne-réseau à commande de phase pour aéronef [Hase et autres, 1989], utilisée dans les expériences de l'ETS-V EMSS, sont représentés sur les Figures 5a et 5b. Le réseau se compose de 16 éléments et le faisceau principal peut être balayé à  $\pm 60^\circ$  par rapport à la ligne de visée. Les Figures 5a et 5b représentent les diagrammes de rayonnement correspondant aux cas d'un angle de balayage de 0 degré et 60 degrés, respectivement. Les premiers lobes latéraux sont à -14 dBi pour un angle de balayage de 0 degré, et à -8 dBi pour un angle de balayage de 60 degrés. Ces valeurs sont moins bonnes que celles d'une antenne courte à rayonnement par l'arrière, qui atteint -20 dBi environ. Plus les angles de balayage sont grands, moins les caractéristiques du lobe latéral sont bonnes.

2) Différence d'angle de balayage entre les fréquences d'émission et de réception

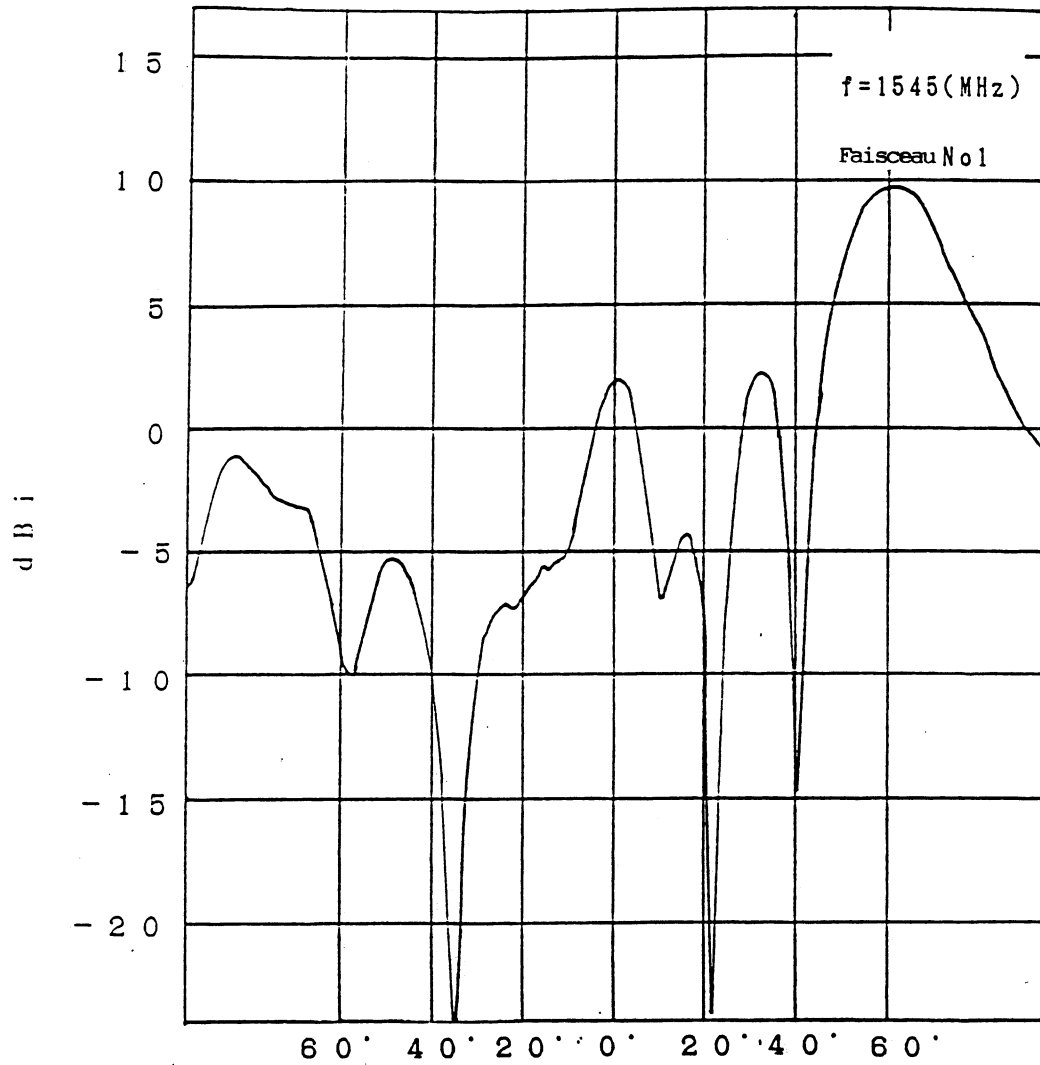
Pour qu'une antenne-réseau à commande de phase puisse explorer électriquement le faisceau, on ajuste, au moyen de déphaseurs, les différences entre les trajets de propagation des divers éléments, de façon à obtenir un plan d'égalité de phase dans la direction désirée. Le trajet effectif de la propagation électrique dépend de la fréquence d'exploitation, et il en résulte des différences d'angle de balayage entre les fréquences d'émission et de réception.



a) Angle de balayage 0 degré

FIGURE 5

Diagramme de rayonnement d'une antenne-réseau  
d'aéronef, à commande de phase



b) Angle de balayage 60 degrés

FIGURE 5

Diagramme de rayonnement d'une antenne-réseau  
d'aéronef, à commande de phase

Le projet de spécifications des caractéristiques des lobes latéraux, qu'INMARSAT élabore actuellement pour son nouveau système mobile général de téléphonie par satellite (INMARSAT-M), contient des exemples de diagrammes de référence appropriés à certains types d'antennes mobiles à gain moyen. Ces spécifications se fondent sur des mesures expérimentales pour trois types d'antennes dont les gains vont de 12 à 15 dBi.

1) Antennes à symétrie axiale

Les antennes à symétrie axiale ont des diagrammes en site et en azimut identiques et nécessiteront normalement une orientation en site et en azimut. Une antenne courte à rayonnement vers l'arrière ou une hélice constituent des exemples typiques. Ces antennes présentent un intérêt particulier pour les terminaux nautiques et mobiles transportables. Le projet de spécifications d'INMARSAT établi pour les lobes latéraux, à partir d'une antenne courte à rayonnement vers l'arrière de 15 dBi, est le suivant:

$$G = 43 - 25 \log(A) \text{ dBi}$$

où G est la valeur de crête du gain de l'antenne, pour un angle de décalage A par rapport à la ligne de visée. Cette expression est valable pour des angles de décalage compris entre 40° et 83°. Au-delà de 83°, les spécifications admettent un gain de lobe latéral atteignant -5 dBi.

2) Antennes-réseaux horizontales à une dimension

Ce type d'antennes a un diagramme vertical de faisceau en éventail et ne requiert qu'un pointage en azimut. Les réseaux linéaires de microlignes ou les doublets croisés constituent des exemples typiques. Les spécifications des lobes latéraux, pour ce type d'antennes, se fondent sur des mesures effectuées sur une antenne-réseau à doublets croisés et cavités 4 x 1 d'un gain de 12,5 dBi. Ce type d'antennes est particulièrement intéressant pour les véhicules, en raison de son profil bas et de la simplicité du pointage. Les spécifications des lobes latéraux sont différentes pour les diagrammes en azimut et en site.

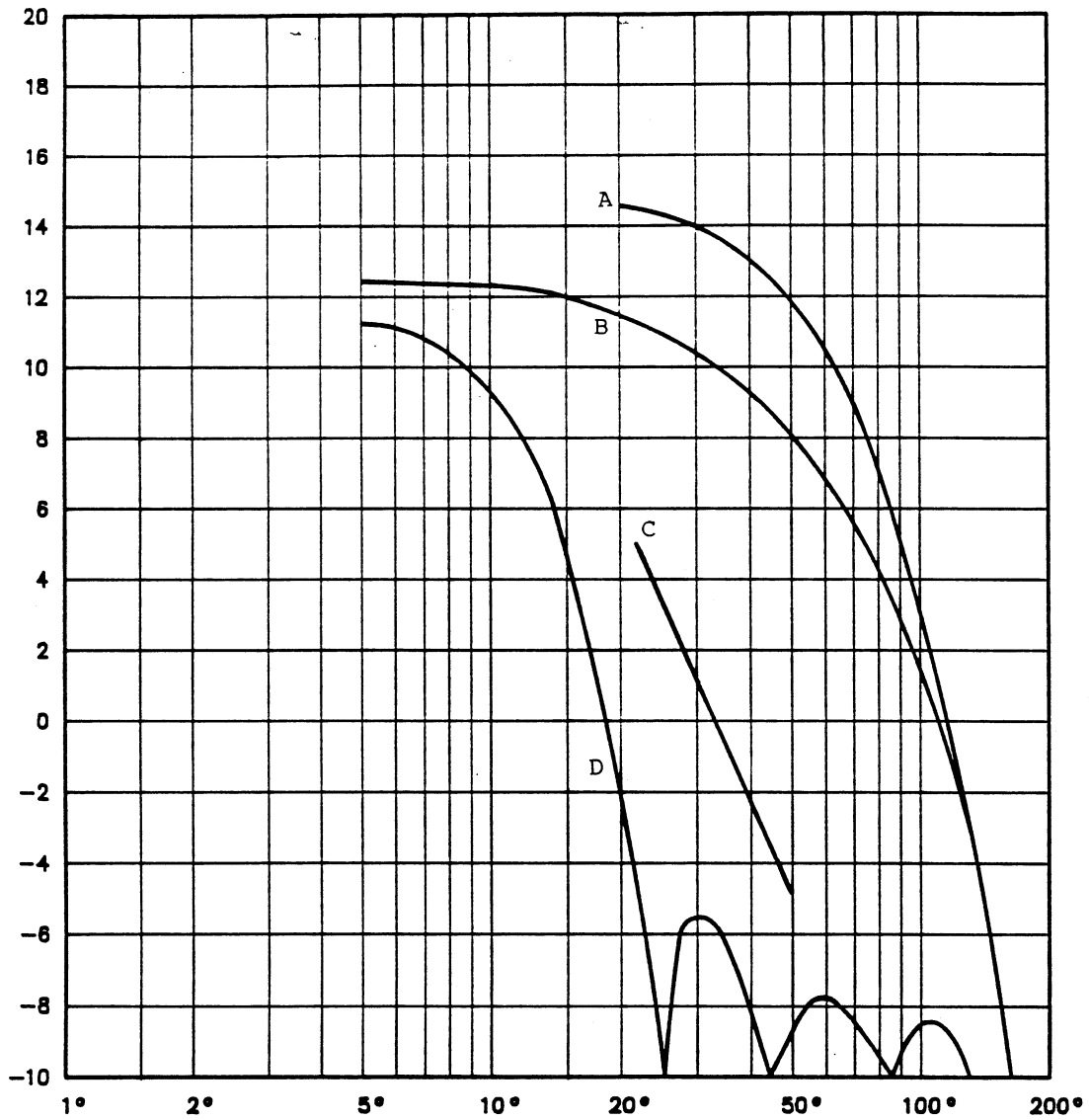
$$\text{Diagramme en azimut: } G = 38 - 25 \log(A) \text{ dBi}$$

pour A compris entre 21° et 48°, au-delà de 48°, le gain maximal du lobe latéral est de -5 dBi.

$$\text{Diagramme en site: } G = 15 - 0,0012 A^2 \text{ dBi}$$

pour A compris entre 20° et 130°, au-delà de 130°, le gain maximal du lobe latéral est de -5 dBi.

La Figure 6 représente les spécifications et les valeurs réelles obtenues par des mesures d'une antenne-réseau à doublets croisés et cavités 4 x 1.



A Spécification de site

C Spécification d'azimut

B Diagramme mesuré en site

D Diagramme mesuré en azimut

FIGURE 6

Spécifications d'une antenne à faisceau en éventail

3) Antenne-réseau verticale à une dimension

Une antenne-réseau verticale à une dimension a un diagramme d'antenne toroïdal. La largeur du faisceau en site à mi-puissance, pour une antenne de 12,5 dBi, sera de l'ordre de 6°. Le diagramme est symétrique en azimut. Ce type d'antenne ne nécessitera qu'un pointage en site. Cette antenne présentera un intérêt particulier pour les petits véhicules. Les dimensions typiques de ce type d'antennes pourraient être de 30 mm pour le diamètre et de 500 à 800 mm pour la longueur. Son faisceau étroit donnera une bonne discrimination contre les trajets multiples. Le faisceau couvrira l'arc géostationnaire en deux positions. On ne disposait d'aucune mesure pour ce type d'antenne, et le projet de spécifications des lobes latéraux cité ci-dessous se fonde sur des approximations théoriques:

$$G = 41 - 25 \log(A) \text{ dBi}$$

pour des angles compris entre 20° et 70°  
au-delà de 70°, le gain maximal est de -5 dBi.

3. Technique de réduction des évanouissements pour les stations terriennes de navire

Pour des antennes de station terrienne de navire (STN) à facteur de qualité G/T faible, l'effet d'évanouissement causé par la réflexion sur la surface de la mer sera plus important pour de faibles angles de site, étant donné que l'ouverture du faisceau d'antenne est plus grande que celle des stations terriennes de navire courantes de norme A [Karasawa et Shiokawa, 1984]. Pour une station terrienne de navire à facteur de qualité G/T faible, on doit utiliser une méthode de réduction des évanouissements qui soit, comme l'antenne, simple, légère et peu coûteuse. C'est dans cet esprit qu'on a choisi la méthode du modelage de la polarisation (voir le Rapport 1048) que l'on utilise avec les antennes courtes à rayonnement vers l'arrière décrites au § 2.2.1 ci-dessus. Cette méthode convient à des antennes alimentées par doublets croisés et fait appel à un entraînement rotatif des doublets croisés et à un réseau de déphasage réglable.

4. Support d'antenne de station terrienne de navire

Pour une station terrienne de navire (STN) courante de norme A, le support à 4 axes Site/Azimut/Y/X avec fonction de poursuite pas à pas est ce qu'on peut souhaiter de mieux en raison de ses bonnes possibilités de stabilisation et de sa haute précision de pointage. Dans le cas d'une station terrienne de navire à facteur de qualité G/T faible, un support à 2 axes avec une fonction de poursuite programmée et asservie à l'équipement de navigation peut être intéressant du point de vue économique et du point de vue de la fabrication. Entre les supports à 2 axes (Site/Az et Y/X), on peut donner la préférence au support Site/Az, car le support Y/X comporte à la fois une erreur de pointage importante par suite du verrouillage de cardan et des effets d'évanouissement dus aux trajets multiples aux angles de site peu élevés.

Dans ce type de support, le bras qui soutient l'axe de site est en forme de U. En outre, l'axe de site est monté au voisinage de l'axe central pour faciliter le maintien de l'équilibre entre l'antenne, l'amplificateur à faible bruit, le duplexeur, etc. Par suite, l'action du poids sur l'axe des azimuts décroît, ce qui conduit à une réduction des dimensions et du poids par rapport à un support Site/Az classique. De plus, les conditions ci-dessous doivent quand même être remplies pour que le support Site/Az ait une bonne précision de pointage:

- réduction des erreurs de pointage causées par le verrouillage du cardan pour des angles de site élevés ( $85^\circ$  environ);
- réduction des erreurs de pointage dues au recalage sur l'axe des azimuts.

Dans le support d'antenne récemment mis au point que décrit la Figure 7, le support Site/Az est commandé par des signaux provenant de l'équipement de navigation du navire et du détecteur de roulis et de tangage au moyen d'un microprocesseur. On a utilisé un algorithme de commande nouvellement mis au point en vue d'améliorer les erreurs de pointage [Shiokawa et autres, 1983].

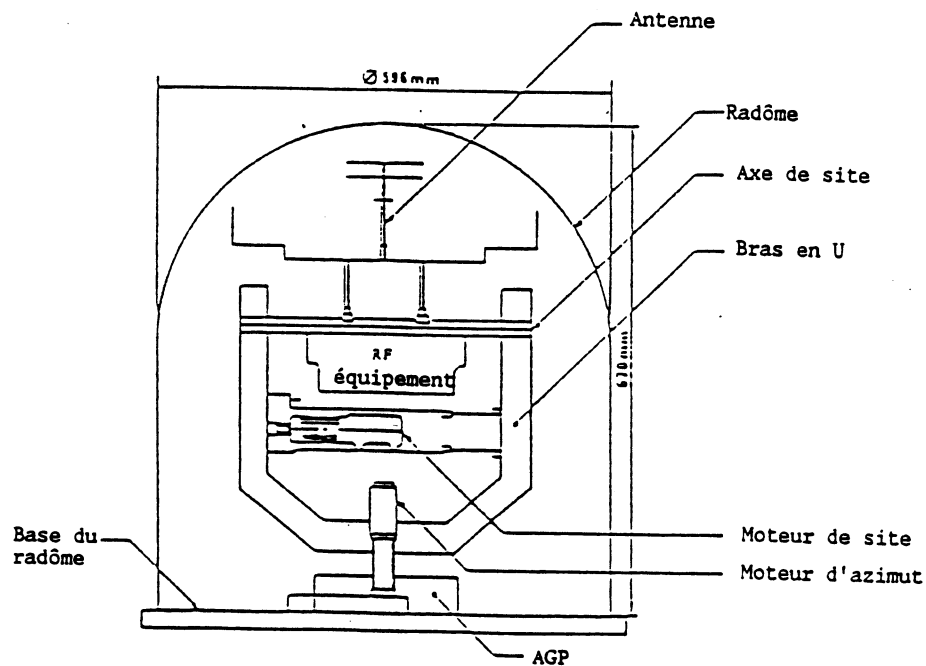


FIGURE 7

Configuration du support d'antenne récemment mis au point pour un petit système d'antenne

5. Température de bruit d'antenne équivalente

Les spécifications typiques d'un terminal de Terre comprennent une valeur du facteur de qualité du système,  $G/T_s$ . Pour un gain d'antenne donné,  $G/T_s$  dépend des températures de bruit combinées de l'antenne et du récepteur.



La température de l'antenne résulte de plusieurs sources de bruit extérieures à l'antenne. La fraction du bruit extérieur que capte l'antenne est fonction des propriétés directives de cette dernière. On peut obtenir le bruit de l'antenne en coupant le diagramme d'antenne en "tranches" discrètes, ou rayons, puis en déterminant la moyenne pondérée du bruit provenant de tous les rayons. D'un point de vue physique, les sources de bruit comprennent l'ionosphère, la Terre, le Soleil, l'atmosphère, et le fond céleste. D'autres contributions sont dues aux composantes antenne/récepteur, qui s'ajoutent à la température de bruit de l'antenne.

La température composite de l'antenne peut s'exprimer par:

$$T_A = \sum W_n T_n$$

où:

$T_n$ : température équivalente de la source de bruit

$W_n$ : fraction de la puissance (pondérée) contenue dans le segment de la structure des lobes de l'antenne. Par exemple, le bruit galactique par le lobe principal d'une antenne a une pondération plus élevée que celui qui entre par un lobe latéral. De même, si 10% de l'énergie pénètre par les lobes latéraux (par exemple: lobe principal, 80%, lobes arrière, 10%), la contribution de la Terre est de  $0,1 \times 300 = 30^\circ\text{K}$ .

Les températures typiques utilisées dans cette pondération comprennent:

Atmosphère:	5K
Température du ciel:	15K
Température de la mer:	120K
Température du sol:	300K

## 6. Conclusion

On met actuellement au point, pour les communications mobiles par satellite, un certain nombre de types d'antennes à gain faible et moyen. Les caractéristiques de ces nouvelles antennes ne figurent pas encore dans les Recommandations actuelles du CCIR. De nouvelles études sont nécessaires dans les domaines suivants:

- 1) Caractéristiques mesurées des antennes à gain faible et moyen pour les stations terriennes des services mobiles terrestre, maritime et aéronautique par satellite.
- 2) Examen des problèmes particuliers associés aux antennes destinées aux applications du service mobile aéronautique par satellite.
- 3) Mise au point de nouveaux diagrammes de rayonnement de référence pour les antennes du type réseau destinées aux stations mobiles terriennes.
- 4) Techniques de réduction des évanouissements destinés aux stations terriennes des services mobiles aéronautique et terrestre par satellite.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

EHRENSPECK, H.W. [1965] The short-backfire antenna. Proc. IEEE, Vol. 53, 1138-1140.

HASE, Y., TAIRA, S., WAKANA, H. et OHMORI, S. - ETSV/EMSS Experiments on Aeronautical Communications, Conference Record of IEEE International Conference on Communications (ICC-89), Boston, Etats-Unis.

HECKERT, G.P. [février, 1972] Investigation of L-band shipboard antennas for maritime satellite applications. Automated Marine International, Newport Beach, Californie, Etats-Unis.

HORI, T. et autres [mars, 1987] Electronically steerable spherical array antenna for mobile earth station, 5th International conference on Antenna and Propagation, York, Royaume-Uni.

Jet Propulsion Laboratory (JPL) MSAT-X Quarterly, #7, octobre 1988.

KARASAWA, Y. et SHIOKAWA, T. [1984] Characteristics of L-band multipath fading due to sea surface reflection. IEEE Trans. Ant. Prop., Vol. AP-32, 6, 618-623.

KILGUS, C.C. [mai, 1975] Shaped-conical radiation pattern performance of the backfire quadrifilar helix, IEEE Trans. Antennas and Propagation, AP-23, pp. 392-397.

LINDENBLAD, N.E. [avril 1941] Antennas and transmission lines at the Empire State television station, Communications.

OHMORI, S., MIURA, S., KAMEYAMA, K. et YOSHIMURA, H. [juillet, 1983] An improvement in electrical characteristics of a short backfire antenna. IEEE Trans. Ant. Prop., Vol. AP-31, 4, 644-646.

OHMORI, S. et autres, "Aircraft Earth Station for Experimental Mobile Satellite System", IEEE ICC 1986.

PATTAN, B., "The Advent of Land Mobile Satellite Service Systems", IEEE Trans. on Aerospace & Electronic Systems, septembre 1987.

SHIOKAWA, T., KARASAWA, Y. et YAMADA, M. [1983] Compact antenna systems for INMARSAT standard-B ship earth stations. IEEE Conference.

TERADA, N. et autres [juin, 1987] Compact mobile antenna for mobile satellite communications, IEEE Vehicular Technology Conference, VTC '87 Floride, Etats-Unis; p.104.

---