



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **92403306.1**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **H01Q 19/06, H01Q 19/17**

(22) Date de dépôt : **07.12.92**

(30) Priorité : **11.12.91 FR 9115376**

(43) Date de publication de la demande :  
**16.06.93 Bulletin 93/24**

(84) Etats contractants désignés :  
**DE ES FR GB IT SE**

(71) Demandeur : **TELEDIFFUSION DE FRANCE,**  
**société anonyme**  
**10 rue d'Oradour sur Glane**  
**F-75015 Paris (FR)**

(72) Inventeur : **Delmas, Jean-Jacques**  
**148 rue de Paris**  
**F-92190 Meudon (FR)**

(74) Mandataire : **Cabinet Martinet & Lapoux**  
**BP 405**  
**F-78055 Saint Quentin en Yvelines Cédex (FR)**

(54) **Antenne à réflecteur fixe pour plusieurs faisceaux de télécommunications.**

(57) L'antenne particulièrement pour des installations domestiques, collectives ou communautaires reçoit plusieurs faisceaux de télécommunications et comprend un réflecteur fixe (2) à axe de symétrie (Oz), de préférence paraboloidal. Au moins un réseau d'éléments annulaires de diffraction ( $3_1 - 3_4$ ) est sensiblement symétrique par rapport à l'axe (Oz) et disposé parallèlement au réflecteur. Le réseau définit des premier et second foyers ( $F_1, F_2$ ) symétriques par rapport à l'axe (Oz) vers lesquels sont susceptibles de converger des premier et second faisceaux ( $FS_1, FS_2$ ) dirigés sensiblement parallèlement à des droites ( $OF_2, OF_1$ ) passant par le centre (O) du réseau et par les second et premier foyers respectivement. Une tête hyperfréquence peut balayer le plan focal ( $F_1, OF_2$ ) le long d'une ligne focale (LF), ou plusieurs têtes hyperfréquences ( $4_1 - 4_7$ ) sont positionnées sur un portique (5) pour recevoir ou émettre plusieurs faisceaux, bien que le réflecteur soit fixe.

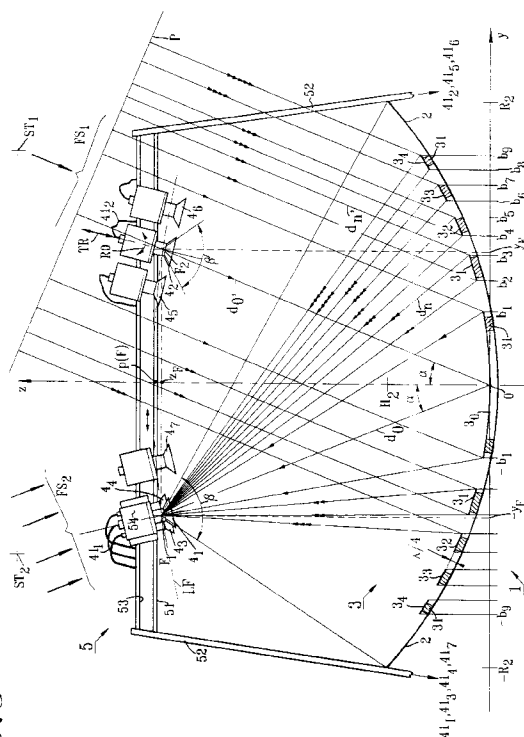


FIG. 5

La présente invention concerne une antenne de réception ou d'émission de faisceaux de télécommunications.

En particulier, l'antenne est destinée à des installations domestiques dans des maisons individuelles, à des installations collectives dans des immeubles, ou à des installations communautaires servant à l'alimentation de têtes de réseaux câblés pour recevoir plusieurs faisceaux émis par des satellites de télécommunications, convoyant notamment des signaux de télévision.

En outre, la présente invention peut être utilisée pour des applications professionnelles notamment dans les réseaux de diffusion de données.

L'antenne de réception pour satellite la plus commercialisée actuellement comprend un réflecteur fixe dont la surface réfléchissante est un paraboloïde de révolution, ou un paraboloïde elliptique, de largeur d'environ 90 à 120 cm, ou une portion d'un tel paraboloïde pour une antenne à illumination décentrée, appelée antenne offset. L'axe de symétrie du réflecteur est pointé vers le satellite dont les émissions sont à capter. Une tête de réception hyperfréquence, fixée généralement par des haubans, est positionnée au foyer unique du réflecteur paraboloidal.

Lorsque le satellite précité a une position orbitale très voisine d'autres satellites géostationnaires, par exemple tels que les satellites TDF 1, OLYMPUS et TV SAT 2 situés à 19° de longitude ouest, l'antenne peut capter les faisceaux de ces divers satellites.

Si l'utilisateur souhaite recevoir des faisceaux d'un autre satellite ayant une position orbitale différente de celle des satellites précités, par exemple localisées en longitude est, le réflecteur de l'antenne de réception doit être tourné pour être pointé vers cet autre satellite. Deux solutions s'imposent : soit l'utilisateur monte sur le toit du pavillon ou de l'immeuble pour positionner manuellement le réflecteur, soit l'antenne doit comprendre des moyens motorisés et télécommandés pour orienter le réflecteur.

La première solution est en pratique très rarement mise en oeuvre par l'utilisateur, compte tenu des difficultés d'accès à l'antenne. Elle exige donc le recours à un installateur spécialisé, et à un nouveau réglage de la position du réflecteur, et par suite est très dissuasive pour l'utilisateur.

La seconde solution est pénalisée par le coût de l'antenne et de son installation, une antenne à réflecteur motorisé nécessitant une infrastructure plus lourde et encombrante.

D'autres antennes sont plates et sont basées sur le principe des lentilles de FRESNEL (DE-A-3 536 348 et DE-A-3 801 301) afin de remédier au coût élevé et à l'aspect inesthétique des antennes paraboliques. Toutefois ces antennes offrent également un unique foyer et donc une unique direction de pointage.

La présente invention vise à remédier aux incon-

vénients des antennes précitées et plus particulièrement à fournir une antenne dont le réflecteur est fixe, c'est-à-dire est pointé une fois pour toutes vers une direction prédéterminée, tout en permettant la réception ou l'émission de plusieurs faisceaux de ou vers des satellites ayant des positions orbitales différentes comprises dans un large angle de balayage.

A cette fin, une antenne pour plusieurs faisceaux de télécommunications, comprenant un réflecteur fixe, un réseau d'éléments annulaires de diffraction, ou une portion dudit réseau, disposé parallèlement au réflecteur, et une tête hyperfréquence en regard du réflecteur,

est caractérisée en ce que le réflecteur et le réseau ont tous deux des surfaces réfléchissantes qui sont concaves et issues de portions de surface sensiblement symétriques par rapport à un axe de symétrie,

ledit réseau de diffraction définit des premier et second foyers symétriques par rapport audit axe de symétrie vers lesquels sont susceptibles de converger des premier et second faisceaux de télécommunications dirigés sensiblement parallèlement à des droites passant par le centre de la surface symétrique et par les second et premier foyers respectivement, et la tête hyperfréquence est positionnée approximativement le long d'une ligne focale sensiblement courbe qui est centrée sur l'axe de symétrie, à un rayon de courbure au moins sensiblement égal à la distance entre ledit centre et chaque foyer et passe par les premier et second foyers.

Grâce à la création de deux foyers de convergence de faisceaux par le réseau de diffraction, l'antenne peut capter plusieurs faisceaux de satellites ayant des positions orbitales complètement différentes. Par exemple, deux têtes hyperfréquence placées respectivement aux deux foyers peuvent recevoir simultanément des faisceaux émis par deux satellites de télécommunication ayant des positions orbitales distantes de plusieurs dizaines de degrés en longitude. L'axe de symétrie de la surface réfléchissante du réflecteur est alors pointé une fois pour toutes, non pas vers l'un des satellites, mais de préférence vers la médiatrice du segment défini par les positions orbitales des deux satellites.

Lorsque l'antenne est du type à illumination décalée, c'est-à-dire du type offset, le réflecteur ne présente pas une symétrie axiale bien qu'il soit issu d'une portion d'une surface symétrique par rapport à un axe de symétrie. Dans ce cas, l'antenne ne comprend qu'une portion du réseau annulaire analogue à celle du réflecteur, et découpée selon le contour du réflecteur.

Le réseau de diffraction est conçu en faisant appel au principe de diffraction des lentilles optiques de FRESNEL, comme on le verra par la suite. Le gain de l'antenne selon l'invention est sensiblement égal à celui d'une antenne classique avec le même réflec-

teur. En effet, les rayons des faisceaux sont pour partie diffractés par le réseau de diffraction, et pour partie réfléchis par les portions annulaires de la surface réfléchissante du réflecteur situées sous des interstices entre les éléments du réseau de diffraction.

Ainsi, le réseau de diffraction peut comprendre un élément central en forme de calotte qui est entouré par les éléments annulaires et qui est sensiblement symétrique par rapport audit axe de symétrie, bien qu'en variante un réseau de diffraction selon l'invention puisse être composé seulement d'éléments annulaires au lieu et place des interstices annulaires entre les éléments du réseau précédent.

Des calculs théoriques montrent que les dimensions du réseau de diffraction dépendent de la longueur d'onde correspondant sensiblement à la fréquence centrale dans une bande de fréquence porteuse de faisceaux de satellites à capter, et que la distance entre la surface réfléchissante du réflecteur et le réseau de diffraction est sensiblement égale au quart de la longueur d'onde correspondant sensiblement à la fréquence centrale de la bande de fréquence porteuse, particulièrement pour un gain donné en diffraction selon une direction d'une longueur d'onde suffisamment courte pour permettre l'utilisation de l'antenne en réflexion à une fréquence plus basse. Toutefois, les mesures pour des antennes selon l'invention ont montré que les dimensions du réseau de diffraction admettent une tolérance relativement large.

De préférence, les largeurs des éléments de réseau diminuent radialement à partir de l'axe de symétrie, et/ou les largeurs des interstices entre les éléments de réseau diminuent radialement à partir de l'axe de symétrie. Les contours d'au moins une partie des éléments de réseau peuvent être alors sensiblement elliptiques, les petits axes des contours étant localisés dans un plan focal contenant les premier et second foyers et l'axe de symétrie. Cependant, les contours d'au moins une partie des éléments de réseau peuvent être circulaires et concentriques, notamment lorsque les premier et second foyers sont relativement proches de l'axe de symétrie du réflecteur.

De préférence, la surface symétrique dont est issu le réflecteur est un paraboloïde, par exemple de révolution ou elliptique, bien que la surface réfléchissante du réflecteur puisse être de toute autre forme concave connue à symétrie axiale.

Afin de montrer la faisabilité de la fabrication de l'antenne, particulièrement lorsque le réflecteur est d'un type répandu, tel que réflecteur parabolique, le réseau de diffraction est obtenu par découpage dans un second réflecteur identique audit réflecteur de l'antenne, que le réflecteur soit à symétrie de révolution, ou à illumination décalée (offset) notamment.

Pour diminuer le coût de fabrication de l'antenne, il peut être mis en oeuvre des techniques d'emboutissage, ou d'impression ou de dépôt métallique sur un

matériau diélectrique usiné ou moulé, ou des techniques d'implantation de couches minces dans un matériau diélectrique.

De manière à augmenter considérablement le rendement de l'antenne, une antenne selon l'invention comprend plusieurs réseaux différents d'éléments annulaires de diffraction qui sont superposés parallèlement devant le réflecteur. Les éléments annulaires des réseaux sont alors réunis en des groupes, à raison d'un élément de chaque réseau par groupe, les éléments annulaires de chaque groupe ayant des bords extérieurs sensiblement superposés perpendiculairement au réflecteur et ayant des bords intérieurs formant des marches d'escalier du réflecteur.

Une telle antenne à plusieurs réseaux de diffraction est d'autant plus efficace que les règles de dimension suivantes sont respectées :

- les largeurs des éléments annulaires dans chacun des groupes décroissent arithmétiquement à partir du réflecteur avec une raison sensiblement égale à la largeur de l'élément du groupe le plus éloigné du réflecteur.
- la distance entre le réflecteur et le réseau immédiatement voisin et les distances entre deux réseaux voisins sont sensiblement égales à  $\lambda/(2.m)$ , où  $\lambda$  est une longueur d'onde correspondant sensiblement à une fréquence de préférence dans une bande de fréquence porteuse des faisceaux de télécommunications et  $m-1$  désigne le nombre de réseaux de diffraction.

L'invention envisage diverses solutions pour capter plusieurs faisceaux de satellite avec un même réflecteur fixe muni d'un ou plusieurs réseaux de diffraction.

Selon une première réalisation, l'antenne possède plusieurs têtes hyperfréquence qui sont fixées le long de la ligne focale passant par les deux foyers, après réglage de leur orientation. Par exemple, pour une antenne de réception pour satellite, plusieurs premières têtes sont fixées au voisinage, c'est-à-dire à quelques centimètres au plus, de l'un des foyers pour respectivement capter des faisceaux émis de satellites ayant des positions orbitales en longitude sensiblement égales; et/ou plusieurs secondes têtes sont fixées à proximité, c'est-à-dire à quelques ou plusieurs dizaines de centimètres, de l'un des foyers pour respectivement capter des faisceaux émis de satellites ayant des positions orbitales distantes en longitude de plusieurs degrés ou dizaines de degré.

Les têtes sont positionnées de manière à capter un maximum des rayonnements des satellites respectivement. A cette fin, sont prévus des moyens, de préférence motorisés, pour régler et fixer les positions et orientations des têtes de réception. Ces moyens autorisent divers déplacements des têtes, de préférence sensiblement dans le plan focal et le long de la ligne focale. Ainsi, les moyens de réglage et de

fixation des têtes peuvent comprendre des moyens pour translater individuellement les têtes sensiblement suivant une direction parallèle à la droite passant par les foyers, et/ou des moyens pour tourner individuellement les têtes autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de symétrie et notamment au plan focal, et/ou des moyens pour translater individuellement les têtes suivant une direction sensiblement convergeant vers le centre du réflecteur.

Selon une seconde réalisation, l'antenne ne comprend qu'une seule tête hyperfréquence qui est mobile et de préférence à multipolarisation afin de s'adapter aux diverses directions et polarisations des faisceaux de télécommunications. Des moyens de préférence motorisés sont alors fixés à la structure porteuse du réflecteur pour déplacer la tête au moins sensiblement le long de ladite ligne focale. Les moyens pour déplacer la tête peuvent comprendre un bras traversant une région centrale de l'antenne et ayant une première extrémité supportant ladite tête, et une seconde extrémité montée au moins à rotation autour d'un axe sensiblement perpendiculaire au plan focal.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de plusieurs réalisations préférées de l'antenne selon l'invention en référence aux dessins annexés correspondants dans lesquels :

- les figures 1 et 2 sont des vues en coupe axiale et de face d'une lentille plate de FRESNEL à réseau de diffraction circulaire, respectivement;
- les figures 3 et 4 sont des vues en coupe axiale et de face d'une lentille plate de FRESNEL à réseau de diffraction elliptique;
- la figure 5 est une coupe focale schématique d'une antenne parabolique à un réseau de diffraction et plusieurs têtes hyperfréquence selon une première réalisation de l'invention;
- la figure 6 est une vue de dessus de l'antenne de la figure 5, les têtes hyperfréquence étant omises; et
- la figure 7 est une coupe focale schématique d'une antenne parabolique à plusieurs réseaux de diffraction superposés selon une seconde réalisation de l'invention;
- la figure 8 est une vue de dessus partielle de l'antenne de la figure 7; et
- la figure 9 est une vue schématique en coupe focale d'une antenne à un réseau de diffraction et unique tête mobile selon l'invention.

Il est rappelé ci-après les propriétés de focalisation d'une lentille plate à anneaux de diffraction inventée par le physicien Charles FRESNEL.

Comme montrée aux figures 1 et 2, la lentille plate  $LP_a$  comprend plusieurs anneaux concentriques en matériau opaque  $AO_a$  qui sont concentriques à un centre commun  $C_a$ . Les anneaux opaques sont fixés sur un film ou plaque transparent et sont ainsi alter-

nés avec des anneaux transparents  $AT_a$ . Par exemple, les anneaux opaques sont au nombre de quatre.

Un faisceau incident  $FI_a$  collimaté perpendiculairement à la lentille plate  $LP_a$  est diffracté à travers les anneaux transparents  $AT_a$ . Selon FRESNEL, le faisceau résultant diffracté  $FD_a$  est focalisé en un foyer  $F_a$  situé le long de l'axe principal  $O_a - O_a$  de la lentille  $LP_a$  et à une distance focale  $DF_a$  du centre  $C_a$  de la lentille lorsque le retard de marche entre deux rayons du faisceau diffracté issus des bords extérieur et intérieur d'un anneau opaque est égal à la demi-longueur d'onde  $\lambda/2$  de l'onde électromagnétique du faisceau incident.

D'après la figure 2, les rayons  $R_n$  et  $R_{n+1}$  des bords circulaires intérieur et extérieur du  $(n+1)/2$ ème anneau opaque  $AO_a$ , où  $n$  est entier croissant à partir de 1, sont :

$$R_n = [n \cdot \lambda \cdot DF_a + (n \cdot \lambda/2)^2]^{1/2}$$

$$R_{n+1} = [(n+1) \cdot \lambda \cdot DF_a + ((n+1) \cdot \lambda/2)^2]^{1/2}$$

Il apparaît, en calculant la différence  $R_{n+1} - R_n$  en fonction de l'entier  $n$ , que les anneaux transparents  $AT_a$  et opaques  $AO_a$  ont des largeurs qui décroissent en s'éloignant du centre  $C_a$ .

Lorsqu'un faisceau incident collimaté  $FI_b$  est émis suivant une direction d'incidence qui n'est pas perpendiculaire à la lentille, et qui définit un angle d'incidence  $i$  par rapport à l'axe  $O_b - O_b$  de la lentille, le principe de la focalisation du faisceau diffracté résultant de la diffraction du faisceau  $FI_b$  par une lentille plate à anneaux  $LP_b$  est encore applicable. La lentille  $LP_b$  et la diffraction correspondante sont montrées aux figures 3 et 4.

Comparativement au foyer  $F_a$ , le foyer  $F_b$  de la lentille  $LP_b$  est décalé par rapport à l'axe principal  $O_b - O_b$  de la lentille, et est plus proche du centre de la lentille, et est situé sur le rayon incident passant par le centre  $C_b$  de la lentille  $LP_b$ . Les anneaux opaques  $AO_b$  et anneaux transparents  $AT_b$  de la lentille  $LP_b$  ne sont plus circulaires et concentriques, mais sont des anneaux elliptiques qui sont excentrés les uns par rapport aux autres et par rapport à l'axe principal de la lentille. Les grands axes des anneaux sont colinéaires entre eux et perpendiculaires à l'axe principal de la lentille et situés dans le plan focal  $F_b - O_b - O_b$ .

De telles lentilles  $LP_a$  et  $LP_b$  sont utilisables pour des faisceaux lumineux ayant une incidence prédéterminée par rapport au plan de la lentille. Lorsque le faisceau incident  $FI_a$ ,  $FI_b$  est une onde hyperfréquence (ou micro-onde), tel qu'un faisceau émis par un satellite à une fréquence de plusieurs gigahertz, les anneaux opaques  $AO_a$ ,  $AO_b$  sont en matériau conducteur, c'est-à-dire métalliques.

La demande de brevet allemand DE-A-3 801 301 préconise une antenne plaque ayant un réflecteur plan métallique devant lequel est disposé un ensemble plan d'anneaux métalliques circulaires et concentriques, comme les anneaux opaques  $AO_a$  de la len-

tille de FRESNEL  $LP_a$ , destiné à recevoir des microondes, particulièrement des ondes millimétriques. Un faisceau microonde incident dirigé perpendiculairement à l'antenne est alors diffracté et réfléchi pour être focalisé en un unique foyer situé à la verticale du centre des anneaux et face à ceux-ci, c'est-à-dire situé à droite de la lentille  $LP_a$  dans la figure 1. Les anneaux métalliques peuvent reposer sur un matériau homogène fixé sur le réflecteur, afin que la distance entre le réflecteur et les anneaux circulaires soient égales à un quart de longueur d'onde approximativement.

Afin également de remédier aux inconvénients des réflecteurs paraboliques, notamment en matière de coût et d'esthétique, la demande de brevet allemand DE-A-3 536 348 divulgue une antenne plane fondée sur la seconde lentille de FRESNEL  $LP_b$ . Cette antenne possède donc un réflecteur plan métallique et un ensemble plan d'anneaux métalliques elliptiques.

En terme de puissance reçue, lorsqu'un moyen de réception hyperfréquence est placé au foyer unique de l'antenne plaque, celle-ci a un rendement approximativement égal à la moitié d'une antenne de réception ayant la même surface.

Comme déjà dit, l'invention applique dans l'espace tridimensionnel le principe de diffraction des lentilles de FRESNEL, et conjugue ce principe aux propriétés de réflexion et de symétrie d'une antenne à symétrie axiale, du type par exemple à réflecteur parabolique, auquel on se référera ci-après.

La description ci-après considère des antennes de réception munies d'une ou plusieurs têtes de réception, bien que les combinaisons de réflecteur et réseau(x) de diffraction selon l'invention peuvent également servir d'antennes d'émission munies d'une ou plusieurs têtes d'émission.

Comme illustré aux figures 5 et 6, une antenne 1 selon une première réalisation de l'invention comprend essentiellement un réflecteur 2 et un réseau de diffraction annulaire 3 offrant tous les deux des surfaces réfléchissantes concaves parallèles, par exemple des surfaces paraboloidales.

Afin de fixer les idées, des dimensions d'une antenne 1 sont indiquées ci-après à titre d'exemple non limitatif. En particulier, les dimensions du réseau de diffraction 3 sont indiquées par rapport à des coordonnées dans un repère triaxial orthonormé  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ .  $O$  est le centre du réseau, très voisin de celui du réflecteur, et plus précisément le centre d'une surface concave paraboloidale dont est issu le réseau, et  $Oz$  désigne l'axe de symétrie de ladite surface et ici du réseau et du réflecteur.

Le réflecteur 2 est classique et est constitué par une calotte paraboloidale qui est ici de révolution et qui est fabriquée par exemple en métal déployé tel qu'aluminium. Le réflecteur a une épaisseur de 1,2 mm, un rayon  $R_2$  de 437 mm et une hauteur  $H_2$  de

163,5 mm. Le réflecteur est supporté par une structure porteuse classique (non représentée), telle que mât et/ou réseau d'armatures, et est fixé par exemple sur le toit d'une maison individuelle.

Selon la réalisation illustrée aux figures 5 et 6, le réseau de diffraction 3 est composé d'une calotte paraboloidale  $3_0$ , et de plusieurs anneaux paraboloidaux  $3_1$  à  $3_4$ , ici au nombre de quatre. Toutefois, selon une autre réalisation, le réseau de diffraction est composé seulement d'éléments annulaires au lieu et place des interstices annulaires entre les éléments  $3_0$  à  $3_4$  du réseau illustré 3, d'une manière analogue à la répartition des anneaux opaques  $AO_a$ ,  $AO_b$  des lentilles  $LP_a$ ,  $LP_b$ .

Par exemple, le réseau 3 est obtenu à partir d'un second réflecteur qui est identique au réflecteur 2 et dans lequel la calotte et les anneaux sont découpés selon les dimensions ci-après indiquées. Le réseau 3 est fixé parallèlement à et sur la surface concave réfléchissante du réflecteur 2 au moyen de cales diélectriques 31 interposées entre le réflecteur 2 et le réseau 3 et collées à ceux-ci. Les cales 31 sont en matériau isolant électriquement et léger, par exemple en polystyrène. L'épaisseur des cales est sensiblement inférieure au quart de la longueur d'onde  $\lambda$ , typiquement égale à  $25/4 - 1,2 \approx 5$  mm, afin que la distance entre les surfaces concaves du réflecteur 1 et du réseau 3 soit sensiblement égale à  $\lambda/4$ .

La longueur d'onde  $\lambda$  de l'ordre de 2,5 cm correspond à la longueur d'onde moyenne de faisceaux hyperfréquence à capter par l'antenne et émis par des satellites géostationnaires. Par exemple, l'antenne 1 est destinée initialement à capter deux faisceaux électromagnétiques de télécommunications  $FS_1$  et  $FS_2$  d'un premier satellite  $ST_1$ , tel que le satellite TDF 1 (ou OLYMPUS, ou TV SAT 2) situé à  $19^\circ$  de longitude ouest, et d'un second satellite  $ST_2$ , tel que le satellite ASTRA 1 situé à  $19^\circ$  de longitude est. Ces deux satellites sont vus de Paris, où par exemple est située l'antenne 1, sous un angle  $2\alpha = 42^\circ$ , et émettent respectivement dans des bandes de fréquence 11,7 à 12,5 GHz et 10,95 à 11,7 GHz, si bien que la longueur d'onde moyenne correspond sensiblement à 12 GHz.

Le paraboloidale dans lequel est découpé le réseau de diffraction 3 a pour équation :

$$x^2 + y^2 = 2pz$$

où  $p = R_2^2/(2H_2) = 58,4$  cm est le paramètre du paraboloidale, c'est-à-dire de la parabole  $y^2 = 2pz$  dans le plan  $yOz$  montré à la figure 5, et égal à la distance focale  $OF$ .

En référence à nouveau à la figure 3, il a été montré qu'un faisceau  $FI_b$  ayant un angle d'incidence  $i$  par rapport à la lentille plate  $LP_b$  était focalisé en un foyer  $F_b$  décalé par rapport à l'axe  $O_b-O_b$  de la lentille. Grâce à la symétrie de paraboloidale de l'antenne 1, il existe deux foyers  $F_1$  et  $F_2$  qui sont symétriques par rapport à l'axe  $Oz$  et où peuvent être focalisés deux faisceaux de télécommunications  $FS_1$  et  $FS_2$  émis par

deux satellites, dans la mesure où l'axe Oz de l'antenne 1 est sensiblement colinéaire à la bissectrice de l'angle de visée  $2\alpha$  des deux satellites. Ainsi, contrairement à la technique antérieure, l'antenne 1 n'est pas orientée vers l'un des satellites dont les émissions sont à capter, et peut recevoir simultanément des faisceaux émis par au moins deux satellites, bien que le réflecteur soit immobile sur la terre, par exemple sur le toit d'une maison. Dans ces conditions, deux foyers symétriques  $F_1$  et  $F_2$  sont recherchés sur des demi-droites coplanaires  $OF_1$  et  $OF_2$  dirigées vers les satellites  $ST_2$  et  $ST_1$  respectivement.

En effet, un rayon incident provenant du satellite  $ST_1$  et appartenant au faisceau  $FS_1$  passera par le foyer  $F_2$  et sera réfléchi par le centre O de la calotte  $3_0$  en un rayon réfléchi passant par le foyer  $F_1$ , comme montré à la figure 5, et inversement pour un rayon incident du faisceau  $FS_2$  passant par le foyer  $F_1$  et réfléchi en un rayon issu du centre O et passant par le foyer  $F_2$ . Il est à noter qu'en vertu de la réciprocité entre anneaux transparents et anneaux opaques dans une lentille de FRESNEL, une série d'anneaux transparents peut être remplacée par une série d'anneaux réfléchissants, comme déjà signalé. En particulier, la calotte paraboloidale centrale  $3_0$  peut être préférée à un trou central "transparent" dans le réseau de diffraction de manière à augmenter sensiblement le rendement de l'antenne.

En outre, la position en hauteur  $z_F$  des foyers  $F_1$  et  $F_2$  au-dessus du réflecteur doit être optimisée afin que les cônes d'ouverture d'angle  $\beta$  de têtes de réception hyperfréquence  $4_1$  et  $4_2$  placées en ces foyers contiennent l'ensemble du réflecteur. Comme il est connu, ces têtes hyperfréquence sont sous la forme d'un boîtier contenant une source de gain donné alimentant un amplificateur suivi d'un convertisseur de fréquence qui convertit le signal modulé en fréquence dans la bande des 12 GHz (ondes centimétriques) en une première fréquence intermédiaire de l'ordre de 1 à 2 GHz. Ces têtes sont reliées par lignes de transmission, telles que guides d'ondes souples classiques (câbles coaxiaux), et câbles d'alimentation  $41_1$  et  $42_2$  à un terminal de traitement des signaux reçus. Dans le terminal, un commutateur de signaux hyperfréquence transpose à nouveau en fréquence en bande de base et sélectionne les signaux reçus avant de les appliquer par exemple à un récepteur de signaux de télévision. Les têtes  $4_1$  et  $4_2$  sont fixées sur un support, tel que portique 5, qui est solidaire de la structure porteuse (non représentée) du réflecteur, et qui sera décrit ultérieurement suivant plusieurs variantes.

Les deux conditions précédentes pour la position des foyers  $F_1$  et  $F_2$  sont traduites par les relations :

$$\operatorname{tg} \alpha = y_F / z_F$$

$$\operatorname{tg} \beta = 2R_2(z_F - H_2) / [(z_F - H_2)^2 - (R_2^2 - y_F^2)]$$

où  $(-y_F, z_F)$  et  $(y_F, z_F)$  sont les coordonnées des foyers  $F_1$  et  $F_2$  dans le plan focal yOz. Selon les dimensions de l'antenne précédente, on trouve pour  $\alpha$

$$= 21^\circ \text{ et } \beta = 58^\circ,$$

$$y_F = 21,8 \text{ cm et } z_F = 56,8 \text{ cm} < p.$$

En considérant l'un des deux faisceaux symétriques  $FS_1$  et  $FS_2$ , tel que le faisceau  $FS_1$  dont quelques rayons sont dessinés dans la figure 5 afin de ne pas surcharger celle-ci, ces rayons issus d'un "plan" d'onde donné P sont focalisés par réflexion au foyer  $F_1$  si les conditions de diffraction sur les bords des éléments du réseau 3 sont satisfaites. Par exemple, relativement aux bords de calotte et d'anneau de la moitié du réseau situé à droite de l'axe de symétrie Oz dans la figure 5 ayant pour coordonnées  $b_1$  à  $b_9$ , où  $b_n$  avec n un entier impair désigne un bord extérieur de calotte ou d'anneau et,  $b_n$  avec n pair désigne un bord intérieur d'anneau, les retards de marche sont les suivants :

$$d_0' + d_0 = d_1' + d_1 + \lambda/2 = d_n' + d_n + n\lambda/2.$$

Les distances  $d_n'$  et  $d_n$  désignent la longueur du rayon issu du plan P au bord de coordonnée  $y_n = b_n$  et la longueur de rayon de ce bord au foyer  $F_1$ , les distances  $d_0'$  et  $d_0$  concernant la réflexion au centre O de la calotte  $3_0$ .

Des relations analogues aux précédentes sont également satisfaites pour les rayons réfléchis par le réflecteur 2 passant dans des interstices entre les éléments  $3_0$  à  $3_4$  du réseau, puisque l'écart entre le réseau et le réflecteur est égal à  $(\lambda/2)/2 = \lambda/4$ .

En supposant un plan d'onde P passant par le foyer  $F_2$ , chacune des relations suivantes

$$d_0' + d_0 = d_n' + d_n + n\lambda/2$$

se réduit, au moyen de relations géométriques simples, à :

$$2(y_F + z_F)^{1/2} = d_n'(y_n, z_n) + d_n(y_n, z_n) + n\lambda/2$$

$$\text{où } y_n = b_n \text{ et } z_n = b_n^2/(2p), \text{ et } d_n' \text{ et } d_n \text{ sont indiquées ci-après pour } x_n = 0.$$

Les calculs de ces relations donnent les coordonnées en y des bords des éléments du réseau de diffraction 3 :

$$b_1 = 12,01 \text{ cm}$$

$$b_2 = 17,08 \text{ cm}$$

$$b_3 = 21,03 \text{ cm}$$

$$b_4 = 24,41 \text{ cm}$$

$$b_5 = 27,44 \text{ cm}$$

$$b_6 = 30,22 \text{ cm}$$

$$b_7 = 32,81 \text{ cm}$$

$$b_8 = 35,26 \text{ cm}$$

$$b_9 = 37,60 \text{ cm}$$

On constate que les largeurs  $b_1, b_3 - b_2$  à  $b_9 - b_8$  des éléments métalliques du réseau 3, comme les largeurs des interstices entre ces éléments le long de l'axe Oy, diminuent à partir du centre O vers la périphérie du réflecteur.

Pour déterminer complètement les contours des bords des éléments  $3_0$  à  $3_4$  du réseau de diffraction, on recherche pour chaque bord de coordonnée  $b_n$  en y, l'ensemble des rayons issus d'un plan d'onde perpendiculaire au faisceau  $FS_1$ , tel qu'un plan P( $F_2$ ) passant par le foyer  $F_2$ , qui satisfait la relation :

$d_o + d_o' = d_n + d_n' + n(\lambda/2)$   
et plus précisément les coordonnées  $x_n$ ,  $y_n$  et  $z_n$  des points N qui satisfont cette relation et qui sont sur le paraboloïde du réseau 3 ayant pour équation :

$$x_n^2 + y_n^2 = 2 p z_n$$

Le plan  $P(F_2)$  passant par le foyer  $F_2$  ( $O$ ,  $y_F$ ,  $z_F$ ) a pour équation dans le repère ( $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ ) :

$$y \sin \alpha + z \cos \alpha - (y_F \sin \alpha + z_F \cos \alpha) = 0,$$

soit :

$$y (y_F/z_F) + z - (y_F^2/z_F + z_F) = 0$$

La distance  $d_n'$  du point N ( $x_n$ ,  $y_n$ ,  $z_n$ ) au plan  $P(F_2)$  est :

$$d_n' = [y_n(y_F/z_F) + z_n + (y_F^2/z_F + z_F)] / [(y_F/z_F)^2 + 1]^{1/2}$$

et la distance  $d_n$  du point N au foyer  $F_1$  ( $O$ ,  $-y_F$ ,  $z_F$ ) est :

$$d_n = [x_n^2 + (y_n + y_F)^2 + (z_n - z_F)^2]^{1/2}$$

Sachant que  $b_n^2 = 2p z_n$ , on en déduit de l'équation précédente, les coordonnées  $x_n$  et  $y_n$  des points N qui sont situés sur une ellipse qui est perpendiculaire à  $Oz$  et centrée sur celui-ci et dont le petit axe  $2b_n$  est dans le plan focal  $F_1OF_2$  et dont le grand axe  $2a_n$  est perpendiculaire au plan focal. Les valeurs de  $a_n$  relatives à l'axe  $Ox$  (figure 6) pour les bords des éléments du réseau selon l'exemple considéré sont :

- $a_1 = 12,8$  cm
- $a_2 = 18,2$  cm
- $a_3 = 22,44$  cm
- $a_4 = 26,09$  cm
- $a_5 = 29,39$  cm
- $a_6 = 32,46$  cm
- $a_7 = 35,34$  cm
- $a_8 = 38,10$  cm
- $a_9 = 40,77$  cm

Comme les largeurs des éléments métalliques du réseau suivant l'axe  $Oy$ , les largeurs de ceux-ci suivant l'axe  $Ox$  ainsi que les largeurs des interstices annulaires entre les éléments suivant l'axe  $Ox$  diminuent à partir du centre 0 vers la périphérie du réflecteur. Les largeurs des éléments et des interstices suivant les grands axes  $2a_1$  à  $2a_9$  sont sensiblement plus grandes que les largeurs des éléments et des interstices suivant les petits axes  $2b_1$  à  $2b_9$ . En d'autres termes, les excentricités des bords elliptiques des éléments  $3_0$  à  $3_4$  du réseau de diffraction croissent sensiblement en s'éloignant vers la périphérie.

Les excentricités, selon l'exemple considéré, varient de quatre centièmes, ce qui permet en pratique d'obtenir de bons résultats en terme de rendement de l'antenne lorsque les contours elliptiques de chacun des anneaux  $3_1$  à  $3_4$  sont parallèles, et donc lorsque la largeur de chaque anneau est constante et égale à la différence correspondante :

$$b_{n+1} - b_n, \text{ soit } a_{n+1} = a_n + b_{n+1} - b_n$$

Ceci facilite la fabrication des anneaux qui peuvent être approximés à des surfaces coniques puisque le paramètre  $p$  du paraboloïde du réflecteur est ici grand.

Le réseau de diffraction tel que décrit ci-dessus

et illustré aux figures 5 et 6 satisfait en première approximation les relations

$$d_o' + d_o = d_n' + d_n + n\lambda/2,$$

puisque relativement au bords situés de l'autre côté de l'axe  $Oz$  dans la figure 5, les retards de marche sont les suivants :

$$d_o' + d_o = d_n' + d_n - n\lambda/2,$$

ce qui pourrait imposer une sensible dissymétrie des éléments du réseau dans le plan focal  $yOz$ , celle-ci ayant été supprimée pour simplifier la fabrication du réseau.

Ainsi, plus généralement, l'invention a trait à une antenne dont les éléments de réseau de diffraction satisfait à la relation de différence de marche suivante :

$$(d_o' + d_o) = (d_n' + d_n) \pm n\lambda/m,$$

où  $m$  est de préférence un entier, bien qu'il puisse être un nombre quelconque.

Lorsque  $m=2$ , l'antenne est du type tel que défini ci-dessus en référence aux figures 5 et 6.

Selon un autre exemple montré aux figures 7 et 8, l'antenne comprend  $m-1=3$  réseaux de diffraction  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_{m-1} = R_3$  qui sont disposés parallèlement au réflecteur 2, ici sensiblement paraboloïdal, et qui sont distants deux-à-deux entre eux de  $\lambda/(2m) = \lambda/8$ . Les réseaux  $R_1$  à  $R_{m-1} = R_3$  présentent des bords extérieurs principaux de diffraction  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3, \dots, B_n$  d'anneaux circulaires, ou bien d'anneaux elliptiques, qui sont sensiblement superposés perpendiculairement au réflecteur et plus particulièrement en direction d'un foyer  $F_1$ ,  $F_2$  à l'opposé par rapport à l'axe central  $Oz$ , de sorte que des retards de marche  $d_{n-1}' + d_{n-1}$  et  $d_n' + d_n$  d'un bord  $B_{n-1}$  au suivant  $B_n$  diffèrent sensiblement d'une longueur d'onde  $\lambda$ .

A des fins de simplification des dessins, il est supposé dans la figure 7 que les foyers  $F_1$  et  $F_2$  sont confondus en un foyer  $FO$  sur la ligne focale  $LF$  et l'axe  $Oz$ , vers lequel converge un faisceau électromagnétique diffracté par les réseaux. A partir d'un bord principal extérieur  $B_{n-1}$ , les réseaux  $R_1$  à  $R_{m-1} = R_3$ , selon le rang croissant 1 à  $m-1$  de ceux-ci à partir du réflecteur 2, comprennent un groupe d'anneaux superposés dont les bords intérieurs s'éloignent en "marche d'escalier" de l'axe central  $Oz$  et qui correspondent à des retards de marche de  $((n-1)m+1)\lambda/m$ ,  $((n-1)m+2)\lambda/m$ , ...  $((n-1)m+m-1)\lambda/m = (nm-1)\lambda/m$  relativement à des rayons diffractés vers le foyer  $FO$ . En d'autres termes, les largeurs des anneaux des réseaux  $R_1$  à  $R_{m-1} = R_3$  qui sont superposés et regroupés au niveau d'un bord externe "commun"  $B_n$  décroissent arithmétiquement d'un anneau au suivant avec une raison sensiblement égale à la largeur de l'anneau du réseau supérieur  $R_{m-1}=R_3$ . Ainsi par exemple pour  $m = 4$  et au niveau d'un même bord extérieur  $B_n$ , l'anneau du second réseau  $R_2$  a une largeur  $2w$  sensiblement égale au deux tiers de la largeur  $3w$  de l'anneau du premier réseau  $R_1$  juste au-

dessus du réflecteur 2 et recouvre sensiblement les deux-tiers de cet anneau du réseau  $R_1$  à partir du bord  $B_n$ , d'une part, et a une largeur sensiblement égale au tiers de la largeur  $w$  de l'anneau du troisième réseau  $R_3$  et est recouvert sensiblement par le tiers de cet anneau du réseau  $R_3$  à partir du bord  $B_n$ , d'autre part ; les bords intérieurs des anneaux précités des réseaux  $R_1$  à  $R_3$  sont séparés du bord principal  $B_{n-1}$  par des interstices annulaires ayant sensiblement des largeurs  $w$ ,  $2w$  et  $3w$ .

La superposition des réseaux  $R_1$  à  $R_3$  peut être obtenue au moyen de jeux de cales diélectriques annulaires  $D_1$ ,  $D_2$  et  $D_3$  ayant une épaisseur sensiblement inférieure ou égale à  $\lambda/(2m) = \lambda/8$  et ayant des largeurs respectivement égales ou inférieures aux anneaux des réseaux, comme montrées à la figure 7.

Selon une autre variante, une couche continue homogène en diélectrique peut recouvrir le réflecteur 2 selon les variantes montrées aux figures 5 et 7 afin de supporter le réseau 3, respectivement le réseau  $R_1$ ; de même, dans l'antenne du type de la figure 7, les jeux d'anneaux diélectriques peuvent être remplacés par des couches diélectriques continues superposées avec les réseaux.

Divers procédés de fabrication d'une antenne selon l'invention comprenant 1 ou  $m-1$  réseaux de diffraction sont énoncés ci-après brièvement.

Lorsque l'antenne comprend des couches ou cales diélectriques entre les surfaces desquelles s'étendent les réseaux et le réflecteur, les réseaux peuvent être réalisés sous la forme de couches métalliques annulaires imprimées ou déposés par tout procédé connu sur des couches diélectriques superposées et collées, ou bien imprimées ou déposées sur une couche diélectrique unique usinée ou moulée en marches d'escalier ; ou bien chaque anneau est réalisé sous forme de fils métalliques concentriques et séparés les uns des autres d'une distance faible par rapport à la longueur d'onde et solidaires ou intégrés dans un matériau diélectrique de préférence transparent ; ou bien encore les réseaux sont réalisés selon la technique de couches minces dite également multicouche. Le matériau diélectrique peut être partiellement ou totalement opaque tel que polystyrène, ou transparent tel que verre. Les contre-marches, sensiblement d'épaisseur  $\lambda/(2m)$ , peuvent être revêtues d'une couche métallique, ou bien d'une couche absorbante anti-réflexion d'ondes électromagnétiques afin d'éviter toute réflexion parasite indésirable.

Selon d'autres variantes le profil continu des réseaux de diffraction et du réflecteur en marche d'escalier suivant la coupe montrée à la figure 7 est obtenue par emboutissage d'une plaque métallique homogène ou perforée, ou bien en métal déployé, qui constitue à elle-seule à la fois le réflecteur et les réseaux de diffraction. Quelle que soit la variante de fabrication, l'antenne peut résulter de l'assemblage de deux, trois, quatre ou plus secteurs sensiblement curvili-

gnes identiques, suite à une division radiale régulière en vue de dessus de l'antenne montrée à la figure 6 ou 8, ou de "pétales" sensiblement curvilignes ayant des contours sensiblement rectangulaires et assemblés suivant des côtés parallèles aux axes  $Ox$  et  $Oy$ .

Bien qu'une antenne à réflecteur paraboloidal de révolution, c'est-à-dire ayant des sections droites circulaires perpendiculaires à l'axe  $Oz$ , ait été décrite ci-dessus à titre d'exemple, l'invention s'applique également à des antennes ayant un réflecteur paraboloidal elliptique, et plus généralement à toute antenne qui comporte un réflecteur à surface réfléchissante concave offrant un axe de symétrie dans un plan focal,

En variante, le réflecteur peut être constitué par une portion d'une telle surface réfléchissante de manière à constituer une antenne du type à source décentrée, dite également source offset. Dans ce cas, le réseau de diffraction ou l'ensemble des réseaux de diffraction est découpé dans une seconde portion identique à la portion de surface réfléchissante du réflecteur, suivant le contour du réflecteur offset, et certains éléments du ou de chaque réseau, notamment périphériques, ne peuvent être que des secteurs annulaires.

Comme déjà dit, les têtes hyperfréquence  $4_1$  et  $4_2$  sont supportées par exemple par un portique mince 5 en matériau léger, placé devant le réflecteur 2. Le portique comprend essentiellement, comme montré à la figure 5, une poutre 51 disposée perpendiculairement à l'axe  $Oz$  et située dans le plan focal  $F1 - O - F2$ , ainsi que deux montants 52 sensiblement parallèles à l'axe  $Oz$  et reliant les extrémités de la poutre à des extrémités périphériques de la structure porteuse (non représentée) du réflecteur. La poutre et les montants peuvent être des tubes en alliage léger dans lesquels cheminent les câbles  $41_1$  et  $41_2$  en direction du terminal de réception.

La même antenne 1 selon l'invention, c'est-à-dire la même combinaison du réflecteur 2 et du réseau de diffraction 3 ou de l'ensemble de réseaux de diffraction  $R_1$  à  $R_{m-1}$ , accepte naturellement des positions des têtes de réception au voisinage des foyers  $F_1$  et  $F_2$  pour capter des faisceaux de satellites ayant des positions orbitales voisines et correspondant ainsi à des angles de visée  $\alpha$  sensiblement égaux.

L'expérience a montré également que la même antenne 1 est utilisable pour capter des faisceaux provenant de satellites associés à des angles de visée qui diffèrent de plusieurs degrés de l'angle  $\alpha$ , c'est-à-dire à des directions de rayonnement qui sont très différentes des directions  $OF_1$  et  $OF_2$ . En effet, par exemple un faisceau provenant de la droite dans la figure 5, comme le faisceau  $FS1$ , mais associé à un angle de visée par rapport à l'axe  $Oy$  qui est encore plus faible, sera capté avec un rendement acceptable lorsqu'une tête de réception est placée entre le foyer  $F_1$  et l'axe  $Oz$ . Des mesures ont montré que les têtes



de réception doivent être sensiblement centrées sur une ligne courbe focale LF symétrique par rapport à l'axe Oz, passant par les foyers  $F_1$  et  $F_2$ , et ayant le rayon de courbure plus grand que la distance entre le centre du réflecteur et un foyer  $F_1$ ,  $F_2$ ; toutefois, en pratique, la ligne focale LF peut être approximativement définie par un arc de cercle ayant pour centre le centre du réflecteur ou le centre O du ou des réseaux de diffraction et un rayon de l'ordre de  $OF_1$  à  $(2 \cdot OF_1)$ . Dans ces conditions, la poutre 51 est de préférence sensiblement courbe suivant la ligne focale LF.

D'une part, la poutre 51 supporte ainsi plusieurs premières têtes de réception, telles que des têtes 4<sub>1</sub>, 4<sub>3</sub> et 4<sub>4</sub>, qui sont fixées au voisinage de l'un  $F_1$  des foyers pour capter respectivement des faisceaux de satellites provenant de la droite de l'axe Oz. Par exemple, à côté de la tête 4<sub>1</sub> assignée au satellite TDF 1 sont disposées deux autres premières têtes 4<sub>3</sub> et 4<sub>4</sub> assignées aux satellites OLYMPUS et TV SAT 2 situés à 19° de longitude ouest.

D'autre part, la poutre 51 supporte également plusieurs secondes têtes de réception, telles que les têtes 4<sub>5</sub>, 4<sub>6</sub> et 4<sub>7</sub>, qui sont fixées à proximité des foyers  $F_1$  et  $F_2$  par rapport à l'axe Oz de l'antenne pour capter respectivement des faisceaux provenant de satellites ayant des directions orbitales, vues de l'antenne, qui diffèrent nettement de  $OF_2$  et  $OF_1$ . Par exemple, à proximité du foyer  $F_2$  où est positionnée la tête 4<sub>2</sub> attribuée au satellite ASTRA 1 à 19° de longitude est, sont positionnées une seconde tête 4<sub>5</sub> assignée à la réception du faisceau du satellite EUTELSAT 1 F1 situé à 16° de longitude est, et une autre seconde tête 4<sub>6</sub> assignée à la réception du faisceau du satellite KOPERNIKUS 1 situé à 23,5° de longitude est. Selon un autre exemple, une autre seconde tête de réception 4<sub>7</sub> est positionnée à proximité du foyer  $F_1$  pour capter le faisceau émis par le satellite TELECOM 1A ayant une position orbitale de 8° de longitude ouest.

Ces diverses têtes de réception 4<sub>1</sub> à 4<sub>7</sub> sont reliées par câbles 41<sub>1</sub> à 41<sub>7</sub> cheminant à travers le portique 5 au commutateur de signaux hyperfréquence du terminal de traitement de signaux reçus associé à l'antenne 1. Ces têtes peuvent être de divers types connus et sont en conformité avec la polarisation rectiligne, circulaire ou elliptique des faisceaux hyperfréquence respectifs. Bien entendu, chacune des têtes est adaptée à la fréquence porteuse des signaux émis par le satellite respectif. Dans la mesure où la bande des fréquences porteuses a une largeur de quelques gigahertz, les dimensions du réseau de diffraction 3 ou des réseaux de diffraction  $R_1$  à  $R_{n-1}$  ainsi que les distances  $\lambda/(2 \cdot m)$  entre réseaux et réflecteur ne sont pas critiques. Ainsi, ces dimensions sont calculées pour une fréquence sensiblement moyenne dans la bande des fréquences porteuses des faisceaux de télécommunication, typiquement égale à 12 GHz pour des fréquences comprises sensiblement entre 11 et 13 GHz.

Selon cette première réalisation de support de tête, la poutre 51 de l'antenne 1 comprend des moyens mécaniques pour régler manuellement les positions des têtes 4<sub>1</sub> à 4<sub>7</sub> afin d'orienter convenablement les angles d'ouverture  $\beta$  de chacune des têtes en fonction des dimensions du réflecteur 2 et ainsi capter le maximum de rayonnement. Les moyens de réglage consistent par exemple en une poutre 51 comportant une ou plusieurs glissières longitudinales 53 parallèles au plan yOz, ou à la ligne focale LF, dans lesquelles peuvent coulisser des coulisseaux 54 solidaires des montures des têtes. Sur le coulisseau correspondant, chaque tête est montée d'une part, à rotation autour d'un axe sensiblement perpendiculaire à l'axe de symétrie Oz, de préférence parallèle à l'axe Ox, d'autre part à translation suivant son axe longitudinal et ainsi suivant une direction convergeant sensiblement vers le centre du réflecteur, comme indiqué par des doubles flèches RO et TR pour la tête 4<sub>2</sub> dans la figure 5. A ces divers moyens de déplacements sont associés des moyens de verrouillage connus de manière à stabiliser la position de la tête le long de la poutre 51 et l'orientation de celle-ci dans un plan sensiblement parallèle au plan focal yOz. Dans ces conditions, chaque tête peut être positionnée efficacement à proximité de l'un des foyers  $F_1$  et  $F_2$  ou plus généralement à une position optimale d'émission/réception sensiblement le long de la ligne focale LF.

En variante, les moyens de réglage des positions des têtes peuvent être partiellement ou totalement motorisés, et de préférence télécommandés à travers des câbles fixés au portique 5. Cette motorisation des moyens de réglage est particulièrement appréciable lorsque l'antenne est fixée sur le toit d'un pavillon, par nature peu accessible. Dans ce cas, l'utilisateur de l'antenne règle les positions des têtes depuis le sol, et peut réduire le nombre de têtes portées par la poutre, moyennant des adaptations et sélections de fréquence.

Selon une seconde réalisation plus économique, bien que le réflecteur 2 soit toujours maintenu stationnaire suivant l'orientation précisée ci-dessus, l'antenne ne comprend qu'une unique tête hyperfréquence 4, comme montré à la figure 9.

La tête 4 est fixée à l'extrémité supérieure d'un bras porteur 6 qui traverse un double trou 32-22 ménagé aux centres de la calotte 3<sub>0</sub> du réseau de diffraction 3 et du réflecteur 2 pour la réalisation illustrée à la figure 9 en accord avec la figure 5, ou un simple trou 22 central au réflecteur pour une réalisation en accord avec la figure 7. L'extrémité inférieure du bras 6 sous le réflecteur est montée tournante autour d'un axe 61 qui est sensiblement parallèle à l'axe Ox et relié par des moyens de transmission mécanique, du type engrenage par exemple, à un petit moteur électrique 62 télécommandable depuis le sol. Le moteur 62 et l'axe 61 sont fixés à la structure porteuse du ré-

flecteur.

La largeur du trou 32-22, ou 22, est telle que le bras puisse balayer un plan parallèle à et proche du plan focal  $yOz$  et par suite la tête 4 puisse cheminer sensiblement le long de la ligne focale LF de part et d'autre de l'axe de symétrie  $Oz$  jusqu'à un angle  $\gamma$  supérieur à  $\alpha$ , soit de l'ordre de  $40^\circ$ . La longueur du bras 6 est telle que le rayon entre la tête 4 et l'axe de rotation 61 soit plus grand que la distance  $OF_1 = OF_2$ . A cet égard, la tête 4 est de préférence montée à coulissement longitudinal à l'extrémité supérieure du bras de manière à cheminer plus précisément le long de la ligne focale prédéterminée LF.

Dans ces conditions, lorsque le moteur 62 est activé, par exemple pas à pas ou d'une manière automatique pour des positions de tête prédéterminées, l'utilisateur commande la rotation du bras depuis le sol afin de positionner la tête à l'une des positions souhaitées pour capter le faisceau provenant de l'un des satellites. Simultanément, le commutateur hyperfréquence dans le terminal de réception est calé sur la fréquence porteuse associée (après conversion de fréquence dans la tête).

En variante, l'extrémité inférieure du bras 6 peut être mobile à l'intérieur d'un cône à section droite circulaire ou elliptique, notamment en fonction du type de réflecteur utilisé. Dans ce cas, les moyens de déplacement 61-62 du bras sont équivalents à une articulation à cardan motorisée.

Selon cette seconde réalisation, la tête 4 est du type à multipolarisation du genre source à hélice. Elle est reliée au terminal de réception par un guide d'onde classique à faibles pertes, ou par une fibre optique logée dans le bras 6.

De préférence, le double trou 32-22 ou le simple trou 22 est revêtu d'une couche diélectrique, ou est fermé par une membrane diélectrique souple 33 traversée par le bras 6 afin d'éviter tout rayonnement réfléchi au centre de l'antenne susceptible de perturber défavorablement le faisceau reçu à diffracter.

## Revendications

1- Antenne (1) pour plusieurs faisceaux de télécommunications ( $FS_1, FS_2$ ), comprenant un réflecteur fixe (2), un réseau d'éléments annulaires ( $3_1 - 3_4$ ) de diffraction ( $3; R_1 - R_{m-1}$ ), ou une portion dudit réseau ( $3; R_1 - R_{m-1}$ ), disposé parallèlement au réflecteur, et une tête hyperfréquence (4) en regard du réflecteur,

caractérisée en ce que le réflecteur (2) et le réseau ( $3; R_1 - R_{m-1}$ ) ont tous deux des surfaces réfléchissantes qui sont concaves et issues de portions de surface sensiblement symétriques par rapport à un axe de symétrie ( $Oz$ ),

ledit réseau de diffraction définit des premier et second foyers ( $F_1, F_2$ ) symétriques par rapport au-

dit axe de symétrie ( $Oz$ ) vers lesquels sont susceptibles de converger des premier et second faisceaux de télécommunications ( $FS_1, FS_2$ ) dirigés sensiblement parallèlement à des droites ( $OF_2, OF_1$ ) passant par le centre (O) de la surface symétrique et par les second et premier foyers respectivement, et

la tête hyperfréquence (4) est positionnée approximativement le long d'une ligne focale sensiblement courbe (LF) qui est centrée sur l'axe de symétrie ( $Oz$ ), a un rayon de courbure au moins sensiblement égal à la distance entre ledit centre (O) et chaque foyer ( $F_1, F_2$ ), et passe par les premier et second foyers ( $F_1, F_2$ ).

2- Antenne conforme à la revendication 1, caractérisée en ce que les largeurs ( $b_1, b_3 - b_2, b_5 - b_4, b_7 - b_6, b_9 - b_8$ ) des éléments de réseau ( $3_0$  à  $3_4$ ) diminuent radialement à partir de l'axe de symétrie ( $Oz$ ), et/ou les largeurs ( $b_2 - b_1, b_4 - b_3, b_6 - b_5, b_8 - b_7$ ) d'interstices entre les éléments de réseau ( $3_0$  à  $3_4$ ) diminuent radialement à partir de l'axe de symétrie ( $Oz$ ).

3- Antenne conforme à la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les contours d'au moins une partie des éléments de réseau ( $3_0$  à  $3_4$ ) sont sensiblement elliptiques, les petits axes ( $2b_1$  à  $2b_9$ ) des contours étant dans un plan focal ( $yOz$ ) contenant les foyers ( $F_1, F_2$ ) et l'axe de symétrie ( $Oz$ ).

4. Antenne conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que les contours d'au moins une partie des éléments de réseau ( $3_0$  à  $3_4$ ) sont circulaires et concentriques.

5. Antenne conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le réseau de diffraction ( $3; R_1 - R_{m-1}$ ) est lié à la surface réfléchissante concave du réflecteur (2) par l'intermédiaire de matériau diélectrique (31).

6. Antenne conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que l'ensemble de réseau de diffraction ( $3; R_1 - R_{m-1}$ ) et réflecteur (2) est imprimé ou déposé sur un matériau diélectrique usiné ou moulé en marches d'escalier annulaires, ou constitue des couches minces dans un matériau diélectrique.

7 - Antenne conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que le réseau de diffraction ( $3; R_1 - R_{m-1}$ ) est obtenu par découpage dans un second réflecteur identique audit réflecteur (2) de l'antenne.

8 - Antenne conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que le réseau de diffraction ( $3; R_1 - R_{m-1}$ ) et le réflecteur (2) sont constitués par une plaque métallique emboutie.

9. Antenne conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que le réseau de diffraction (3) comprend un élément central en forme de calotte ( $3_0$ ) sensiblement symétrique par rapport audit axe de symétrie ( $Oz$ ).

10 - Antenne conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que le réflec-

teur (2) et le réseau (3) sont distant sensiblement du quart de la longueur d'onde ( $\lambda$ ) correspondant sensiblement à une fréquence dans une bande de fréquence porteuse des faisceaux de télécommunications ( $FS_1, FS_2$ ).

5

**11** - Antenne conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant plusieurs réseaux différents d'éléments annulaires de diffraction ( $R_1 - R_{m-1}$ ) superposés parallèlement devant le réflecteur.

**12** - Antenne conforme à la revendication 11, dans laquelle les éléments annulaires des réseaux sont réunis en des groupes, à raison d'un élément de chaque réseau par groupe, les éléments annulaires de chaque groupe ayant des bords extérieurs ( $B_n$ ) sensiblement superposés perpendiculairement au réflecteur et ayant des bords intérieurs formant des marches d'escalier depuis le réflecteur.

10

15

**13** - Antenne conforme à la revendication 12, caractérisée en ce que les largeurs des éléments annulaires dans chacun desdits groupes décroissent arithmétiquement à partir du réflecteur avec une raison sensiblement égale à la largeur de l'élément ( $R_{m-1}$ ) du groupe le plus éloigné du réflecteur (2).

20

**14** - Antenne conforme à l'une quelconque des revendications 11 à 13, caractérisée en ce que la distance entre le réflecteur (2) et le réseau immédiatement voisin et les distances entre deux réseaux voisins ( $R_1 - R_{m-1}$ ) sont sensiblement égales à  $\lambda/(2.m)$ , où  $\lambda$  est une longueur d'onde correspondant sensiblement à une fréquence dans une bande de fréquence porteuse des faisceaux de télécommunications ( $FS_1, FS_2$ ) et  $m-1$  désigne le nombre de réseaux de diffraction.

25

30

**15** - Antenne de réception conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisée en ce qu'elle comprend plusieurs têtes hyperfréquence ( $4_1$  à  $4_7$ ) situées sensiblement à proximité de ladite ligne focale (LF).

35

**16** - Antenne conforme à la revendication 15, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens (5), de préférence motorisés, pour régler et fixer les positions et l'orientation des têtes ( $4_1$  à  $4_7$ ).

40

**17** - Antenne conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens, de préférence motorisés, pour déplacer la tête (4) sensiblement le long de ladite ligne focale (LF), lesdits moyens pour déplacer la tête comprenant de préférence un bras (6) traversant une région centrale (32, 22) de l'antenne et ayant une première extrémité supportant ladite tête (4), et une seconde extrémité montée au moins à rotation autour d'un axe (61) sensiblement perpendiculaire à un plan focal ( $yOz$ ) contenant lesdits foyers ( $F_1, F_2$ ) et ledit axe de symétrie ( $Oz$ ).

45

50

55

FIG. 1

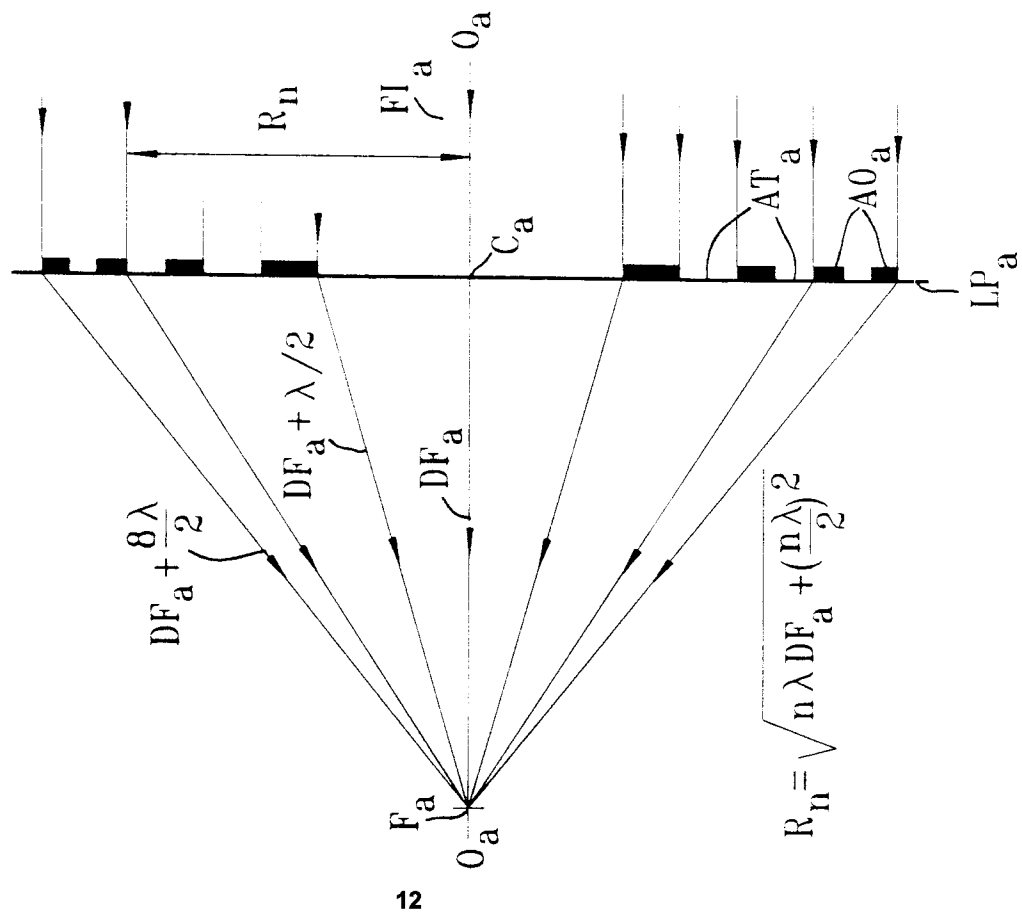


FIG. 2

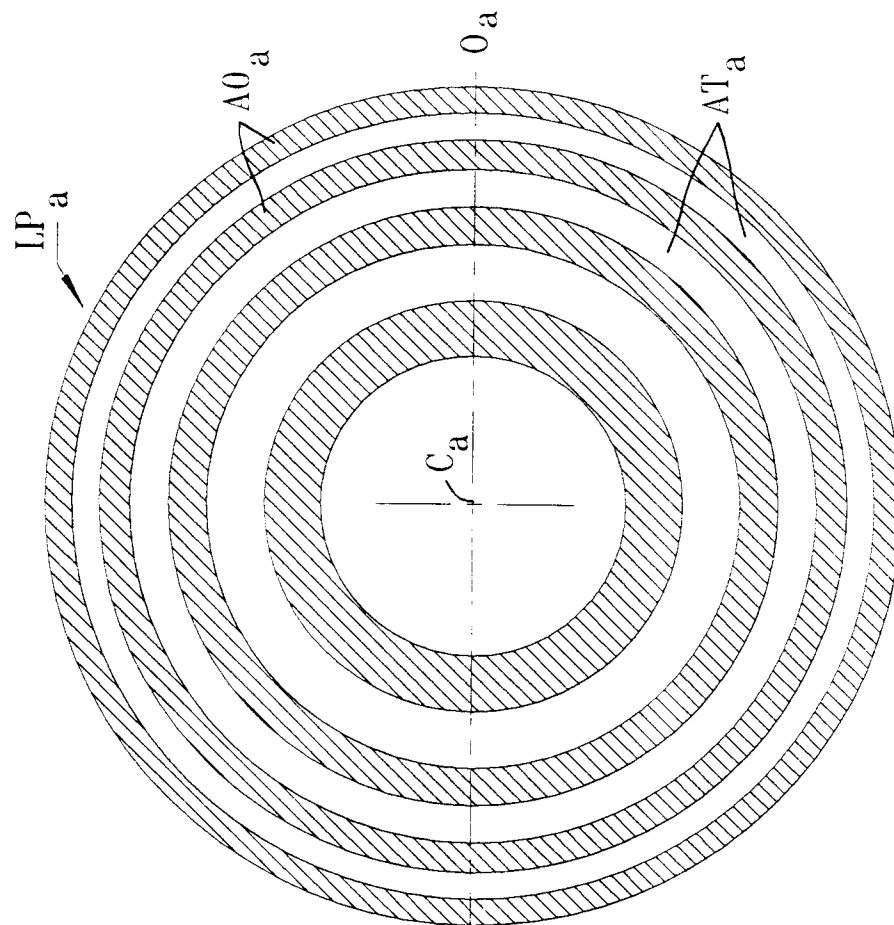


FIG. 4

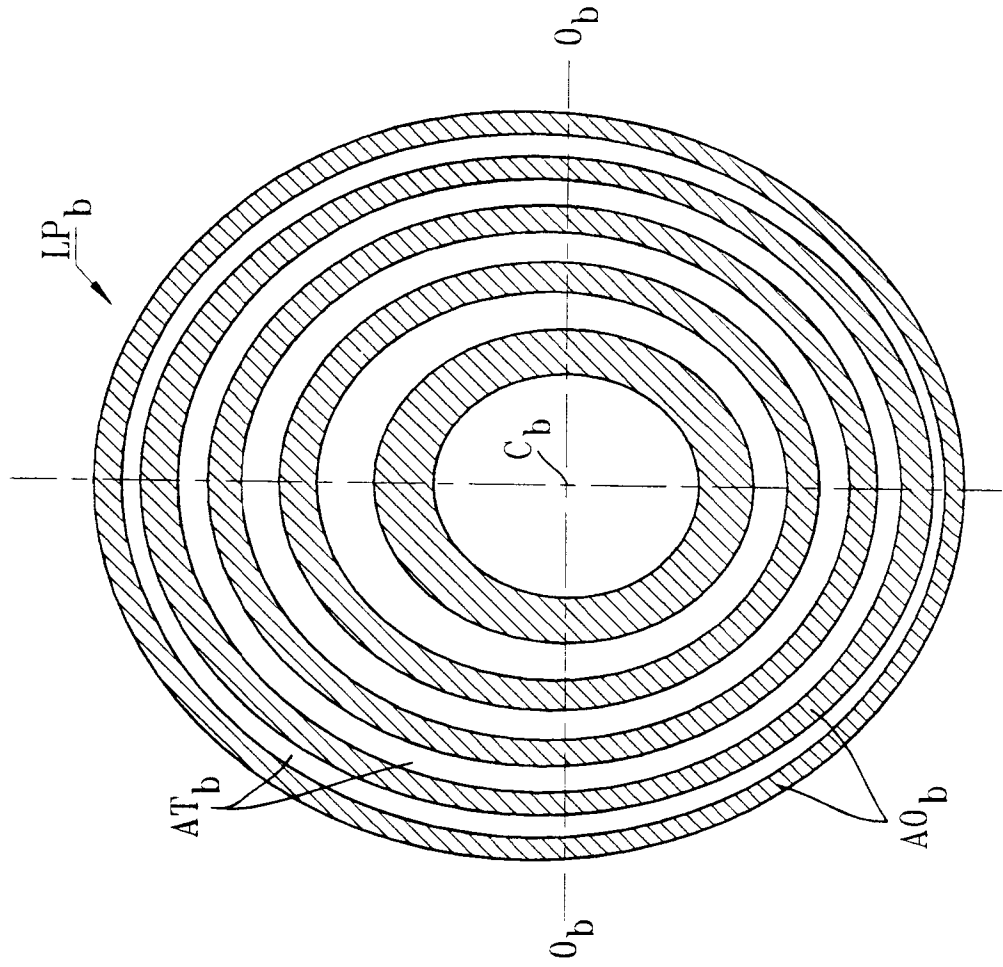
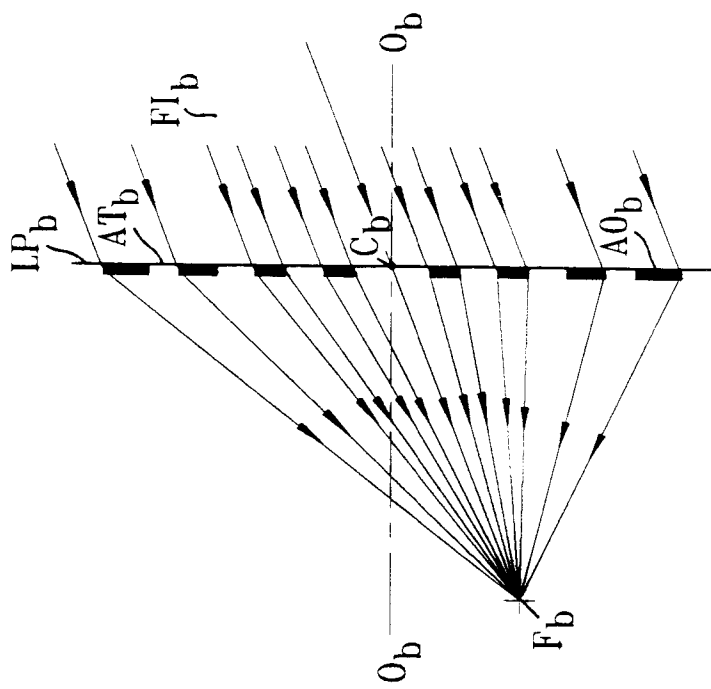
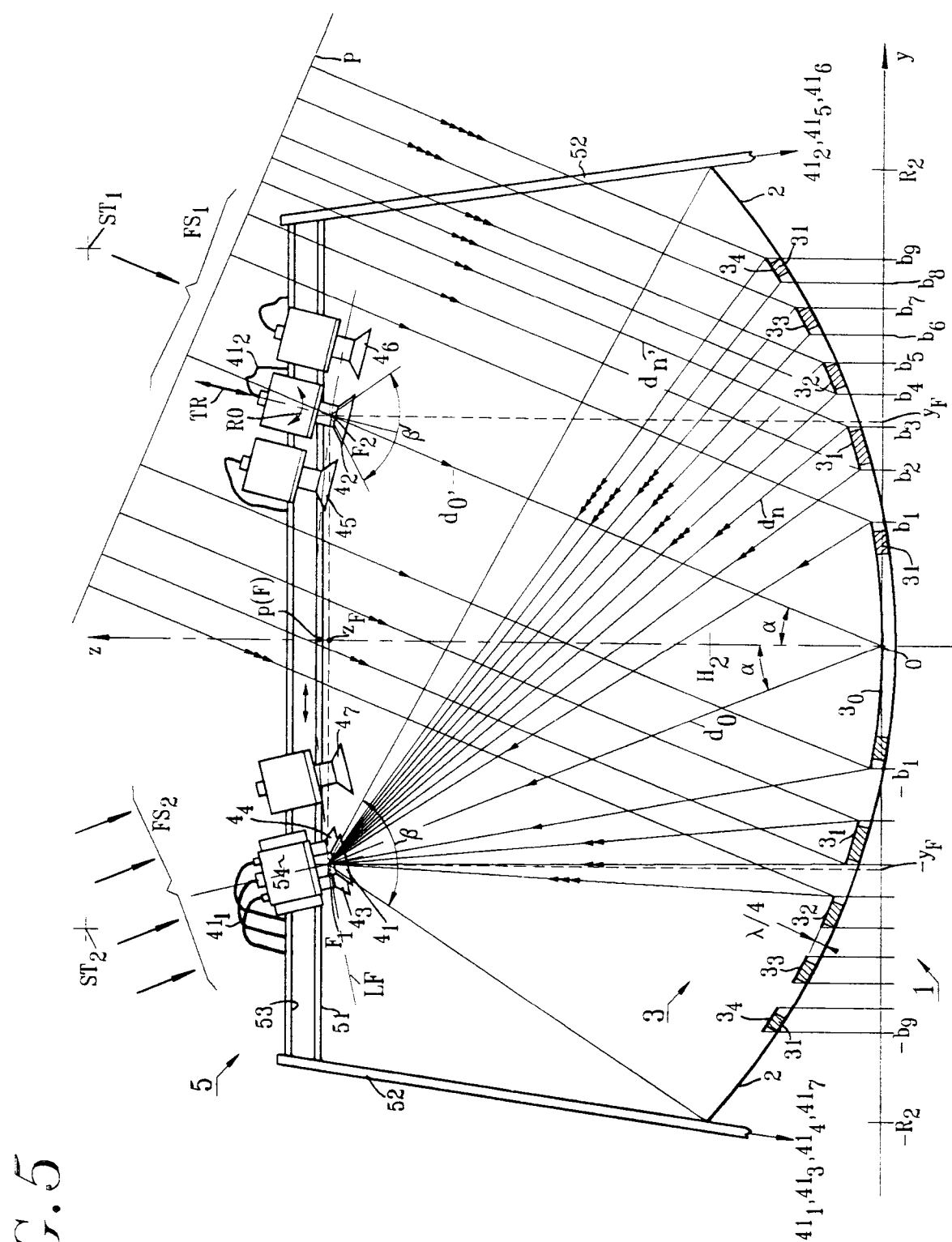


FIG. 3





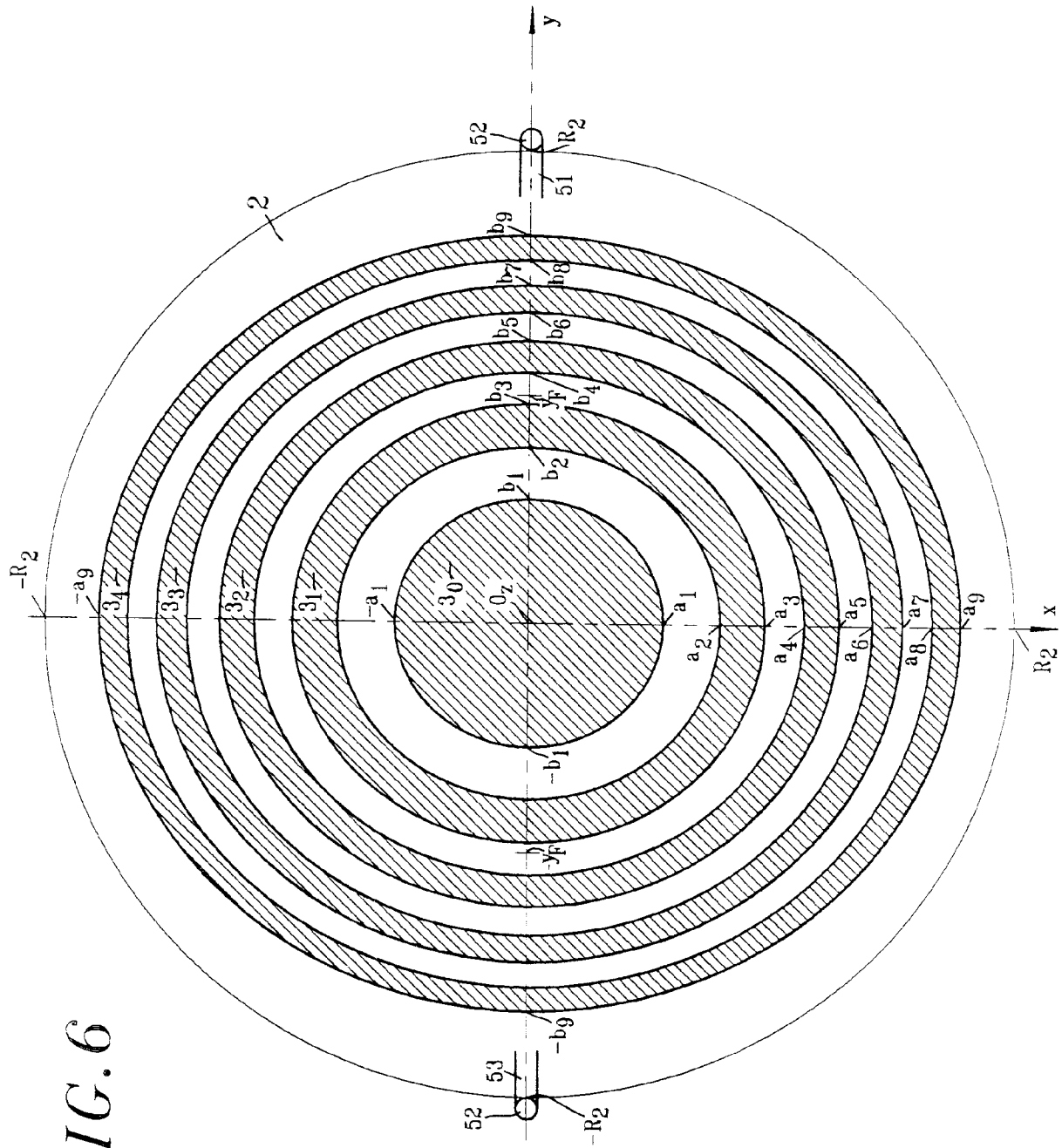


FIG. 6

FIG. 7

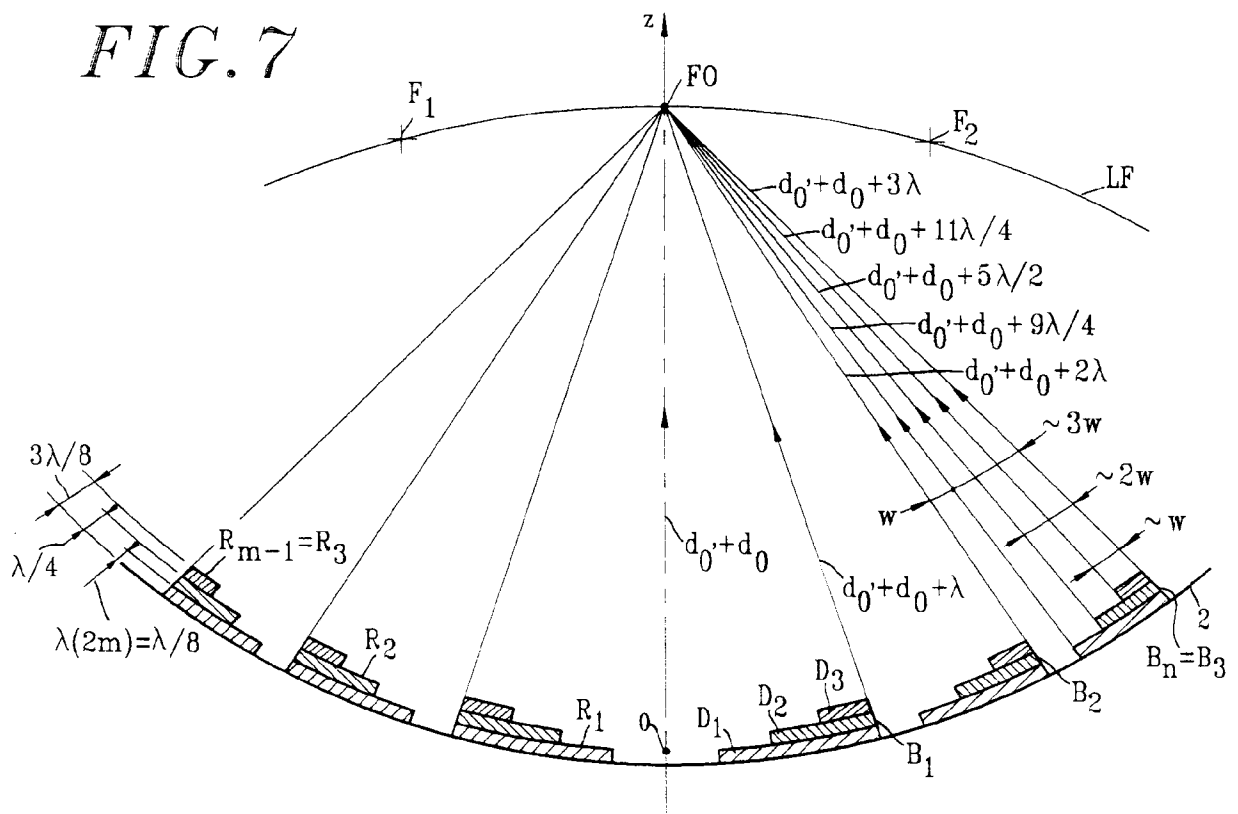
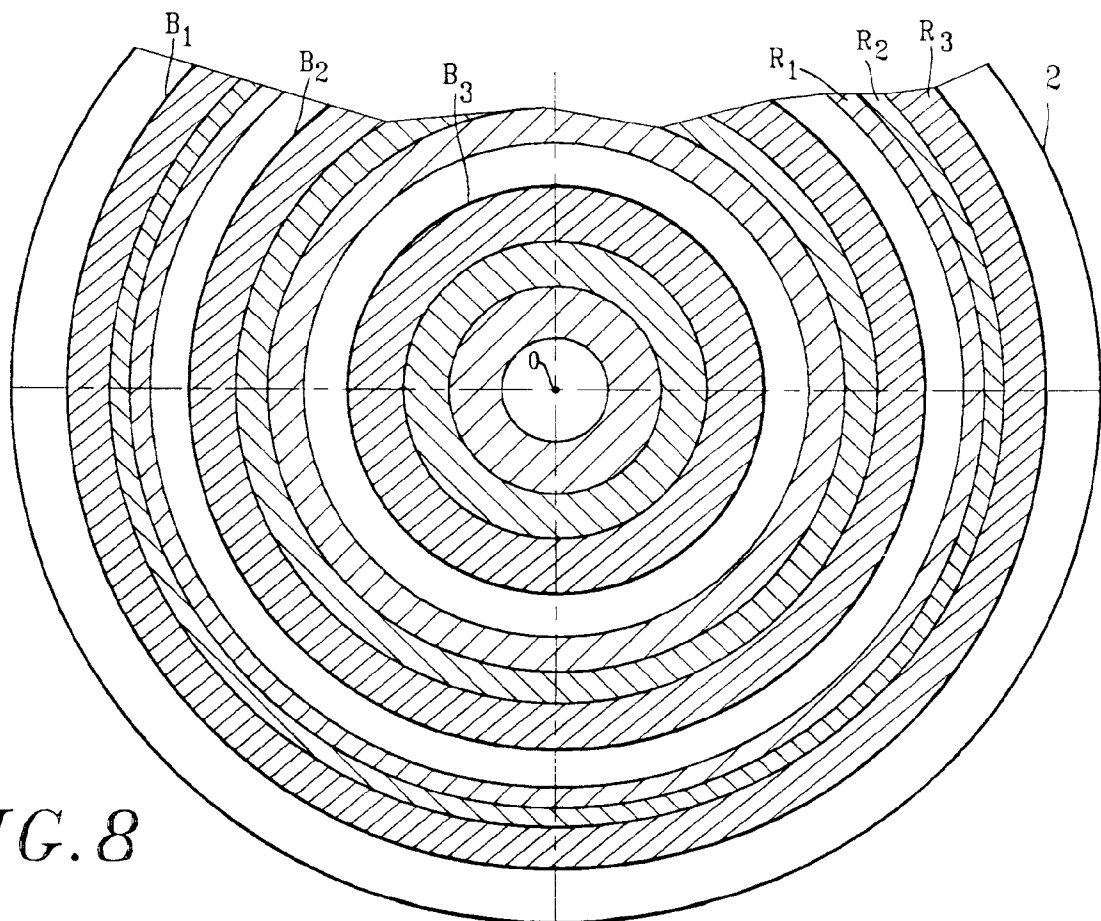
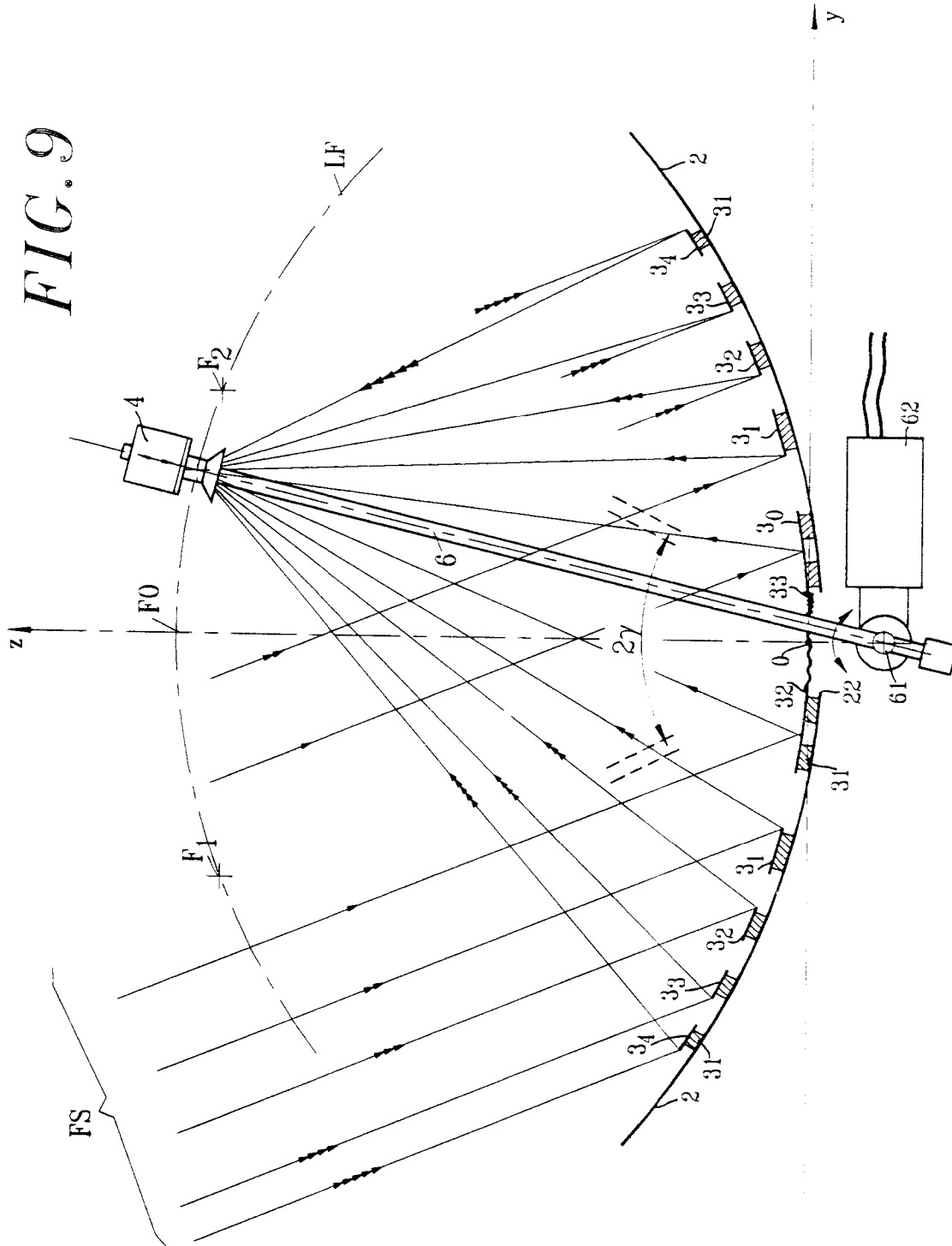


FIG. 8









Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 3306

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
Y	GB-A-2 227 609 (MARTIN) * le document en entier * ---	1	H01Q19/06 H01Q19/17
Y	DE-A-3 536 348 (MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN) * le document en entier * ---	1	
A	DE-A-3 801 301 (LICENTIA) * le document en entier * ---	1-14	
A	MICROWAVE JOURNAL. vol. 34, no. 1, Janvier 1991, DEDHAM US pages 101 - 114 WILTSE ET GARRETT 'The Fresnel Zone Plate Antenna' * page 112 - page 114 * ---	1-14	
A	FR-A-1 178 316 (COMPAGNIE GENERALE DE TELEGRAPHE SANS FIL) * page 4, colonne de gauche; figures 7,8 * ---	1,15	
A	DE-C-920 375 (POPERT ET MONNET) * figures 1,2 * -----	16,17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)  H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 01 MARS 1993	Examineur ANGRABEIT F.F.K.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)