



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**13.06.2001 Bulletin 2001/24**

(51) Int Cl.7: **H01Q 19/17**

(21) Numéro de dépôt: **00403428.6**

(22) Date de dépôt: **07.12.2000**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU**  
**MC NL PT SE TR**  
Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK RO SI**

- **Cailloce, Yann**  
**31100 Toulouse (FR)**
- **Maurel, Jacques**  
**31270 Cugnaux (FR)**

(30) Priorité: **09.12.1999 FR 9915527**

(71) Demandeur: **ALCATEL**  
**75008 Paris (FR)**

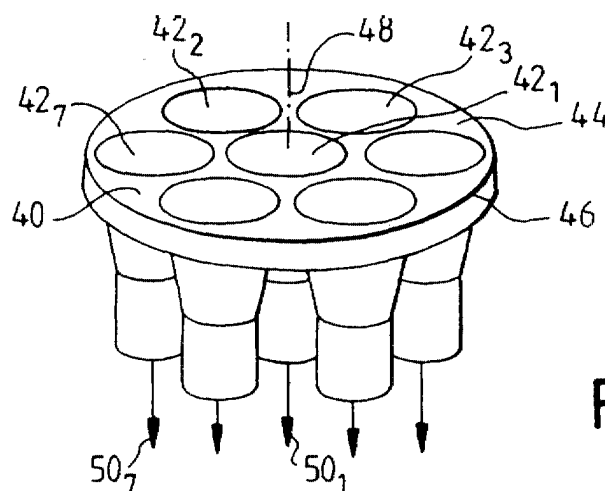
(74) Mandataire: **Smith, Bradford Lee et al**  
**COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL**  
**Dépt. Propr. Industrielle,**  
**30, avenue Kléber**  
**75116 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Mangenot, Cyril**  
**31400 Toulouse (FR)**

(54) **Source rayonnante pour antenne d'émission et de réception destinée à être installée à bord d'un satellite**

(57) L'invention est relative à une source rayonnante (40) d'émission et de réception destinée à être embarquée à bord d'un satellite de façon à définir un diagramme de rayonnement dans une zone terrestre, cette source étant destinée à être disposée dans le plan focal, ou au voisinage du plan focal, d'un réflecteur auquel sont associées d'autres sources correspondant à d'autres zones terrestres. La source (40) comprend une

pluralité d'ouvertures rayonnantes ( $42_1, 42_2, \dots, 42_7$ ) dont chacune a une efficacité au moins égale à 70% et des moyens d'alimentation ( $50_1, \dots, 50_7$ ) de ces ouvertures rayonnantes. Les ouvertures rayonnantes et leurs moyens d'alimentation sont tels que l'énergie rayonnée par l'ensemble des ouvertures rayonnantes soit, au moins à l'émission, pratiquement limitée au réflecteur correspondant.



**FIG.3**

## Description

**[0001]** L'invention est relative à une antenne d'émission et de réception à bord d'un satellite faisant partie d'un système de télécommunications dans lequel cette antenne relaie des communications dans une région terrestre divisée en une pluralité de zones, la division de la région en zones étant effectuée en affectant à chaque zone une source primaire constituée d'entités élémentaires rayonnantes pouvant être communes à plusieurs sources.

**[0002]** Par rapport à une couverture globale, une division en zones de la région couverte par le satellite présente l'avantage que les performances énergétiques sont améliorées et que les fréquences sont réutilisables d'une zone à une autre. Par exemple, on peut diviser en plusieurs sous-bandes la bande des fréquences allouées et ces sous-bandes sont réparties de façon telle que deux zones adjacentes utilisent des sous-bandes différentes.

**[0003]** La division d'une région couverte par un satellite en zones s'effectue tant pour les satellites géostationnaires que pour les satellites défilants. Dans ce qui suit, on se limitera à décrire un système de télécommunications à satellites géostationnaires, mais l'invention s'applique aussi à un système à satellites défilants du type pour communication avec des mobiles.

**[0004]** L'exemple que l'on considérera principalement sera celui d'un système de télécommunications en bande Ka pour des services dits multimédia à haut débit. Dans cette bande, la fréquence d'émission est de 20 GHz et la fréquence de réception de 30 GHz. Ces valeurs de fréquence élevées permettent des équipements de relativement faible encombrement tant à bord du satellite qu'à terre et donc des coûts réduits, ce qui, pour les équipements terrestres, est favorable à une fabrication en grande série.

**[0005]** Un système de télécommunications typique à satellite géostationnaire couvre une région vue sous un angle total d'environ  $6^\circ$  par le satellite et cette région est divisée en un nombre de zones compris entre une quarantaine et une centaine. Dans ce système, chaque zone est réalisée par un faisceau en polarisation linéaire (ou circulaire) de directivité élevée, de l'ordre de 45 dBi en bord de zone de couverture, la bande de fréquences est divisée en quatre sous-bandes et, pour limiter les interactions entre zones de même fréquence, les lobes secondaires de chaque faisceau doivent présenter un faible niveau par rapport au lobe principal. On admet en général que le niveau des lobes secondaires doit être d'au moins 25 dB en dessous du lobe principal.

**[0006]** La multiplicité des zones pour une même région entraîne une multiplicité des sources primaires, ce qui n'est pas favorable à la minimisation de la masse et du volume des équipements à bord du satellite.

**[0007]** Ces équipements comprennent des réflecteurs à chacun desquels sont associées plusieurs sources primaires, chaque source correspondant à une zo-

ne terrestre mais pouvant contribuer à la génération de plusieurs zones. On a ainsi représenté sur la figure 1 un schéma montrant un réflecteur 10 dans le plan focal 12 duquel sont disposées plusieurs sources primaires dont seulement deux d'entre elles, 14 et 16, sont représentées. La source 14 émet ou reçoit un faisceau dont les rayons de bord ont, sur la figure 1, les références  $14_1$  et  $14_2$  tandis que la source primaire 16 émet ou reçoit un faisceau dont les rayons de bord portent les références  $16_1$  et  $16_2$ . Chacun des faisceaux  $14_1$ ,  $14_2$  et  $16_1$ ,  $16_2$  forme une zone terrestre de diamètre d'au moins une centaine de kilomètres. Le diamètre du réflecteur 10 étant de l'ordre de 1 mètre ou 1,50 mètres, il suffit que chaque faisceau ait une ouverture de quelques dixièmes de degrés pour obtenir la correspondance, notamment à l'émission, entre source primaire, réflecteur et zone terrestre.

**[0008]** Chaque source primaire 14, 16 ayant un encombrement non négligeable, à chaque réflecteur 10 on associe des sources primaires correspondant à des zones éloignées. En effet, plus les zones terrestres sont éloignées l'une de l'autre, plus l'écartement, ou pas, entre les sources primaires 14, 16 doit être grand. Ainsi, en général, les sources primaires associées à deux zones adjacentes sont affectées à des réflecteurs différents. Dans un exemple, à chaque réflecteur, sont affectées le quart des sources primaires d'émission et/ou de réception.

**[0009]** Ainsi, au vu du diagramme de la figure 1, on comprend que la distance au sol entre zones terrestres conditionne l'écartement entre sources rayonnantes 14, 16 tandis que la dimension de chaque zone terrestre conditionne le diamètre du réflecteur 10.

**[0010]** L'ensemble à réflecteur et sources rayonnantes doit, outre les conditions mentionnées ci-dessus concernant les lobes secondaires, satisfaire à deux conditions supplémentaires concernant l'éclairement du réflecteur par une source primaire :

**[0011]** La première est que la source doit éclairer la périphérie 20 du réflecteur 10 avec un niveau suffisamment bas afin que le rayonnement ne perturbe pas les zones terrestres voisines de la zone à laquelle est affectée cette source.

**[0012]** La seconde condition est que la source primaire doit éclairer la périphérie 20 du réflecteur 10 avec un niveau suffisamment élevé afin de garantir une bonne efficacité de surface (rapport entre la directivité réelle du faisceau et la directivité maximale de l'antenne pour un éclairage uniforme).

**[0013]** Par exemple, la zone périphérique 20 doit être éclairée avec un niveau inférieur d'environ 9 dB à l'éclairement de la zone centrale 22 pour obtenir un bon compromis entre ces deux contraintes contradictoires.

**[0014]** Enfin, pour que chaque zone circulaire choisie soit éclairée de façon optimale, il faut, en outre, que le diagramme de rayonnement de chaque source primaire présente une symétrie de révolution, tant en émission qu'en réception.

[0015] Étant donné que le diagramme de rayonnement d'une source dépend de la fréquence, il est donc différent à l'émission et à la réception. Par conséquent, il est préférable, pour satisfaire aisément aux conditions imposées à l'ensemble antennes rayonnantes/réflecteur, de séparer les sources prévues pour l'émission des sources prévues pour la réception.

[0016] Ainsi, un mode de réalisation courant d'un tel ensemble consiste à prévoir des premiers réflecteurs pour les sources d'émission et des seconds réflecteurs pour les sources de réception. Bien que cette solution permette de satisfaire correctement aux contraintes d'isolement entre zones et d'efficacité de chaque faisceau, elle présente cependant l'inconvénient gênant d'entraîner dans le satellite un encombrement et une masse importants. En outre, la multiplicité des réflecteurs augmente la complexité du montage mécanique dans le satellite.

[0017] Pour réduire le nombre de réflecteurs dans un satellite, on sait qu'on peut utiliser la même source rayonnante pour l'émission et la réception.

[0018] A cet effet, il faut utiliser des sources à large bande (fonctionnant dans la bande d'émission et dans la bande de réception). Dans ce cas, le choix de la source est pratiquement limité à une ouverture rayonnante dite "corruguée", c'est-à-dire présentant des nervures internes, car ce type de source est le seul qui permette d'obtenir un diagramme de révolution pour les fréquences d'émission et de réception avec un coefficient de réflexion satisfaisant (Taux d'Ondes Stationnaires TOS).

[0019] Mais, une ouverture rayonnante corruguée, pour une directivité donnée, est plus encombrante qu'une source primaire à bande étroite (par exemple une ouverture rayonnante de Potter). Dans ces conditions, pour une distance donnée entre zones terrestres affectées à un même réflecteur 10, il faut, par rapport à la première réalisation, une distance plus importante entre sources primaires. Ainsi, dans le diagramme de la figure 1, les sources 14 et 16 correspondent à des sources d'émission (ou de réception) selon le premier mode de réalisation décrit alors que les sources 14' et 16' sont des sources d'émission et de réception qui sont plus encombrantes. On voit ainsi que, dans la seconde réalisation, la distance entre les sources étant plus importante, le positionnement des zones au sol ne respecte plus les contraintes imposées. On doit alors réduire la taille des ouvertures rayonnantes corruguées, ce qui entraîne un éclairage excessif de la périphérie 20 du réflecteur 10, cet éclairage étant en général inférieur de seulement 3 dB par rapport à l'éclairage au centre 22. Cet éclairage excessif entraîne des perturbations dans le fonctionnement du système et, en outre, des pertes d'énergie.

[0020] L'invention vise à fournir un ensemble d'émission et de réception dans lequel chaque source primaire est du type à large bande mais qui ne présente pas les inconvénients des solutions connues, c'est-à-dire qui

permet de respecter un niveau d'éclairage suffisamment bas de la périphérie du réflecteur en émission.

[0021] L'antenne selon l'invention est ainsi du type dans laquelle à chaque réflecteur est associée une pluralité de sources d'émission et de réception et elle est caractérisée en ce que chaque source d'émission et de réception comprend plusieurs ouvertures rayonnantes d'efficacité (ou gain) au moins égale à 70% avec des moyens d'alimentation individuels de chaque ouverture rayonnante permettant de fournir une énergie différente à deux ouvertures rayonnantes différentes afin que l'éclairage en périphérie du réflecteur soit à un niveau suffisamment faible pour que l'énergie rayonnée en dehors du réflecteur soit négligeable et que, de préférence, l'éclairage en périphérie soit pratiquement le même pour les fréquences d'émission et de réception.

[0022] Toutes choses restant égales par ailleurs, notamment la surface du réflecteur, par exemple un cercle de diamètre égal à 50 mm environ, par rapport à la réalisation d'une ouverture rayonnante corruguée, chaque ouverture rayonnante d'efficacité au moins égale à 70% a une directivité supérieure, ce qui permet de réduire l'énergie en bord du réflecteur. On rappelle ici qu'une ouverture rayonnante corruguée a une efficacité (ou gain) d'au plus 60%.

[0023] Il est à noter que, jusqu'à présent, on a considéré qu'une ouverture rayonnante d'efficacité importante du type cornet conique lisse ne pouvait pas convenir pour ce type de source à large bande car elle ne permet pas d'obtenir un diagramme de rayonnement de révolution et ce rayonnement présente des lobes secondaires importants ne permettant pas un isolement correct entre zones auxquelles sont affectées les mêmes sous-bandes de fréquence. Mais l'invention permet de surmonter, au moins en grande partie, cet inconvénient, car les sources rayonnantes étant peu directives, par rapport à la source constituée par l'ensemble de ces ouvertures, la répartition du rayonnement individuel des ouvertures rayonnantes à forte efficacité diminue la dissymétrie d'ensemble autour de l'axe du réflecteur car, ainsi, on obtient un écart réduit entre les niveaux de rayonnement dans deux plans perpendiculaires entre eux et au réflecteur.

[0024] De préférence, on prévoit une ouverture rayonnante centrale de forte efficacité et des ouvertures rayonnantes périphériques de forte efficacité, par exemple réparties régulièrement autour de l'axe de l'ouverture rayonnante centrale. Dans une réalisation, la puissance d'alimentation d'une ouverture rayonnante centrale de grande efficacité est supérieure à la puissance d'alimentation des ouvertures rayonnantes périphériques de grande efficacité et les ouvertures rayonnantes périphériques sont toutes alimentées avec la même puissance.

[0025] De façon générale, l'invention prévoit une alimentation par ouverture rayonnante et l'amplitude et la phase de chaque alimentation peuvent être choisies à volonté tant pour l'émission que pour la réception.

Autrement dit, on peut, grâce à la multiplicité de l'ouverture rayonnante et à l'alimentation individuelle de chaque ouverture rayonnante, choisir à volonté le diagramme de rayonnement à l'émission et à la réception.

**[0026]** Ainsi, on aura souvent intérêt à choisir les alimentations des ouvertures rayonnantes de façon telle qu'elles soient différentes à l'émission et à la réception.

**[0027]** Pour améliorer la symétrie du rayonnement autour de l'axe du réflecteur, ou autour de l'axe de l'ensemble des ouvertures rayonnantes, selon une disposition de l'invention, les diverses ouvertures rayonnantes sont alimentées en polarisation linéaire et la polarisation est, par rapport à la disposition des diverses ouvertures rayonnantes, orientée de façon à maximiser la symétrie du rayonnement autour de l'axe de la source rayonnante. Par exemple, quand les ouvertures rayonnantes sont distribuées de façon telle qu'il existe une direction passant par le centre de la source rayonnante par laquelle passe un nombre maximum de centres des ouvertures rayonnantes, on choisira la direction de polarisation perpendiculaire à cette direction.

**[0028]** Pour éviter les lobes du réseau formés par les ouvertures rayonnantes constituant la source rayonnante, ces lobes réduisant la puissance à émettre dans la direction utile, la distance entre les centres des ouvertures rayonnantes est inférieure à une longueur d'onde à la fréquence d'émission (la plus basse). Par exemple, quand cette fréquence est de 20 GHz, la distance entre les ouvertures rayonnantes doit être inférieure à 16 mm environ.

**[0029]** La présente invention prévoit une source rayonnante d'émission et de réception destinée à être embarquée à bord d'un satellite de façon à définir un diagramme de rayonnement dans une zone terrestre, cette source étant destinée à être disposée dans le plan focal, ou au voisinage du plan focal, d'un réflecteur auquel sont associées d'autres sources correspondant à d'autres zones terrestres. Cette source comprend une pluralité d'ouvertures rayonnantes dont chacune a une efficacité au moins égale à 70% et des moyens d'alimentation de ces ouvertures rayonnantes, les ouvertures rayonnantes et leurs moyens d'alimentation étant tels que l'énergie rayonnée par l'ensemble des ouvertures rayonnantes soit, au moins à l'émission, pratiquement limitée au réflecteur correspondant.

**[0030]** Selon un mode de réalisation, les moyens d'alimentation sont tels que le diagramme de rayonnement soit sensiblement le même en émission et en réception.

**[0031]** Selon un mode de réalisation, la source rayonnante comporte une ouverture rayonnante centrale et des ouvertures rayonnantes périphériques.

**[0032]** Selon un mode de réalisation, les ouvertures rayonnantes périphériques sont réparties régulièrement autour de l'axe de l'ouverture rayonnante centrale.

**[0033]** Selon un mode de réalisation, l'alimentation de l'ouverture rayonnante centrale est telle que cette ouverture rayonnante produit le rayonnement le plus

élevé.

**[0034]** Selon un mode de réalisation, les moyens d'alimentation des ouvertures rayonnantes périphériques sont telles que les rayonnements produits par chacune de ces ouvertures rayonnantes périphériques aient pratiquement toutes la même intensité, celle-ci étant inférieure à l'intensité du rayonnement produit par l'ouverture rayonnante centrale.

**[0035]** Selon un mode de réalisation, le rayonnement à émettre par la source présente une polarisation linéaire de direction déterminée, et les moyens d'alimentation sont tels que chacune des ouvertures rayonnantes émet un rayonnement polarisé selon cette direction déterminée, celle-ci étant orientée, par rapport à l'ensemble des ouvertures rayonnantes, de façon à maximiser l'homogénéisation des rayonnements dans l'espace.

**[0036]** Selon un mode de réalisation, la direction de polarisation est choisie de façon telle qu'une droite de cette direction passant par le centre du plan de sortie de la source traverse un nombre minimum d'ouvertures rayonnantes.

**[0037]** Selon un mode de réalisation, les ouvertures rayonnantes et les moyens d'alimentation sont tels que l'intensité du rayonnement à l'émission est, à la périphérie du réflecteur, inférieure d'environ 9 décibels à l'intensité du rayonnement émis en partie centrale du réflecteur associé.

**[0038]** Selon un mode de réalisation, l'émission et la réception sont en bande Ka.

**[0039]** Selon un mode de réalisation, la fréquence d'émission est de l'ordre de 20 GHz et la fréquence de réception de l'ordre de 30 GHz.

**[0040]** Selon un mode de réalisation, la distance séparant les axes de deux ouvertures rayonnantes voisines est de l'ordre d'une longueur d'onde du rayonnement d'émission.

**[0041]** La présente invention prévoit en outre un système de télécommunications dans lequel les communications sont relayées par l'intermédiaire d'antennes à bord d'un satellite, notamment géostationnaire, comprenant une antenne à sources rayonnantes du type défini ci-dessus.

**[0042]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de certains de ses modes de réalisation, celle-ci étant effectuée en se référant aux dessins ci-annexés sur lesquels :

la figure 1, déjà décrite, est un schéma d'un réflecteur et de sources rayonnantes,

la figure 2 est un schéma d'une région et de zones d'un système de télécommunications à satellite géostationnaire,

la figure 3 représente un mode de réalisation d'une source primaire conforme à l'invention,

la figure 4 est un schéma illustrant un mode d'alimentation d'une source représentée sur la figure 3, et

les figures 5 et 6 sont des graphiques illustrant des

propriétés de la source représentée sur la figure 3.

**[0043]** L'exemple de réalisation de l'invention que l'on va maintenant décrire en relation avec les figures est une source rayonnante 40 d'émission et de réception destinée à être installée à bord d'un satellite géostationnaire (non montré) et constituant un relais pour des communications d'un système de télécommunications dans une région 30 (figure 2) couvrant une grande partie du continent européen et une partie du continent africain. Cette région est divisée en zones circulaires 32<sub>1</sub>, 32<sub>2</sub>, etc.

**[0044]** L'ensemble de la région 30 est couverte par le satellite géostationnaire (36 000 km au-dessus de la surface du globe) selon un cône de 6° d'ouverture totale, tandis que la distance angulaire (vue du satellite) entre les centres de deux zones voisines est de 0,5 degré.

**[0045]** Dans cet exemple, où le nombre total de zones 32<sub>i</sub> est de quarante-huit, le satellite comporte quatre réflecteurs et à chaque réflecteur sont associées douze sources primaires correspondant à des zones non adjacentes.

**[0046]** Dans la réalisation représentée, chaque bande d'émission et de réception est séparée en quatre sous-bandes B1, B2, B3 et B4, chaque sous-bande étant utilisée dans douze zones différentes. Comme représenté sur la figure 2, à deux zones adjacentes, on affecte des sous-bandes différentes. On voit ainsi que la zone 32<sub>i</sub>, à laquelle est affectée une sous-bande B4, est entourée par des zones auxquelles sont affectées les sous-bandes B1, B2, B3, mais à aucune de ces zones adjacentes n'est affectée la sous-bande B4.

**[0047]** Les douze sources rayonnantes affectées à un même réflecteur correspondent, dans l'exemple, à la même sous-bande d'émission et à la même sous-bande de réception.

**[0048]** Dans cet exemple, la fréquence d'émission est de 20 GHz et la fréquence de réception de 30 GHz.

**[0049]** Selon l'invention, chaque source rayonnante primaire 40 (figure 3) comporte une pluralité d'ouvertures rayonnantes 42<sub>1</sub>, 42<sub>2</sub>, ..., 42<sub>7</sub> d'efficacité au moins égale à 70% et débouchant dans un plan 44. Ces ouvertures rayonnantes sont, dans le plan 44, inscrites dans un cercle 46 de diamètre 50 mm environ.

**[0050]** Ainsi, dans l'exemple, le nombre d'ouvertures rayonnantes est de sept (7). L'ouverture rayonnante 42<sub>1</sub> se trouve en position centrale, c'est-à-dire que son axe 48 est confondu avec l'axe du cercle 46, et dans ce même plan 44, les ouvertures rayonnantes 42<sub>2</sub> à 42<sub>7</sub> sont réparties régulièrement autour de l'axe 48. Dans cet exemple, tous les axes des ouvertures rayonnantes 42<sub>1</sub> à 42<sub>7</sub> sont parallèles entre eux.

**[0051]** A chacune des ouvertures rayonnantes est associé un moyen d'alimentation 50<sub>1</sub> ... 50<sub>7</sub> d'amplitude et de phase réglables. Ces alimentations sont telles que, tant pour l'émission que pour la réception, à la périphérie du réflecteur 10 l'éclairement est pratiquement constant et est inférieur d'environ 9 dB à l'éclairement de la

partie centrale 22 de ce réflecteur 10.

**[0052]** Ainsi on a choisi l'alimentation de chacune des ouvertures rayonnantes à l'émission et à la réception de façon à obtenir une répartition choisie d'éclairements entre la partie centrale et la périphérie.

**[0053]** De plus, on choisit l'alimentation de chacune des ouvertures rayonnantes de façon à obtenir un diagramme de rayonnement qui soit sensiblement le même en émission et en réception. Dans ce cas l'alimentation des ouvertures rayonnantes est différente entre l'émission et la réception.

**[0054]** La multiplicité des ouvertures rayonnantes, et donc la multiplicité d'alimentations correspondantes, facilite cette optimisation du diagramme de rayonnement. En effet, cette multiplicité d'alimentations constitue un degré de liberté permettant d'atteindre ce résultat puisque chaque alimentation est sélectionnable individuellement.

**[0055]** De façon plus générale, cette pluralité d'alimentations des ouvertures rayonnantes permet de choisir à volonté, et indépendamment l'un de l'autre, les diagrammes d'émission et de réception. Autrement dit, les diagrammes d'émission et de réception ne sont pas forcément identiques ; ils peuvent être choisis en fonction des contraintes diverses imposées à l'antenne.

**[0056]** En outre, dans le mode de réalisation tel qu'il est représenté sur la figure 4, la direction de polarisation (qui est la même pour les ouvertures rayonnantes 42<sub>1</sub>, 42<sub>2</sub>, etc.) de l'alimentation de ces ouvertures rayonnantes est telle qu'elle compense, du moins en grande partie, dans l'espace, la dissymétrie individuelle présentée par chacune de ces ouvertures rayonnantes. En effet, dans l'exemple de la réalisation, on sait que chaque ouverture rayonnante 42 présente un diagramme qui n'est pas de révolution par rapport à son axe mais qui présente une directivité plus élevée selon la direction de polarisation P que selon la direction perpendiculaire. Le fait de prévoir une pluralité de telles ouvertures rayonnantes réparties à l'intérieur du cercle 46 permet intrinsèquement, sans précautions particulières, de compenser la dissymétrie individuelle du diagramme de chaque ouverture rayonnante 42.

**[0057]** En outre, le choix de la direction de polarisation par rapport à la répartition des ouvertures rayonnantes permet d'améliorer encore l'homogénéisation du diagramme de rayonnement autour de l'axe 48.

**[0058]** Ainsi, dans l'exemple représenté, la direction P<sub>1</sub> de polarisation correspond à une direction pour laquelle la droite présentant cette direction et passant par l'axe 48 traverse seulement l'ouverture rayonnante centrale 42<sub>1</sub>, et les droites parallèles passant par les centres des autres ouvertures rayonnantes, dans le plan 44, sont réparties régulièrement de part et d'autre de l'axe P1. On comprend que cette répartition est plus favorable à l'homogénéisation de l'énergie que si la polarisation était dans la direction perpendiculaire, c'est-à-dire selon la droite 54 passant par le centre 48. En effet, dans ce cas, trois ouvertures rayonnantes seraient selon cet

axe et ces trois ouvertures rayonnantes ne contribueraient pas à l'homogénéisation de part et d'autre de cet axe 54.

**[0059]** Ainsi, pour choisir la direction de polarisation du rayonnement, dans l'exemple, on considère la direction passant par le centre 48 et qui traverse un maximum de centres des ouvertures rayonnantes et on choisit une direction de polarisation qui est perpendiculaire à cette direction.

**[0060]** Dans le plan 44, le rayon de chaque ouverture rayonnante 42 est de 16 mm environ soit une longueur d'onde à 20 GHz. On évite ainsi les lobes de réseau formés par l'ensemble de ces ouvertures rayonnantes 42<sub>1</sub> à 42<sub>7</sub>.

**[0061]** Dans l'exemple, un fonctionnement correct est obtenu en alimentant l'ouverture rayonnante centrale 42<sub>1</sub> avec une puissance déterminée et en alimentant les ouvertures rayonnantes périphériques 42<sub>2</sub> à 42<sub>7</sub> avec une puissance donnée de valeur inférieure à la puissance alimentant l'ouverture rayonnante 42<sub>1</sub>.

**[0062]** La source 40 selon l'invention présente les mêmes propriétés de pureté de polarisation, de largeur de bande passante et de symétrie de diagramme de rayonnement que les sources classiques à ouvertures rayonnantes corruguées. Mais, par rapport à cette solution connue, la source 40 présente, en outre, l'avantage de permettre de minimiser les pertes par débordement en dehors du réflecteur et de permettre un niveau d'éclairement du réflecteur qui est pratiquement le même en émission et en réception. De plus, la source selon l'invention est d'une fabrication moins complexe qu'une ouverture rayonnante corruguée, car la fabrication d'une ouverture rayonnante 42 de grande efficacité est plus simple que la fabrication d'une ouverture rayonnante corruguée (d'efficacité d'au plus égale à 60%) qui demande une grande précision dans la détermination des nervures.

**[0063]** On a représenté sur la figure 5 le diagramme de rayonnement à l'émission (20 GHz) de la source rayonnante 40 représentée sur les figures 3 et 4. L'ouverture angulaire est portée en abscisses et en ordonnées est portée l'amplitude du rayonnement exprimée en dB par rapport à la valeur maximale selon l'axe à 0°.

**[0064]** La courbe 60 correspond au lobe central et les courbes 62<sub>1</sub> et 64<sub>1</sub> représentent les lobes secondaires dans le plan de la polarisation tandis que les courbes 62<sub>2</sub> et 64<sub>2</sub> représentent les lobes secondaires dans la direction perpendiculaire à la polarisation. Pour le lobe central 60, il n'y a pas de différence entre la direction de polarisation et la direction perpendiculaire. On voit sur cette courbe que pour une ouverture de 38°, qui correspond à l'éclairement du réflecteur 10, l'affaiblissement est de - 9 dB, ce qui correspond aux spécifications, l'énergie perdue à l'extérieur étant ainsi négligeable. Toutes choses restant égales par ailleurs, avec une ouverture rayonnante corruguée on aurait obtenu un affaiblissement de -3 dB pour l'ouverture de 38°.

**[0065]** La figure 6 est analogue à celle de la figure 5. Elle représente le diagramme de rayonnement à la réception, c'est-à-dire à 30 GHz, de source rayonnante 40. La courbe 66 correspond à la direction de polarisation et la courbe 68 à la direction perpendiculaire. Dans l'ouverture utile (38°), les courbes 66 et 68 sont confondues. On constate aussi que dans cette ouverture utile, le diagramme 66 est pratiquement le même que le diagramme d'émission 60 de la figure 5.

**[0066]** L'invention n'est, bien entendu, pas limitée aux modes de réalisation décrits. Ainsi, le nombre des ouvertures rayonnantes n'est pas limité à sept. Il peut être supérieur ou inférieur.

## Revendications

1. Source rayonnante (40) d'émission et de réception, à des fréquences différentes, destinée à être embarquée à bord d'un satellite de façon à définir un diagramme de rayonnement dans une zone terrestre (32), cette source étant destinée à être disposée dans le plan focal, ou au voisinage du plan focal, d'un réflecteur (10) auquel sont associées d'autres sources correspondant à d'autres zones terrestres, caractérisée en ce qu'elle comprend une pluralité d'ouvertures rayonnantes (42<sub>1</sub>, 42<sub>2</sub>, ..., 42<sub>7</sub>) dont chacune a une efficacité au moins égale à 70% et un moyen d'alimentation (50<sub>1</sub>, ..., 50<sub>7</sub>) pour chaque ouverture rayonnante, les ouvertures rayonnantes et leurs moyens d'alimentation étant tels que l'énergie rayonnée par l'ensemble des ouvertures rayonnantes soit, au moins à l'émission, pratiquement limitée au réflecteur correspondant.
2. Source selon la revendication 1, caractérisée en ce que les alimentations des ouvertures rayonnantes sont différentes à l'émission et à la réception.
3. Source selon la revendication 1, caractérisée en ce que les moyens d'alimentation de chacune des ouvertures rayonnantes sont tels que le diagramme de rayonnement soit sensiblement le même en émission et en réception.
4. Source selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisée en ce qu'elle comporte une ouverture rayonnante centrale (42<sub>1</sub>) et des ouvertures rayonnantes périphériques.
5. Source selon la revendication 4, caractérisée en ce que les ouvertures rayonnantes périphériques sont réparties régulièrement autour de l'axe de l'ouverture rayonnante centrale (42<sub>1</sub>).
6. Source selon la revendication 4 ou 5, caractérisée en ce que l'alimentation de l'ouverture rayonnante centrale (42<sub>1</sub>) est telle que cette ouverture rayon-

nante produit le rayonnement le plus élevé.

7. Source selon la revendication 6, caractérisée en ce que les moyens d'alimentation des ouvertures rayonnantes périphériques sont telles que les rayonnements produits par chacune de ces ouvertures rayonnantes périphériques aient pratiquement toutes la même intensité, celle-ci étant inférieure à l'intensité du rayonnement produit par l'ouverture rayonnante centrale (42<sub>1</sub>). 5  
10
8. Source selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le rayonnement à émettre par la source présente une polarisation linéaire de direction déterminée, et les moyens d'alimentation sont tels que chacune des ouvertures rayonnantes émet un rayonnement polarisé selon cette direction déterminée, celle-ci étant orientée, par rapport à l'ensemble des ouvertures rayonnantes, de façon à maximiser l'homogénéisation des rayonnements dans l'espace. 15  
20
9. Source selon la revendication 8, caractérisée en ce que la direction de polarisation est choisie de façon telle qu'une droite de cette direction passant par le centre du plan de sortie de la source traverse un nombre minimum d'ouvertures rayonnantes. 25
10. Source selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les ouvertures rayonnantes et les moyens d'alimentation sont tels que l'intensité du rayonnement à l'émission est, à la périphérie du réflecteur, inférieure d'environ 9 décibels à l'intensité du rayonnement émis en partie centrale du réflecteur associé. 30  
35
11. Source selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'émission et la réception sont en bande Ka. 40
12. Source selon la revendication 11, caractérisée en ce que la fréquence d'émission est de l'ordre de 20 GHz et la fréquence de réception de l'ordre de 30 GHz. 45
13. Source selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la distance séparant les axes de deux ouvertures rayonnantes voisines est de l'ordre d'une longueur d'onde du rayonnement d'émission. 50
14. Système de télécommunications dans lequel les communications sont relayées par l'intermédiaire d'antennes à bord d'un satellite, notamment géostationnaire, comprenant une antenne à sources rayonnantes dont chacune est selon l'une quelconque des revendications précédentes. 55

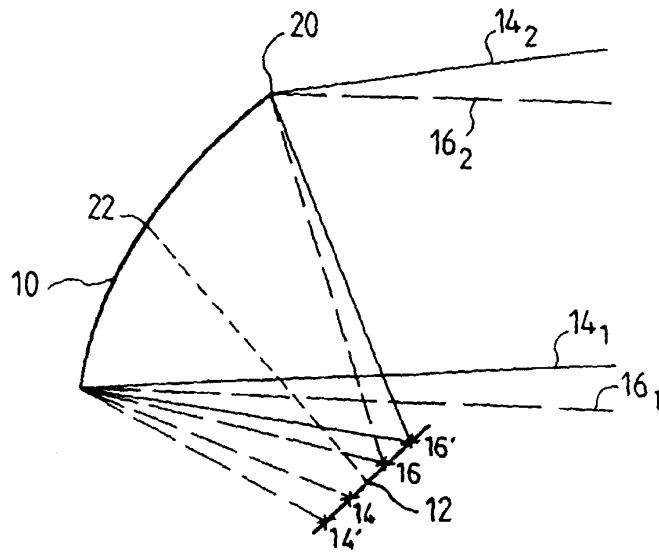


FIG. 1

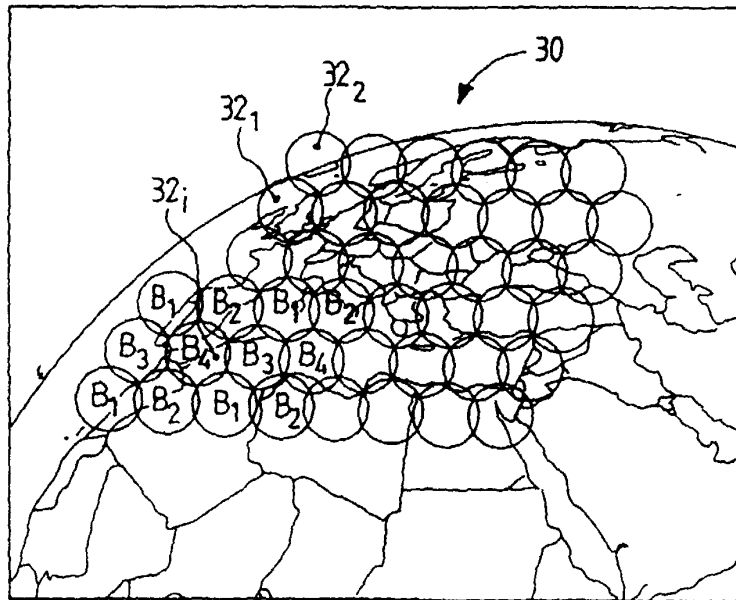


FIG. 2

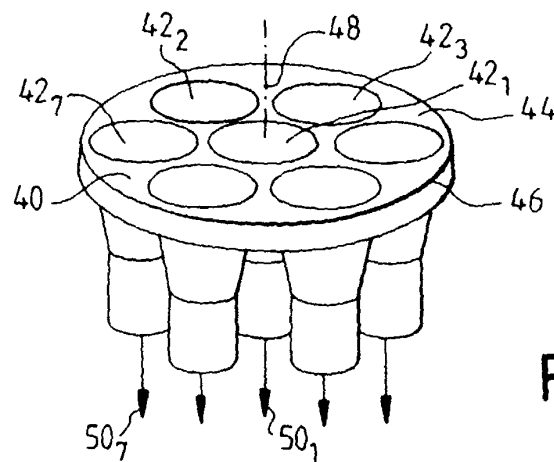


FIG. 3

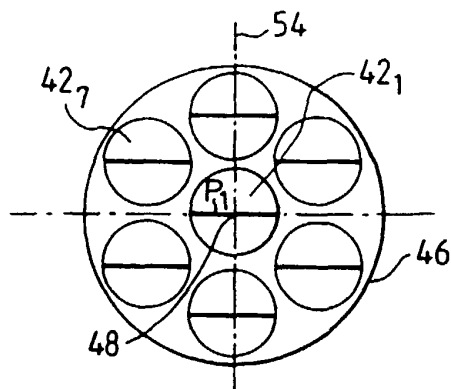


FIG. 4

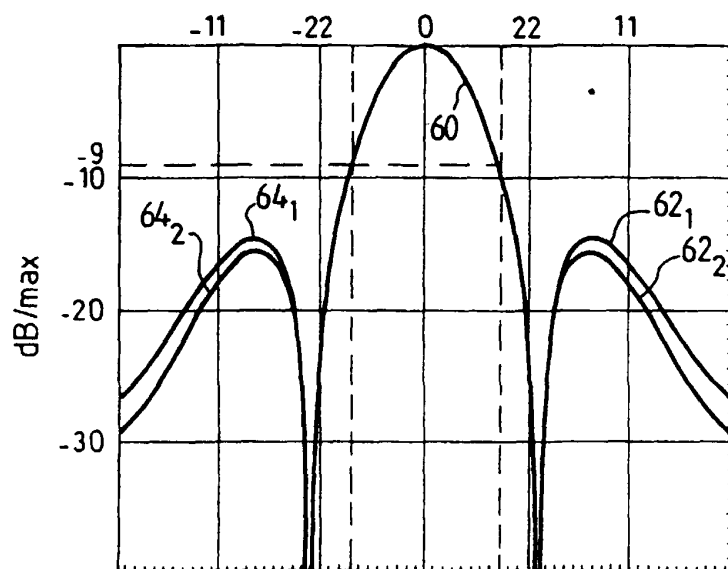


FIG. 5

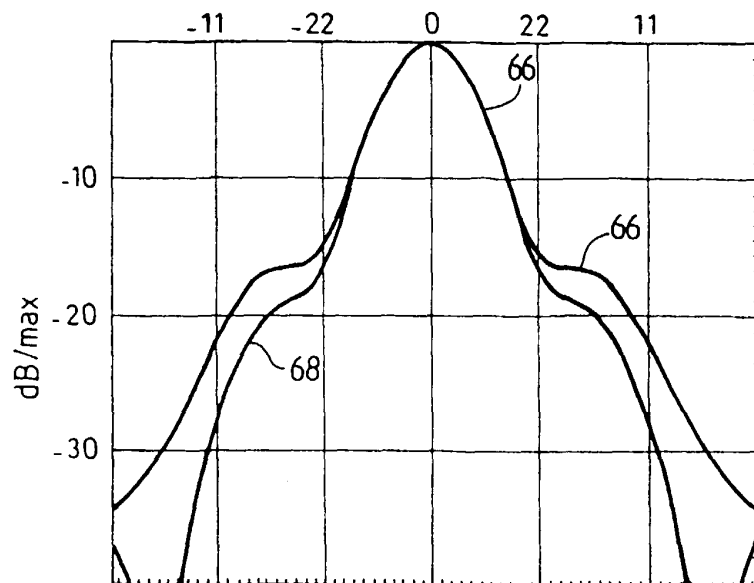


FIG. 6



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 00 40 3428

| 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.7) |
| X                                                                                                                                                                                                                                   | EP 0 920 076 A (LORAL SPACE SYSTEMS INC)<br>2 juin 1999 (1999-06-02)<br>* le document en entier *                                                                                                                                                                                                          | 1,14                                                                                                                                                                                                                                                            | H01Q19/17                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US 4 090 203 A (DUNCAN JAMES W)<br>16 mai 1978 (1978-05-16)<br>* colonne 1, ligne 5 - colonne 6, ligne 36 *                                                                                                                                                                                                | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                            |                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US 3 633 208 A (AJIOKA JAMES S)<br>4 janvier 1972 (1972-01-04)<br>* le document en entier *                                                                                                                                                                                                                | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                            |                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | CLARRICOATS P J B ET AL: "AN ARRAY-FED RECONFIGURABLE REFLECTOR FOR FLEXIBLE COVERAGE"<br>PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE, GB, TUNBRIDGE WELLS, REED EXHIBITION COMPANY,<br>6 septembre 1993 (1993-09-06), pages 194-197, XP000629912<br>ISBN: 0-946821-23-2<br>* le document en entier * | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                            |                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US 4 855 751 A (INGERSON PAUL G)<br>8 août 1989 (1989-08-08)<br>* le document en entier *                                                                                                                                                                                                                  | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                            |                                     |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |
| Lieu de la recherche<br><b>LA HAYE</b>                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Date d'achèvement de la recherche<br><b>15 mars 2001</b>                                                                                                                                                                                                        | Examineur<br><b>Wattiaux, V</b>     |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant |                                     |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |

EPO FORM 1503 03/82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 00 40 3428

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

15-03-2001

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s)                                                                        | Date de<br>publication                                                                         |
|-------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EP 0920076 A                                    | 02-06-1999             | US 6137451 A<br>JP 11225018 A                                                                                  | 24-10-2000<br>17-08-1999                                                                       |
| US 4090203 A                                    | 16-05-1978             | DE 2643708 A<br>FR 2326055 A<br>GB 1508726 A<br>IT 1070787 B<br>JP 1374288 C<br>JP 52043341 A<br>JP 61037807 B | 07-04-1977<br>22-04-1977<br>26-04-1978<br>02-04-1985<br>22-04-1987<br>05-04-1977<br>26-08-1986 |
| US 3633208 A                                    | 04-01-1972             | DE 1953732 A<br>FR 2021757 A<br>GB 1280668 A<br>JP 48010257 B<br>SE 356171 B                                   | 30-04-1970<br>24-07-1970<br>05-07-1972<br>02-04-1973<br>14-05-1973                             |
| US 4855751 A                                    | 08-08-1989             | AUCUN                                                                                                          |                                                                                                |

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82