

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 949 710 A1**

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
**13.10.1999 Bulletin 1999/41**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **H01Q 19/06**, H01Q 3/14,  
H01Q 5/00

(21) Numéro de dépôt: **99400827.4**

(22) Date de dépôt: **06.04.1999**

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

(30) Priorité: **06.04.1998 FR 9804230**

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

(72) Inventeurs:  
• **Caille, Gérard**  
**31170 Tournefeuille (FR)**

• **Martin, Laurent**  
**31200 Toulouse (FR)**  
• **Pinte, Béatrice**  
**31670 Labege (FR)**

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

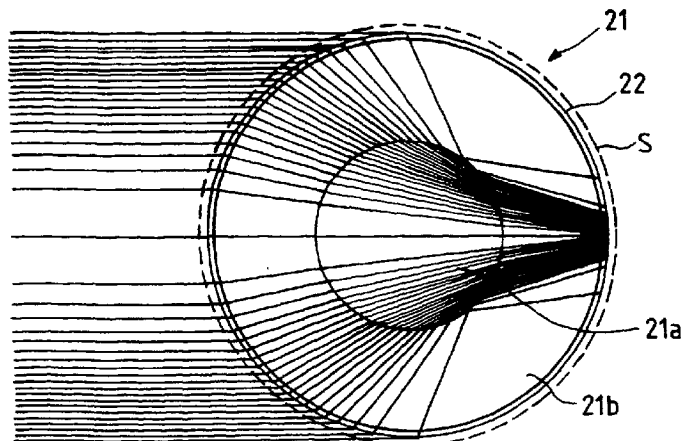
### (54) **Lentille sphérique focalisante multicouches**

(57) L'invention concerne une lentille (21) sphérique focalisante multicouches apte à être montée dans un dispositif antenne d'émission/réception d'un terminal d'un système émetteur/récepteur distant, et ayant une sphère focale concentrique (S), caractérisée en qu'elle comporte deux couches, respectivement centrale (21a) et périphérique (21b), ayant des constantes diélectriques différentes, chaque valeur de constante diélectrique étant déterminée de telle sorte que la lentille (21) focalise les faisceaux hyperfréquence parallèles vers la sphère focale (S) concentrique à la lentille. Elle concer-

ne également une antenne d'émission/réception comportant une telle lentille, ainsi qu'un terminal d'émission/réception de signaux radioélectriques de et vers au moins deux systèmes émetteur/récepteur distants évoluant en des points différents de l'espace visible par rapport audit terminal, ce terminal comportant une telle antenne.

L'invention s'applique notamment à des ensembles de transmission de données à haut débit de et vers une constellation de satellites, à usage public ou privé, civil ou militaire.

**FIG\_4**



**EP 0 949 710 A1**

## Description

[0001] L'invention concerne une lentille sphérique focalisante multicouches apte à être montée dans une antenne d'émission/réception d'un terminal d'un système émetteur/récepteur distante.

[0002] L'invention concerne également une antenne d'émission/réception comportant une telle lentille, ainsi qu'un terminal d'émission/réception de signaux radioélectriques de et vers au moins deux systèmes émetteur/récepteur distants évoluant en des points différents de l'espace visible par rapport audit terminal, ce terminal comportant une telle antenne.

[0003] L'invention s'applique notamment, mais de manière non limitative, à des ensembles de transmission de données à haut débit de et vers une constellation de satellites, à usage public ou privé, civil ou militaire.

[0004] D'une manière plus générale, l'invention concerne toute application nécessitant une lentille de structure simple permettant d'obtenir une antenne compacte.

[0005] Dans le but de simplifier la structure de la lentille dans une antenne, une première solution consiste à utiliser une lentille sphérique focalisante monocouche telle que représentée en figure 1. Ces lentilles présentent l'avantage d'être facile à fabriquer puisqu'elles ne comportent qu'une seule couche et éventuellement, comme représenté, une couche d'adaptation.

[0006] Cependant, pour une dimension donnée, ces lentilles présentent un gain assez faible, correspondant à un rendement de l'antenne inférieur à 50 %. Dans l'exemple représenté à la figure 1 malgré une optimisation des différents paramètres de la lentille, tels que l'indice de réfraction, le diamètre et les pertes par réflexion limitées par la couche d'adaptation, le gain reste faible compte tenu des rayons convergents qui représentent une perte d'énergie et perturbent le diagramme de rayonnement de l'antenne sous la forme de lobes secondaires remontés. L'expérience montre qu'une baisse de l'indice de réfraction allonge la distance focale, donc augmente le volume global de l'antenne et une hausse de cet indice augmente les pertes ohmiques sans améliorer la focalisation de la lentille.

[0007] Pour remédier à cet inconvénient une solution consisterait à surdimensionner la lentille pour obtenir un gain satisfaisant, par exemple de l'ordre de 31 dB pour les applications concernées. Cependant un tel surdimensionnement n'est pas acceptable car il implique un encombrement et un poids supplémentaire non compatible avec un terminal d'émission/réception dont on cherche à réduire au maximum le poids et l'encombrement.

[0008] Une deuxième solution consiste à utiliser une lentille multicouches de type Luneberg telle que représentée à la figure 2. Ces lentilles comportent une pluralité de couches sphériques concentriques dont la constante diélectrique décroît continûment du centre vers le bord de la lentille. Ce type de lentille présente l'avantage

d'avoir une symétrie sphérique totale bien adaptée à la réalisation d'une antenne visant sur un très large champ de vue.

[0009] Cependant, pour une dimension donnée, ces lentilles présentent également un gain assez faible correspondant à un rendement de l'antenne de 50 à 60%. La figure 2 montre une divergence des nombreux rayons malgré un échantillonnage assez fin de la loi théorique donnée par Luneberg. Pour obtenir un bon rendement il serait nécessaire d'augmenter considérablement le nombre de couches ce qui représente un coût de fabrication totalement prohibitif notamment pour des application à large diffusion.

[0010] Enfin le document US 4 307 404 décrit un modèle d'antenne multicouche plane et sphérique, dans lequel il est fait référence à une structure artificielle sphérique.

[0011] Cependant le problème qui est posé dans ce document concerne les interférences de fréquence. En conséquence la déviation du faisceau ne s'applique que pour certaines fréquences et l'antenne décrite n'est donc pas très large bande: le faisceau balaie mécaniquement dans la même direction pour toutes les fréquences compatibles de la source rayonnante.

[0012] L'invention vise donc à palier les inconvénients précédemment mentionnés.

[0013] Elle a pour objet une lentille sphérique focalisante dont la structure est simple et compacte et dont le coût de fabrication est réduit par rapport aux lentilles de l'art antérieur.

[0014] L'invention a en outre pour objet une telle lentille dont les performances notamment en termes de rendement sont meilleures que celles des lentilles de l'art antérieur.

[0015] A cet effet, selon un premier aspect, l'invention propose une lentille sphérique focalisante multicouches apte à être montée dans un dispositif antenne d'émission/réception d'un terminal d'un système émetteur/récepteur distant, et ayant une sphère focale concentrique, caractérisée en qu'elle comporte deux couches, respectivement centrale et périphérique, ayant des constantes diélectriques différentes, chaque valeur de constante diélectrique étant déterminée de telle sorte que la lentille focalise les faisceaux hyperfréquence parallèles vers la sphère focale concentrique à la lentille.

[0016] Ainsi, la structure bicouche de la lentille améliore la focalisation et assure donc une simplicité de structure tout en réduisant le volume de la lentille par rapport à celui des lentilles de l'art antérieur. Bien entendu ceci suppose d'avoir optimisé les deux valeurs de constantes diélectrique ainsi que le rayon intermédiaire et la position de la source. On obtient ainsi un rendement de 70 à 80% tout à fait satisfaisant pour les applications concernées.

[0017] Selon un mode de réalisation, la lentille comporte une couche d'adaptation, destinée à réduire les pertes par réflexion à l'interface diélectrique de la lentille/air.

**[0018]** Cette couche d'adaptation a pour effet de réduire les pertes et couplages générés par les phénomènes de réflexion à la surface de la lentille sphérique.

**[0019]** Selon un autre mode de réalisation, les valeurs des constantes diélectriques des deux couches sont comprises entre 2 et 5.

**[0020]** Selon un deuxième aspect, l'invention propose une antenne d'émission/réception de signaux radioélectriques de et vers au moins un système émetteur/récepteur distant évoluant dans l'espace visible par rapport à ladite antenne, caractérisée en ce qu'elle comporte une lentille sphérique focalisante telle mentionnée précédemment.

**[0021]** Selon un troisième aspect, l'invention propose un terminal d'émission/réception de signaux radioélectriques de et vers au moins deux systèmes émetteur/récepteur distants évoluant en des points différents de l'espace visible par rapport audit terminal, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen de détermination de la position à un instant donné desdits émetteurs/récepteurs distants en vue, un moyen de choix d'un émetteur/récepteur distant, une antenne selon la revendication 14, comportant au moins deux sources primaires d'émission/réception, un moyen de pilotage des déplacements des sources primaires d'émission/réception sur la sphère focale adapté à éviter que les sources primaires ne viennent en collision et des moyens de commutation entre les sources primaires.

**[0022]** Selon un mode de réalisation du terminal, chaque source primaire, montée sur un support, est rendue mobile par l'action d'au moins un couple de moteurs de manière à obtenir un déplacement de chaque source sur au moins la moitié inférieure de la sphère focale.

**[0023]** Selon une première variante, chaque source primaire est rendue mobile par l'action d'un couple de moteurs azimuth/élévation.

**[0024]** Selon une deuxième variante, chaque source primaire est rendue mobile par l'action d'un couple de moteurs dit X/Y, le premier moteur assurant une rotation de chaque source primaire autour d'un axe primaire Ox sensiblement horizontal et le deuxième moteur assurant une rotation de chaque source primaire autour d'un axe secondaire Oy rendu mobile par rapport à l'axe primaire par le premier moteur en étant constamment orthogonal à cet axe primaire.

**[0025]** Selon une troisième variante, une première source primaire est rendue mobile par l'action d'un couple de moteurs azimuth/élévation et la seconde source primaire est rendue mobile par l'action d'un couple de moteurs X/Y, le moteur azimuth de la première source primaire entraînant en outre l'ensemble de l'antenne.

**[0026]** Selon une quatrième variante, chaque source primaire est rendue mobile par l'action d'un couple de moteurs à axes de rotation oblique.

**[0027]** D'autres caractéristiques de l'invention sont explicitées de manière non limitative dans la description qui suit de modes de réalisation, en référence aux figures annexées.

**[0028]** La figure 1 est une représentation en plan d'une lentille sphérique focalisante monocouche de l'art antérieur.

**[0029]** La figure 2 est une représentation en plan d'une lentille sphérique focalisante multicouche dite de Luneberg de l'art antérieur.

**[0030]** La figure 3 est une représentation schématique d'un terminal selon l'invention, ainsi que les éléments du système de transmission satellitaire au sein duquel il s'intègre.

**[0031]** La figure 4 est une représentation en plan d'une lentille sphérique focalisante bicouche selon l'invention.

**[0032]** La figure 5 est une représentation schématique d'un premier mode de réalisation d'un système mécanique de déplacement des sources primaires d'émission/réception sur une portion de la sphère focale de la lentille focalisante, par des couples de moteurs azimuth/élévation.

**[0033]** La figure 6 montre un montage de l'électronique de basculement des signaux des sources primaires d'émission/réception du système mécanique de la figure 5.

**[0034]** La figure 7 est une variante du montage de la figure 6.

**[0035]** La figure 8 est une représentation schématique d'un deuxième mode de réalisation d'un système mécanique de déplacement des sources primaires d'émission/réception sur une portion de la sphère focale de la lentille focalisante, par des couples de moteurs azimuth/élévation.

**[0036]** La figure 9 est une représentation schématique d'un mode de réalisation d'un système mécanique de déplacement des sources primaires d'émission/réception sur une portion de la sphère focale de la lentille focalisante, par des couples de moteurs X/Y.

**[0037]** La figure 10 est une représentation schématique en perspective (figure 10a) et en coupe (figure 10b) d'un mode de réalisation des sources primaires d'émission/réception.

**[0038]** La figure 11 est une représentation du mécanisme de la figure 8 sur lequel sont montées des sources primaires d'émission/réception conformes au mode de réalisation de la figure 10.

**[0039]** La figure 12 est une représentation schématique d'un mode de réalisation d'un système mécanique de déplacement des sources primaires d'émission/réception sur une portion de la sphère focale de la lentille focalisante, par des couples de moteurs azimuth/élévation et X/Y.

**[0040]** La figure 13 est une représentation schématique d'un mode de réalisation d'un système mécanique de déplacement des sources primaires d'émission/réception sur une portion de la sphère focale de la lentille focalisante, par des couples de moteurs à axes obliques, une seule source étant active.

**[0041]** La figure 14 est une représentation du mode de réalisation de la figure 13 dans lequel les deux sour-

ces sont actives.

**[0042]** La figure 15a est une représentation schématique en coupe d'un mode de réalisation du support de la lentille.

**[0043]** La figure 15b est une vue agrandie de la partie A de la figure 15a.

**[0044]** La figure 3 montre une antenne 1 en vue de deux satellites 2, 3 défilant sur une orbite 4 autour de la Terre 5. Les orbites des satellites sont déterministes et connues longtemps à l'avance. Il apparaît cependant des dérives (limitées à environ  $\pm 0.1^\circ$  vu d'un terminal) liées à la traînée atmosphérique résiduelle, à la pression de radiation solaire, qui sont corrigées à intervalles réguliers par les moteurs du satellite. Ces satellites sont dotés d'antennes de réception ainsi que d'antennes d'émission 6, 7 émettant des signaux en forte puissance dans des faisceaux directs 8, 9.

**[0045]** Un particulier ou une entreprise utilisant le système de transmission de données est doté d'un terminal-antenne comportant d'une part une antenne 1, installée de façon fixe par exemple sur le toit comme une antenne satellitaire TV classique. Ce terminal-antenne, ou terminal d'émission/réception comporte par ailleurs une électronique de contrôle 10 assurant le suivi des satellites, l'émission et la réception des signaux radioélectriques, et le décodage des informations cryptées pour lesquelles l'utilisateur dispose d'une habilitation (abonnement). Le terminal-antenne est également relié à un ordinateur 11 de type micro-ordinateur PC, comportant un dispositif de mémoire non détaillé, un clavier 12 et un écran 13. Le dispositif de mémoire du micro-ordinateur comporte un enregistrement des informations caractérisant les orbites des satellites (éphémérides remises à jour périodiquement par des signaux en provenance des stations), et un logiciel permettant de calculer à un instant donné, en fonction de ces informations d'orbite et de la localisation géographique du terminal-antenne (longitude, latitude), les angles géographiques locaux (azimut, élévation) des satellites en visibilité, qui lui sont affectés par la station (ou gateway) qui gère la zone concernée.

**[0046]** Le terminal-antenne peut également être relié dans une autre réalisation à un téléviseur 14 pour la réception d'émissions sur commande, ledit téléviseur pouvant être doté d'une caméra 15 permettant des applications de visioconférence, ainsi que d'un téléphone 16 et d'un fax non représenté. Les deux types d'interfaces utilisateur (microordinateur ou poste de télévision) peuvent être présents simultanément ; dans ce cas, les différents appareils nécessitant le transfert de données via le terminal-antenne sont branchés sur un boîtier connecteur 17 éventuellement intégré au boîtier 10 contenant l'électronique de contrôle du terminal-antenne.

**[0047]** De façon plus détaillée l'antenne 1 comporte une lentille sphérique focalisante 21 présentant une sphère focale S.

**[0048]** Selon l'invention cette lentille focalisante comporte deux couches, respectivement centrale 21a et pé-

riphérique 21b, ayant des constantes diélectriques différentes, chaque valeur de constante diélectrique étant déterminée de telle sorte que la lentille focalise les faisceaux hyperfréquence parallèles vers la sphère focale S concentrique à la lentille.

**[0049]** La détermination de chaque valeur de constante diélectrique peut également intégrer le fait que les trajets des faisceaux hyperfréquence doivent être égaux, que la densité de puissance entre deux rayons consécutifs échantillonnant le diagramme de la source est constante, à savoir que le diagramme de la source soit adapté à la répartition spatiale de l'énergie reçue par elle, et que les réflexions à l'interface des deux couches soient faibles. Dans le deuxième cas cela permet de maximiser le gain de l'antenne en générant un tube d'énergie quasi-uniforme en sortie de la lentille.

**[0050]** Il peut être nécessaire de réduire les réflexions à l'interface diélectrique/air de la lentille si l'on veut améliorer les performances de l'antenne. Une couche d'adaptation 22 d'une épaisseur d'un quart de longueur d'onde peut alors avantageusement être ménagée sur la périphérie de la lentille. Elle est avantageusement réalisée par exemple sous la forme d'un revêtement en diélectrique d'indice égal à la racine carrée de l'indice du diélectrique de la couche périphérique. Une autre variante consiste à percer sur une épaisseur d'un quart de longueur d'onde une pluralité de trous borgnes, en densité telle que la moyenne de l'indice du diélectrique restant et de l'indice de l'air dans les trous équivaille à un indice égal à la racine carrée de l'indice du diélectrique de la couche périphérique 21b. Cette méthode, qui revient à « simuler » un diélectrique de permittivité déterminée, est classique. Les trous borgnes peuvent également être remplacés par des rainures croisées.

**[0051]** Les couches centrales 21a et périphérique 21b de la lentille sphérique contiennent un matériau à faibles pertes et de densité modérée.

**[0052]** Par exemple, la couche centrale 21a est en verre et la couche périphérique 21b est en un matériau diélectrique à constante ajustable, tel qu'une mousse chargée de titanate de calcium ou de baryum, et/ou de microbilles de verre métallisées.

**[0053]** De manière à optimiser les caractéristiques de la lentille 21 et par voie de conséquence de l'antenne 1, les valeurs des constantes diélectriques des deux couches centrale 21a et périphérique 21b sont comprises entre 2 et 5. Dans l'exemple représenté à la figure 4, un couple de valeur optimum est de l'ordre de 4,5 pour la couche périphérique 21b et 3,7 pour la couche centrale 21a.

**[0054]** L'antenne 1 comporte également deux sources primaires 23, 24 d'émission/réception de faisceaux d'ondes sphériques et un montage mécanique représenté sur les figures 5, 8, 10, 11, 12 et 13 de positionnement de ces sources primaires d'émission/réception.

**[0055]** Les deux sources primaires 23, 24 d'émission/réception d'ondes sphériques sont disposées de façon mobile sur une portion de la sphère focale S de la lentille

focalisante. Ce sont des antennes cornets de type classique dans la réception satellitaire TV par exemple, pour laquelle des cornets illuminés par des réflecteurs paraboliques sont utilisés.

**[0056]** Les caractéristiques spécifiques des cornets utilisés ici sont liées d'une part à l'angle sous lequel ils voient la lentille focalisante et d'autre part à la longueur d'onde utilisée. En ce qui concerne les débits de données, il faut envisager pour des applications variées couvrant jeu interactif, télétravail, téléenseignement, vidéo interactive, transmission de données type Internet, un volume émis maximum de l'ordre de 1 à 5 Mbps, et un volume reçu maximum d'un ordre de grandeur supérieur, c'est à dire de 10 à 50 Mbps. Par ailleurs, pour réaliser une antenne compacte la position des cornets est la plus proche possible de la lentille sphérique : leur cône de rayonnement utile étant très large, le diamètre de leur embouchure sera faible, de 20 à 25 mm dans l'exemple considéré d'un système fonctionnant en bande Ku, soit 11,7 à 14,3 GHz.

**[0057]** Un montage mécanique simple permettant de remplir la fonction de déplacement des deux sources sur une portion de la sphère focale, consiste à rendre les deux sources mobiles par l'action d'un couple de moteurs azimut/élévation pour chaque source.

**[0058]** Deux mode de réalisation de ce type de montage sont représentés aux figures 5 et 8.

**[0059]** La figure 5 illustre un montage mécanique dans lequel le déplacement des deux cornets est réalisé de façon indépendante. Le support des sources comporte principalement une double couronne concentrique 32, 33 et des balancelles 30, 31 supportant les cornets 23, 24. Pour assurer que la portion de sphère déterminée par les axes de liberté des cornets dans cette configuration correspond bien à la sphère focale de la lentille focalisante 21, celle-ci est disposée au centre de la double couronne, par un moyen de support mécanique non représenté ici, mais de nature classique.

**[0060]** Dans cette configuration, le premier cornet 23 est mu par un support « intérieur » au support de l'autre cornet 24. Ce premier cornet 23 est attaché par sa partie haute à une structure de support de type balancelle 30, réalisée en plastique rigide, dont les deux bras sont formés en arc de cercle dans leur partie basse pour éviter de gêner le passage de l'autre balancelle 31 supportant le deuxième cornet 24. La balancelle 30 est attachée selon un axe A à une couronne intérieure 32.

**[0061]** Le déplacement de la balancelle par rapport à la verticale est réalisé par un moteur d'inclinaison 36, par exemple de type moteur électrique pas à pas, disposé selon l'axe A à l'intérieur de la couronne 32. Ce déplacement permet d'atteindre une inclinaison  $\beta_1$ , comprise entre  $-80^\circ$  et  $+80^\circ$ . Cette inclinaison est fonction de l'élévation du satellite : elle est nulle pour un satellite situé au zénith du lieu, et est de  $\pm 80^\circ$  pour un satellite situé  $10^\circ$  au-dessus de l'horizon du lieu.

**[0062]** La couronne intérieure 32 est mue en rotation par un autre moteur électrique 34, également de type

pas à pas, dont l'action permet de déterminer un azimut  $\alpha_1$  compris entre  $0^\circ$  et  $360^\circ$ . Ce moteur est par exemple disposé à l'extérieur des deux couronnes, et entraîne la couronne intérieure en rotation par l'intermédiaire d'une couronne dentée.

**[0063]** On comprend donc que la combinaison des actions des deux moteurs azimut 34, inclinaison 36 permet de placer le premier cornet 23 en tout point choisi sur une calotte de la sphère focale d'angle d'ouverture  $\pm 80^\circ$ , le cornet restant en permanence pointé vers le centre de la lentille focalisante. Le contrôle des deux moteurs 34, 36 permet de réaliser le suivi d'un satellite défilant, la vitesse de défilement du satellite correspondant à un déplacement du cornet par exemple d'une position d'élévation  $-80^\circ$  à une élévation  $+80^\circ$  en dix minutes environ.

**[0064]** Ainsi les deux moteurs azimut 34 et inclinaison 36 constitue un couple de moteurs azimut/élévation.

**[0065]** Dans le cas où le système partage les mêmes bandes de fréquence que des satellites géostationnaires (ce qui est le cas en bande Ku), la non-interférence avec eux est assurée en basculant le trafic sur un autre satellite, dès que celui qui est poursuivi s'approche de moins de  $10^\circ$  de l'arc géostationnaire, en angle vu depuis le terminal.

**[0066]** Le support du second cornet est très similaire à celui décrit plus haut pour le premier cornet. Ce cornet 24 est attaché par sa partie inférieure à une structure balancelle 31, de taille suffisante pour ne pas risquer de gêner le passage de la balancelle intérieure. Cette balancelle est suspendue à une couronne extérieure 33. L'angle d'azimut  $\alpha_2$  de l'antenne 24 est déterminé par l'action d'un moteur d'azimut 37, et l'angle d'inclinaison  $\beta_2$  est obtenu par l'action d'un moteur d'inclinaison 35 en tous points identiques aux moteurs de positionnement de l'autre antenne.

**[0067]** L'électronique d'asservissement et d'alimentation des moteurs pas à pas azimut et inclinaison des cornets n'est pas décrite ici mais est connue de l'homme de l'art.

**[0068]** En ce qui concerne le montage électronique permettant le basculement entre les deux cornets 23, 24, il est illustré sur la figure 6. Un canal de signal à émettre 42 comportant un amplificateur 46 (technologie «SSPA: Solid State Power Amplifier» : amplificateur état solide de puissance), et un canal de signal reçu 43 comportant un amplificateur 47 (technologie «LNA: Low Noise Amplifier» : amplificateur à faible bruit) sont reliés à un circulateur 41. Ce circulateur de nature connue est un composant passif provoquant la circulation du signal dans un sens donné entre ses trois ports et permettant un découplage émission / réception. Il est par exemple réalisé en ferrite. Ce circulateur 41 est relié à un commutateur 40 de connexion sélective à l'un ou l'autre des cornets. Le commutateur 40 est relié aux cornets par des câbles coaxiaux souples 44, 45. Il est de type connu à base de diode, et commute en moins d'une microseconde entre les deux cornets. Les composants annexes

non mentionnés dans cette description, tels qu'alimentation électrique, sont de nature classique dans ce domaine.

**[0069]** Le mode de fonctionnement du dispositif comporte plusieurs phases. La première est l'installation du dispositif. Elle comporte la fixation mécanique de l'antenne sur le toit d'un édifice, en vérifiant les axes horizontaux et l'orientation nord / sud de l'antenne. Ensuite, l'antenne est connectée à son alimentation, à un micro-ordinateur pilote 11, et aux appareils utilisateurs TV 14, caméra 15, téléphone 16.

**[0070]** Dans la même phase, les éphémérides des satellites de la constellation (paramètres orbitaux de position et vitesse à un instant initial donné) sont entrés en mémoire de l'ordinateur destiné à servir d'hôte et de pilote de l'antenne. Ces données peuvent être fournies sous la forme d'une disquette.

**[0071]** Après entrée de l'heure locale et de la position terrestre du terminal-antenne (latitude, longitude), l'ordinateur peut calculer la position actuelle des satellites de la constellation en fonction du temps écoulé depuis l'instant correspondant aux paramètres orbitaux mémorisés, et comparer ces positions à la zone de visibilité théorique depuis le terminal-antenne. Une procédure de calibration automatique du système est réalisable, avec pointage des 2 cornets 23, 24 sur la position théorique de satellites en vue, suivi pendant quelques instants, et vérification à partir des données acquises du niveau de puissance reçue et émise, de l'orientation spatiale de l'antenne, et de la qualité du suivi. Un diagnostic de corrections à apporter à l'installation est réalisé automatiquement en fonction de ces données de calibration.

**[0072]** Dans la phase d'utilisation courante, lorsque l'utilisateur met le système en marche (ordinateur en marche et alimentation de l'antenne), le logiciel de pilotage calcule la position des satellites à cette heure, et détermine donc quels satellites sont en vue à ce moment depuis cette position du globe. La station lui affecte un des satellites en visibilité en fonction des disponibilités en débit de données (donc en bande passante) des divers satellites à ce moment. L'ordinateur 11 calcule la position correspondante que doit prendre un cornet sur la sphère focale de la lentille focalisante, envoie les ordres de mouvement aux moteurs pas à pas de déplacement de ce cornet, et connecte sélectivement ce cornet, correspondant au satellite le plus en vue, à l'électronique d'émission et de réception. La transmission et la réception des données sont alors possibles.

**[0073]** De façon continue, l'ordinateur calcule alors les mouvements correctifs à apporter à la position du cornet utilisé pour suivre le satellite, et pilote les moteurs de position en conséquence. La précision de positionnement requise pour un suivi régulier des satellites est déterminée par la largeur du lobe principal de l'antenne, et le taux d'atténuation acceptable du signal avant déplacement de ladite antenne. Dans le cas présent, une ouverture du lobe de 5° et une perte de signal acceptable de 0,2 dB conduisent à une précision de pointage

de 0,5° du cornet par les moteurs, ce qui correspond pour une sphère focale typique de 20 cm de rayon à une précision de positionnement de 2 mm. Un suivi de satellite défilant à environ 1500 Km conduit alors à une vitesse maximale du cornet d'un mm par seconde environ. Lors du suivi d'un satellite, le cornet assurant le flux de communications est prioritaire en déplacement sur l'autre cornet, le logiciel assurant à tout instant qu'aucune collision ne se produit en déplaçant au besoin le second cornet hors de la route du premier.

**[0074]** Suivant le critère d'élévation du satellite inférieure à 10° (satellite s'approchant de l'horizon), ou de baisse anormale du signal reçu (prise en compte d'arbres, de collines ou autres obstacles locaux, permanents ou non, ou passage dans la bande proche de l'arc géostationnaire, dans laquelle un brouillage par ou vers les satellites géostationnaires oblige à interrompre la liaison), l'ordinateur détermine le second satellite le plus en vue, après un court dialogue avec la station pour vérifier la disponibilité en débit de ce satellite, il positionne le second cornet de façon correspondante à cette position. Puis la connexion sélective de ce cornet est réalisée et la poursuite de ce satellite est effectuée. Le temps de commutation entre les deux antennes cornets, de 1 microseconde dans la réalisation présentée, entraîne, pour un volume de données transmises de 1 Mbps à 50 Mbps au maximum, une perte de données correspondant à environ 1 à 50 bits. La reconstitution des données perdues est réalisée par utilisation de codes correcteurs d'erreurs transmis avec le signal.

**[0075]** La remise à jour des éphémérides est réalisée périodiquement en provenance de la station dirigeant la zone où se trouve le terminal, via le réseau satellitaire lui-même.

**[0076]** Comme on l'a vu dans la description, les moteurs utilisés dans ce montage sont de puissance adaptée au déplacement d'une masse faible, quelques centaines de grammes au plus, ce qui permet l'utilisation de moteurs peu onéreux, très classiques dans le commerce. Ceci est un avantage par rapport à la solution de suivi de satellites utilisant deux antennes, pour laquelle les moteurs doivent être adaptés au positionnement précis de masse de quelques kg, et sont donc plus chers.

**[0077]** Les niveaux de précision requis sur le positionnement de l'antenne d'une part et le temps entre deux mouvements d'autre part garantissent qu'un montage mécanique classique et une électronique simple peuvent atteindre ces niveaux. On voit donc que la solution choisie est économique à fabriquer.

**[0078]** La mise en oeuvre telle qu'elle a été décrite fournit à la fois un dispositif de faible coût, les différents composants étant de type connu ou de spécifications de fabrication peu exigeantes, et un dispositif compact.

**[0079]** Il est à noter que la motorisation et les supports sont protégés par un radôme cylindrique R (figure 8) qui se termine vers le haut en demi sphère proche de la lentille ; la prise au vent, indifférente à la direction,

présente alors un coefficient de traînée faible, ce qui représente un avantage par rapport aux antennes classiques sans radôme, pour lesquelles se posent des problèmes de mouvements entretenus lors de vent en rafales.

**[0080]** Dans une autre variante, le montage électronique permettant le basculement entre les deux cornets 23, 24, est remplacé par un montage illustré sur la figure 7. Dans ce montage, chaque cornet 23, 24 comporte un circulateur 41', 41" auquel sont reliés directement des modules d'amplification sur les signaux d'émission 46', 46" et de réception 47', 47". Les amplificateurs de signaux d'émission des deux sources primaires sont reliés par deux câbles coaxiaux 45', 44' à un dispositif de connexion sélective 40' auquel parvient le signal à émettre par un canal 42. De même, les amplificateurs à faible bruit des signaux reçus sont reliés par des câbles coaxiaux 45", 44" à un dispositif de connexion sélective 40" auquel est relié un canal 43 de signal reçu.

**[0081]** Cette disposition est destinée à réduire l'impact des pertes de signal se produisant dans les câbles coaxiaux souples, et estimées aux alentours de 1 dB dans chaque câble dont la longueur incluant les boucles de relaxation est estimée entre 70 et 90 cm. Cette variante présente un coût supérieur par la duplication des amplificateurs, mais permet à puissance d'amplificateur égale, d'améliorer la Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente (PIRE) de 1 dB environ, et le facteur de mérite en réception (G/T) d'environ 2 dB. A performances de l'antenne égales, ceci permet une réduction des dimensions de la lentillesphérique, donc de toute l'antenne.

**[0082]** Dans une variante relative à la méthode de suivi des satellites, une technique active remplace la technique passive décrite, dans laquelle comme on s'en souvient les données caractérisant la position des satellites sont simplement stockées à l'avance en mémoire de l'ordinateur, et pour laquelle on suppose que l'on positionne ainsi les sources primaires au bon endroit au bon moment, sans contrôle en temps réel. Dans la variante envisagée, chaque cornet comporte plusieurs récepteurs, par exemple quatre récepteurs disposés en matrice carrée, et fournit des signaux de sortie correspondant à une somme et à une différence des signaux reçus par les différents récepteurs. En début de poursuite d'un satellite donné, un cornet est positionné selon les données calculées par l'ordinateur 11. Puis l'analyse de l'évolution au cours du temps des signaux somme et différence permet de déterminer dans quelle direction le satellite se déplace et de le suivre en conséquence. Une remise à jour automatique des éphémérides mémorisés, en fonction des positions des satellites réellement observées, est éventuellement effectuée régulièrement par l'ordinateur hôte.

**[0083]** Dans une autre variante non représentée, dans laquelle l'utilisateur ne dispose pas d'un micro-ordinateur, le logiciel de suivi des satellites et la mémoire d'enregistrement des éphémérides sont intégrés dans

un microprocesseur à mémoire, par exemple intégré dans un boîtier à placer sous un poste de TV, de la taille typique des décodeurs de TV cryptée traditionnels, et qui peut être confondu avec un modulateur/démodulateur adapté à des émissions cryptées. Une procédure de téléchargement des éphémérides à intervalles réguliers est de toutes les façons prévue de façon automatique, sans intervention de l'utilisateur.

**[0084]** Il est à noter que dans toutes les variantes précédentes, si la bande de fonctionnement du système multimédia est la même que celles de la télévision directe par satellites, les deux sources peuvent être placées aux positions adaptées pour viser deux satellites géostationnaires : le même terminal-antenne sert alors alternativement à l'application multimédia, et à la réception des programmes diffusés par ces deux satellites, ces derniers peuvent être changés à volonté, en déplaçant les sources.

**[0085]** Dans encore une autre variante, un dispositif similaire à celui de l'invention est installé non plus au niveau du terminal sol, mais au niveau d'un satellite, par exemple satellite d'observation devant envoyer des images à quelques stations sol seulement dont la position peut être quelconque. Le principe de suivi des stations sol est analogue pour le satellite à celui de satellites défilant pour un terminal au sol. Dans cette application, la taille des stations sol peut être très nettement réduite (par exemple d'un facteur 10 si on réalise un gain de 20 dB sur le signal reçu par l'antenne) par rapport aux antennes de réception classiques adaptées à des satellites émettant en faisceau large, donc avec une puissance reçue faible. Cette disposition peut également améliorer la confidentialité des données émises. Enfin, la simplicité de la solution, son faible coût (par rapport en particulier aux antennes actives à très nombreux éléments) et sa faible consommation électrique rendent sa mise en oeuvre très favorable sur satellite.

**[0086]** Suivant un autre mode de réalisation tel que représenté à la figure 9, les sources de l'antenne sont des pavés imprimés du type dit "patches". Ces pavés peuvent de leur côté soit être uniques par source, tels que représentés aux figures 10a et 10b, soit groupés en de petits réseaux (figure 9) permettant de compenser d'éventuelles aberrations du système focalisant. Cette variante à pavés, étant plus compacte, est particulièrement adaptée à la lentille sphérique car elle permet de réduire significativement l'encombrement global du terminal-antenne.

**[0087]** Il est également possible d'envisager un dispositif à trois sources, dont l'une vise en permanence un satellite de l'arc géostationnaire. Une telle disposition permet, avec une seule antenne, soit les applications multimédia à haut débit d'information vers les satellites défilants (qui nécessitent deux sources mobiles), soit la réception d'images de télévision directe depuis un satellite géostationnaire (même s'il utilise une autre bande de fréquences que le système multimédia), au choix de l'utilisateur, et sans délai de repositionnement des sour-

ces mobiles.

**[0088]** Par exemple si la lentille reste fixe, une source collée à la lentille reçoit les émissions de télévision, alors que les deux sources mobiles assurent en même temps le suivi et les basculement nécessaires à la mission multimédia.

**[0089]** Si la lentille est tournante, notamment pour réduire les masquages par les supports (montage des figures 13 et 14), la troisième source peut également être montée sur un support mobile par rapport à la lentille et aux deux autres sources.

**[0090]** D'autres modes de réalisation du montage mécanique permettant de remplir la fonction de déplacement des deux sources sur une portion de la sphère focale, vont être décrits ci-dessous. Bien entendu, les différents modes de réalisation décrits précédemment du montage électronique de basculement des sources, de la méthode de suivi des satellites et des sources proprement dites peuvent s'appliquer à ce qui suit.

**[0091]** La figure 8 représente une variante du montage mécanique à moteurs azimuth/élévation de la figure 5. Chaque source 23, 24 est montée sur un bras support 50, 51 comportant un arc de cercle 52, 53 concentrique à la sphère focale S positionné respectivement sur une moitié de la partie inférieure de la sphère focale et un arbre d'entraînement en rotation 54, 55 s'étendant parallèlement à la verticale et étant couplé à un moteur dit azimuth 56, 57. Ainsi les sources primaires 23, 24 sont rendues mobiles suivant un azimuth respectivement Az1 et Az2 distinct.

**[0092]** D'autre part, chaque source primaire 23, 24 est guidée sur son arc de cercle 52, 53 dans une glissière, pour son mouvement en élévation E11, E12, qui dans l'exemple choisi, est compris entre 1 et 80°, par des moteurs d'élévation 58, 59. Ces mouvements en élévation E11 et E12 permettent de définir les axes de visés S1 et S2 des deux satellites visibles.

**[0093]** Dans une autre variante de montage mécanique de support des sources mobiles, représentée sur la figure 9, chaque source primaire 23, 24 est rendue mobile par l'action d'un couple de moteur dit X/Y. Un arc semi-circulaire 60 est attaché en deux points diamétralement opposés, par exemple Est et Ouest, de la sphère focale. Une source 23 est mobile le long de cet arc faisant office de glissière par l'action d'un moteur électrique secondaire 61 attaché à la source. La deuxième source 24 est montée de façon identique sur un autre arc 62 en étant guidée par un moteur secondaire 63. Bien que cela ne soit pas représenté, chaque arc semi-circulaire 60 et 62 est entraîné en rotation autour d'un axe primaire Ox par un moteur primaire constituant le deuxième moteur du couple de moteurs X/Y, l'arc de cercle 60 ayant un rayon inférieur à l'arc de cercle 62. Les moteurs secondaires 61 et 63 permettent ainsi de rendre les sources mobiles autour d'un axe secondaire Oy lui-même rendu mobile par rapport à l'axe primaire par l'intermédiaire des moteurs primaires, l'axe secondaire Oy étant toujours orthogonal à l'axe primaire Ox. L'une

des sources émet et reçoit vers les satellites "nord", l'autre émet et reçoit vers les satellites "sud", ceci pour éviter les conflits de position des sources. Les repositionnements relatifs des deux bras où arcs sont possible si l'un passe au-dessus de la lentille.

les montages des figures 8 et 9 présentent un avantage de compacité par rapport aux montages des figures 5 et 7. Ils sont en outre plus adaptés à l'obtention d'angles élevés d'éclairage de la lentille par les sources, ceci étant nécessaire dans le cas d'utilisation de lentille sphérique focalisante.

**[0094]** Dans une autre variante de connexion des amplificateurs montés avant les sources primaires, utilisant un montage mécanique des sources conforme à la figure 9 et tels que représentée à la figure 11, chaque arceau est un guide d'ondes, transportant donc le signal hyperfréquence, et un joint tournant classique est monté à l'articulation des arceaux. Cette disposition permet de réduire les pertes de signal et donc d'éloigner les amplificateurs des sources primaires.

**[0095]** Une autre variante de remplacement des câbles reliés aux sources primaires consiste à utiliser des fibres optiques pour assurer l'émission et/ou la réception des signaux. Ces fibres présentent un avantage de souplesse en suivant le déplacement de l'ensemble source et amplificateur. Le support peut lui-même être utilisé comme conducteur optique pour transmettre les informations de mouvement du moteur déplaçant la source primaire.

**[0096]** Le dispositif comporte alors une diode électroluminescente pour l'émission de lumière (sur une bande de quelques centaines de MHz) et une photodiode pour la réception de données optiques. Un miroir est monté au niveau du point d'attache des arceaux, pour la transmission de lumière vers le tube conducteur optique.

**[0097]** Le tube peut également servir à la transmission de courant électrique pour l'alimentation de la source primaire, de l'amplificateur et du moteur de déplacement, en comportant deux pistes conductrices espacées et en disposant des contacteurs au niveau de la source pour la réception de ce courant électrique.

**[0098]** Dans une autre variante de montage mécanique de support des sources mobiles, représentée sur la figure 12 une première source primaire 23 est rendue mobile par l'action d'un couple de moteurs azimuth/élévation 70, 71 et la seconde source primaire 24 est rendue mobile par l'action d'un couple de moteurs X/Y 72, 73, le moteur azimuth 70 de la première source primaire entraînant en outre l'ensemble de l'antenne.

**[0099]** Dans une autre variante de montage mécanique de support des sources mobiles, représentée sur les figures 13 et 14 chaque source primaire 23, 24 est rendue mobile par l'action d'un couple de moteurs à axes de rotation oblique 80, 81 et 82, 83.

**[0100]** Chaque support de source primaire comporte un bras 84, 85 et un avant-bras 86, 87, la source primaire 23, 24 étant fixée sur une extrémité libre 88, 89 de l'avant-bras 86, 87. Le premier moteur 80, 82 entraîne

le bras 84, 85 en rotation autour d'un axe oblique primaire  $O_1$ ,  $O_2$  décalé d'un angle primaire  $\alpha_{o1}$ ,  $\alpha_{o2}$ , par rapport à la verticale, le deuxième moteur 81, 83 entraînant l'avant-bras 86, 87 en rotation par rapport au bras 84, 85 autour d'un axe oblique secondaire  $O'_1$ ,  $O'_2$  décalé par rapport à la verticale d'un angle secondaire  $\alpha'_{o1}$ ,  $\alpha'_{o2}$  supérieur à l'angle primaire  $\alpha_{o1}$ ,  $\alpha_{o2}$ , les axes primaires et secondaires de chaque couple de moteurs s'étendant de part et d'autre de la verticale.

[0101] On peut prévoir également que le terminal, dans lequel la lentille est montée sur un support distinct de celui des sources primaires, comporte en outre un moteur supplémentaire 90 destiné à entraîner le support de la lentille de telle sorte qu'il s'étende sensiblement parallèlement aux faisceaux.

[0102] Suivant un autre mode de réalisation (figures 15a et 15b) le support de la lentille 21 est constitué d'une couronne 91 sensiblement cylindrique d'une part couplés mécaniquement à la lentille et d'autre part fixés à une plateforme 92. Dans ce mode de réalisation la plateforme 92 est fixe et sert notamment à poser le terminal sur l'habitation ou le terrain sur lesquels il va être utilisé.

[0103] Les deux bras 84, 85 des sources primaires (figures 13 et 14) sont alors fixés à cette plateforme 92 soit directement, soit par l'intermédiaire du moteur supplémentaire 90 qui, dans ce cas, n'entraîne pas la lentille. Cette configuration offre aux sources primaires un degré de liberté supplémentaire pour le suivi des satellites.

[0104] Le moyen de couplage mécanique de la lentille avec la couronne 91 comporte une colerette 93 ménagée sur la périphérie de la lentille. Par exemple la colerette 93 peut être moulée avec la lentille, notamment dans la zone centrale de la sphère.

[0105] La colerette 93 coopère avec la couronne 91 qui comporte à cet effet une extrémité coudée 91a sur laquelle vient appuyer la colerette 93.

[0106] La couronne 91 peut faire partie du radôme R tel que décrit précédemment notamment en référence à la figure 8. A cet effet le radôme R comporte deux parties respectivement supérieure Ra et inférieures Rb. La partie inférieure Rb forme la couronne 91.

[0107] Suivant le mode de réalisation décrit précédemment, la colerette 93 de la lentille 21 sera alors en appui sur la partie inférieure Rb. Dans ce cas, la partie supérieure Ra peut être remplacée par une enveloppe plastique thermoformée fine mais suffisamment rigide pour jouer son rôle de protection.

[0108] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples décrits précédemment, mais peut s'appliquer à d'autres réalisations telles que par exemple les antennes actives à balayage, et d'une manière plus générale à toute réalisation utilisant un ou plusieurs moyen(s) équivalent(s) aux moyens décrits, pour remplir les mêmes fonctions, en vu d'obtenir les mêmes résultats, tels que par exemple chaque source primaire, montée sur un support, est rendue mobile par l'action d'au moins un couple de moteurs de manière à obtenir un déplacement

de chaque source sur au moins la moitié inférieure de la sphère focale.

## 5 Revendications

1. Lentille (21) sphérique focalisante multicouches apte à être montée dans un dispositif antenne d'émission/réception (1) d'un terminal d'un système émetteur/récepteur distant, et ayant une sphère focale (S) concentrique, caractérisée en qu'elle comporte deux couches, respectivement centrale (21a) et périphérique (21b), ayant des constantes diélectriques différentes, chaque valeur de constante diélectrique étant déterminée de telle sorte que la lentille (21) focalise les faisceaux hyperfréquence parallèles vers la sphère focale (S) concentrique à la lentille.
2. Lentille sphérique focalisante selon la revendication 1, caractérisée en ce que chaque valeur de constante diélectrique est optimisée de telle sorte que les trajets des rayons représentant la propagation de l'énergie hyperfréquence sont égaux.
3. Lentille sphérique focalisante selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que chaque valeur de constante diélectrique est déterminée de telle sorte que la densité de puissance entre deux rayons consécutifs est constante.
4. Lentille sphérique focalisante selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que chaque valeur de constante diélectrique est déterminée de telle sorte que les réflexions à l'interface des deux couches sont faibles.
5. Lentille sphérique focalisante selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'elle comporte une couche d'adaptation (22), destinée à réduire les pertes par réflexion à l'interface diélectrique de la lentille/air.
6. Lentille sphérique focalisante selon la revendication 5, caractérisée en ce que la couche d'adaptation (22) est de type quart d'onde.
7. Lentille sphérique focalisante selon la revendication 6, caractérisée en ce que la couche d'adaptation (22) se compose d'un diélectrique d'indice égal à la racine carrée de l'indice du diélectrique de la couche périphérique (21b).
8. Lentille sphérique focalisante selon la revendication 6, caractérisée en ce que la couche d'adaptation (22) présente une épaisseur égale au quart de la longueur d'onde utilisée, percée d'une pluralité de trous borgnes avec une densité de perçage

adaptée à créer un indice équivalent égal à la racine carrée de l'indice du diélectrique de la couche périphérique (21b).

9. Lentille sphérique focalisante selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que les couches (21a, 21b) contiennent un matériau à faibles pertes.

10. Lentille sphérique focalisante selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que la couche centrale (21a) est en verre.

11. Lentille sphérique focalisante selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce qu'au moins une des deux couches, et notamment, la couche périphérique (21b) contient un matériau diélectrique à constante ajustable, tel qu'une mousse chargée de titanate de calcium ou de barium et/ou de microbilles de verre métallisées.

12. Lentille sphérique focalisante selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que les valeurs des constantes diélectriques des deux couches (21a, 21b) sont comprises entre 2 et 5.

13. Antenne d'émission/réception (1) de signaux radioélectriques de et vers au moins un système émetteur/récepteur distant évoluant dans l'espace visible par rapport à ladite antenne, caractérisée en ce qu'elle comporte une lentille (21) sphérique focalisante selon l'une quelconque des revendications 1 à 12.

14. Antenne d'émission/réception (1) selon la revendication 13, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins une source primaire (23, 24) d'émission/réception de signaux sous forme de faisceaux d'ondes quasi-sphériques, mobile sur une portion de la sphère focale (S), un moyen d'asservissement (10) de la position de chaque source primaire d'émission/réception en relation avec la position connue d'un système émetteur/récepteur distant.

15. Terminal d'émission/réception de signaux radioélectriques de et vers au moins deux systèmes émetteur/récepteur distants évoluant en des points différents de l'espace visible par rapport audit terminal, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen de détermination de la position à un instant donné desdits émetteurs/récepteurs distants en vue, un moyen de choix d'un émetteur/récepteur distant, une antenne (1) selon la revendication 14, comportant au moins deux sources primaires (23, 24) d'émission/réception, un moyen de pilotage des déplacements des sources primaires d'émission/réception sur la sphère focale (S) adapté à éviter que

les sources primaires ne viennent en collision et des moyens de commutation entre les sources primaires.

16. Terminal selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de récupération de données perdues pendant le temps de commutation.

17. Terminal selon la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que les sources primaires (23, 24) prennent la forme d'antennes cornets mobiles sur une portion de la surface focale.

18. Terminal selon l'une quelconque des revendications 15 à 17, caractérisé en ce que chaque source primaire (23, 24), montée sur un support, est rendue mobile par l'action d'au moins un couple de moteurs de manière à obtenir un déplacement de chaque source sur au moins la moitié inférieure de la sphère focale.

19. Terminal selon la revendication 18 dans lequel la lentille (21) est montée sur un support distinct de celui des sources primaires, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un moteur supplémentaire (90) destiné à entraîner le support de la lentille (21) de telle sorte qu'il s'étende sensiblement parallèlement aux faisceaux.

20. Terminal selon la revendication 18 ou 19, caractérisé en ce que chaque source primaire (23, 24) est rendue mobile par l'action d'un couple de moteurs azimut/élévation (34, 35, 56, 57 ; 36, 37, 58, 59).

21. Terminal selon la revendication 20, caractérisé en ce que chaque support de source primaire comporte un moyen formant balancelle (30, 31), sur lequel la source primaire (23, 24) est montée de manière fixe, chaque balancelle étant rendue mobile d'une part suivant un axe par un moteur dit azimut (34, 35) du couple de moteurs, et d'autre part par rapport à la verticale par l'autre moteur dit d'inclinaison (36, 37) du couple de moteur.

22. Terminal selon la revendication 20, caractérisé en ce que chaque support de source primaire comporte un bras (50, 51) formant un arc de cercle concentrique à la sphère focal, positionné respectivement sur une moitié de la partie inférieure de la sphère focale, chaque bras étant rendu mobile suivant un azimut par un moteur dit azimut (56, 57) du couple de moteurs, et chaque source primaire étant rendue mobile le long de l'arc par l'autre moteur (58, 59) du couple de moteur.

23. Terminal selon la revendication 18 ou 19, caractérisé en ce que chaque source primaire est rendue

mobile par l'action d'un couple de moteurs dit X/Y, le premier moteur assurant une rotation de chaque source primaire autour d'un axe primaire  $O_x$  sensiblement horizontal et le deuxième moteur (61, 63) assurant une rotation de chaque source primaire autour d'un axe secondaire  $O_y$  rendu mobile par rapport à l'axe primaire par le premier moteur en étant constamment orthogonal à cet axe primaire.

24. Terminal selon la revendication 18 ou 19, caracté- 10  
risé en ce que une première source primaire (23)  
est rendue mobile par l'action d'un couple de mo-  
teurs azimut/élévation (70, 71) et la seconde source  
primaire (24) est rendue mobile par l'action d'un  
couple de moteurs X/Y (72, 73), le moteur azimut 15  
(70) de la première source primaire (23) entraînant  
en outre l'ensemble de l'antenne (1).

25. Terminal selon la revendication 18 ou 19, caracté- 20  
risé en ce que chaque source primaire (23, 24) est  
rendue mobile par l'action d'un couple de moteurs  
(80, 82 ; 81, 83) à axes de rotation oblique ( $O_1, O_2$ ;  
 $O'_1, O'_2$ ).

26. Terminal selon la revendication 25, caractérisé en 25  
ce que chaque support de source primaire (23, 24)  
comporte un bras (84, 85) et un avant-bras (86, 87),  
la source primaire étant fixée sur une extrémité libre  
(88, 89) de l'avant-bras, le premier moteur (80, 82)  
entraînant le bras en rotation autour d'un axe pri- 30  
maire ( $O_1, O_2$ ) oblique décalé d'un angle primaire  
( $\alpha_{o1}, \alpha_{o2}$ ) par rapport à la verticale, le deuxième mo-  
teur (81, 83) entraînant l'avant-bras en rotation par  
rapport au bras autour d'un axe secondaire ( $O'_1,$   
 $O'_2$ ) oblique décalé par rapport à la verticale d'un 35  
angle secondaire ( $\alpha'_{o1}, \alpha'_{o2}$ ) supérieur à l'angle pri-  
maire ( $\alpha_{o1}, \alpha_{o2}$ ), les axes primaires et secondaires  
de chaque couple de moteurs s'étendant de part et  
d'autre de la verticale.

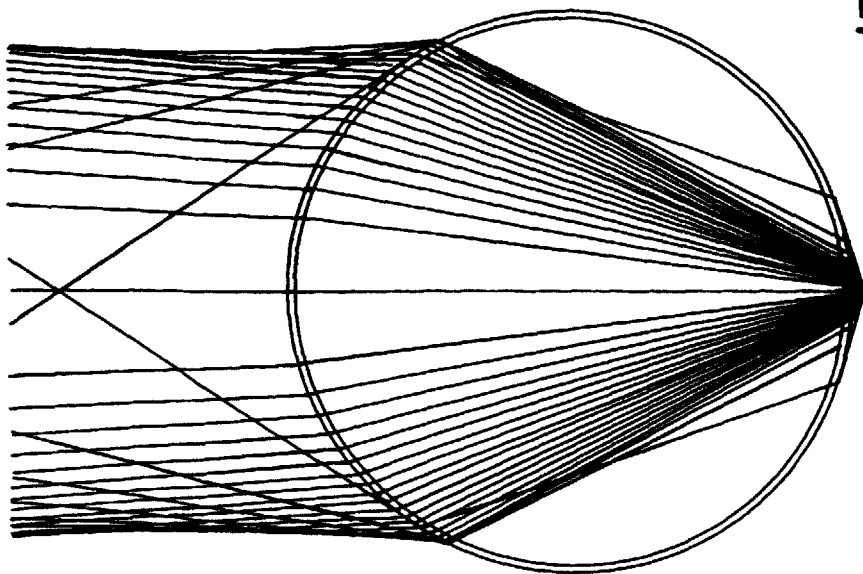
27. Terminal selon l'une quelconque des revendica- 40  
tions 15 à 26, caractérisé en ce qu'au moins une  
source primaire comporte un module d'amplifica-  
tion des signaux transmis et reçus.

28. Terminal selon l'une quelconque des revendica- 45  
tions 15 à 27, caractérisé en ce que les émetteurs/  
récepteurs distants sont des satellites d'une cons-  
tellation, et que le moyen de détermination de la po-  
sition à un instant donné des satellites en vue com- 50  
prend une base de données des paramètres orbi-  
taux de chaque satellite à un instant donné, un  
moyen de mémorisation des paramètres terrestres  
de position du terminal, un logiciel de calcul de la  
position actuelle de chaque satellites à partir des 55  
paramètres d'orbite initiaux et du temps écoulé de-  
puis l'instant initial, un logiciel de comparaison de  
la position orbitale avec la zone angulaire visible de-

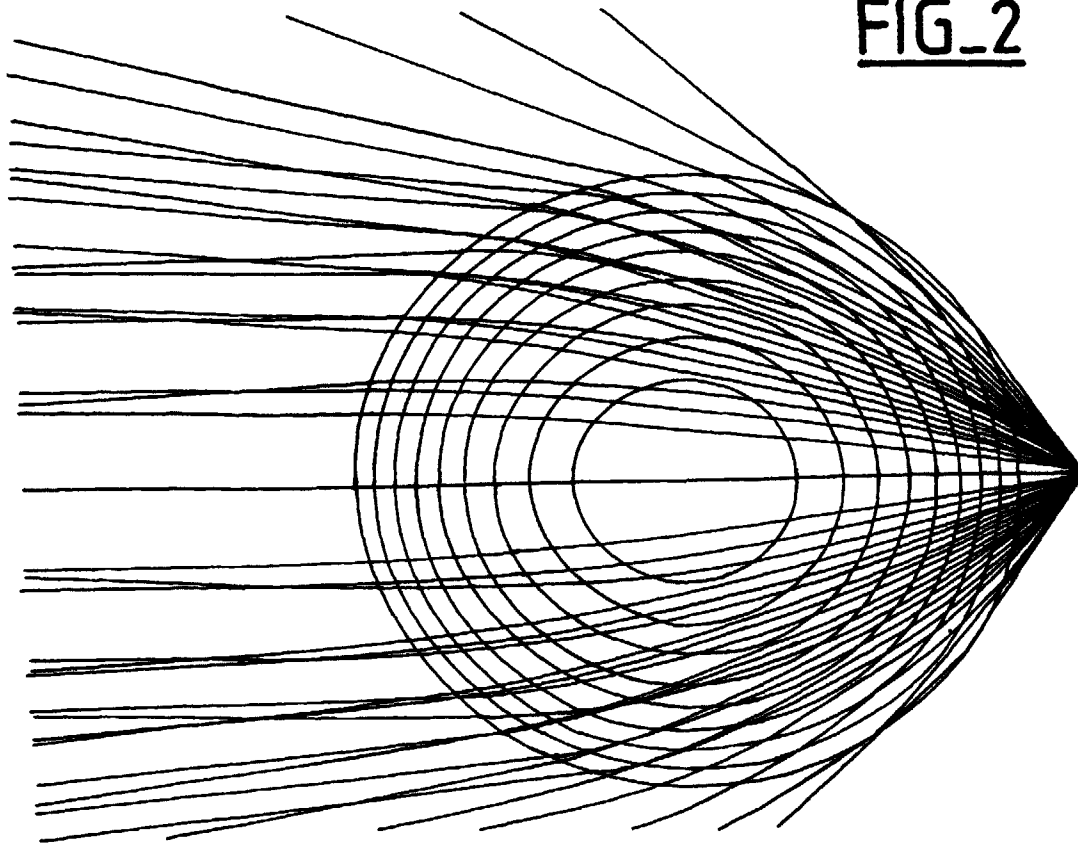
puis la position du terminal et un moyen de remise  
à jour régulière de la base de données de paramè-  
tres orbitaux des satellites.

- 5 29. Terminal selon l'une quelconque des revendica-  
tions 15 à 28, caractérisé en ce qu'il comporte en  
outre une source primaire montée en visée d'un  
système émetteur/récepteur distant fixe dans l'es-  
pace visible par rapport à l'antenne.

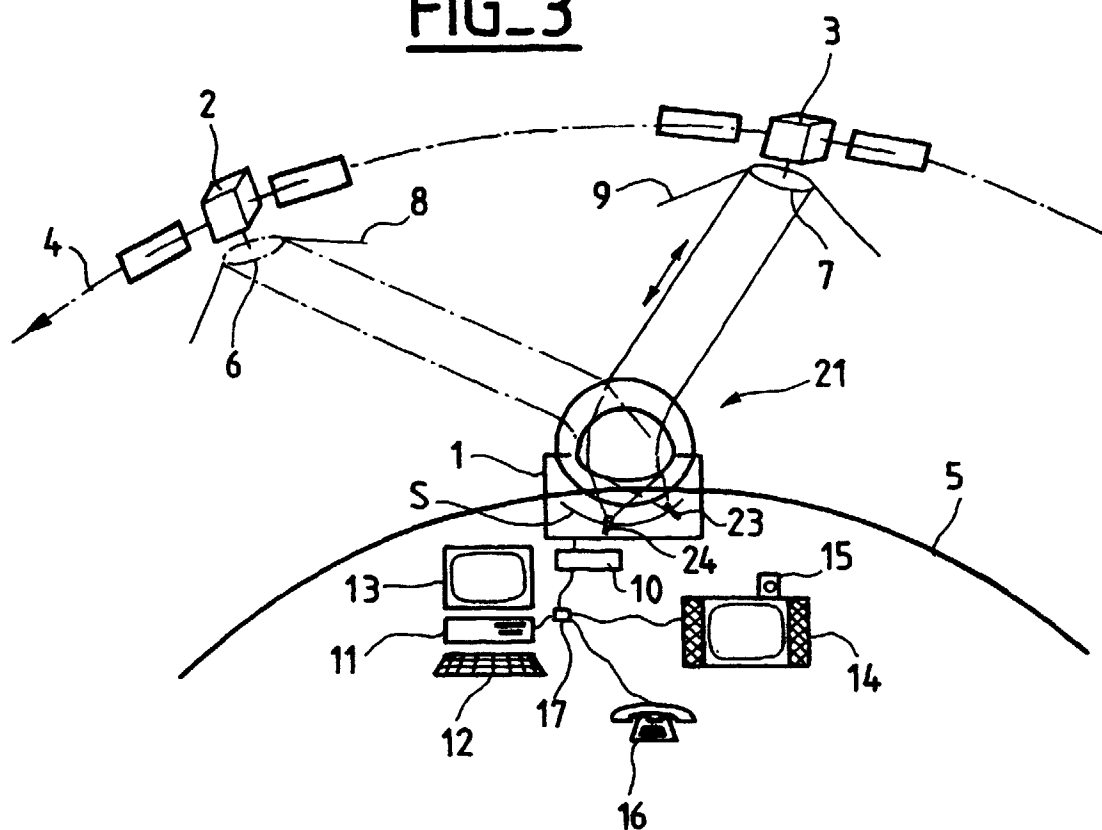
FIG\_1



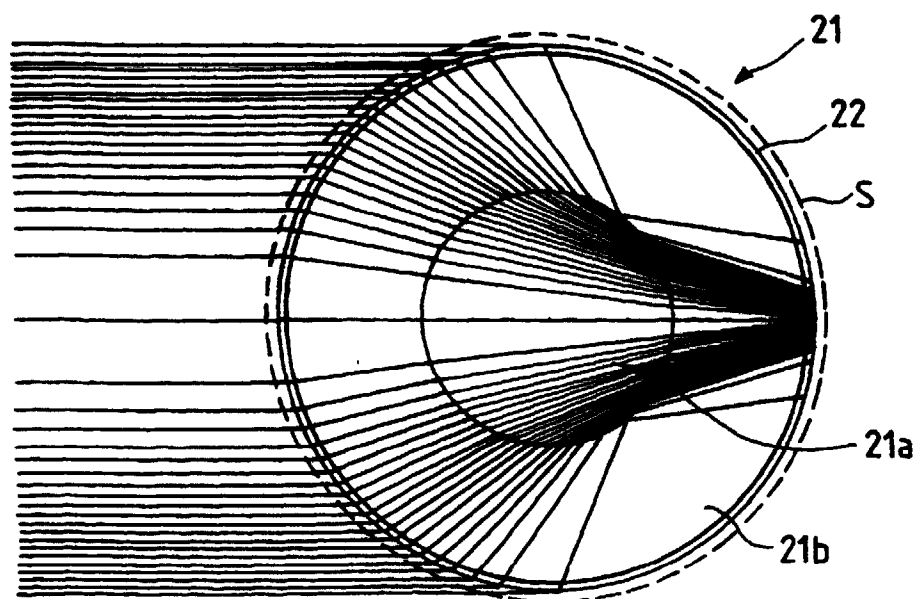
FIG\_2



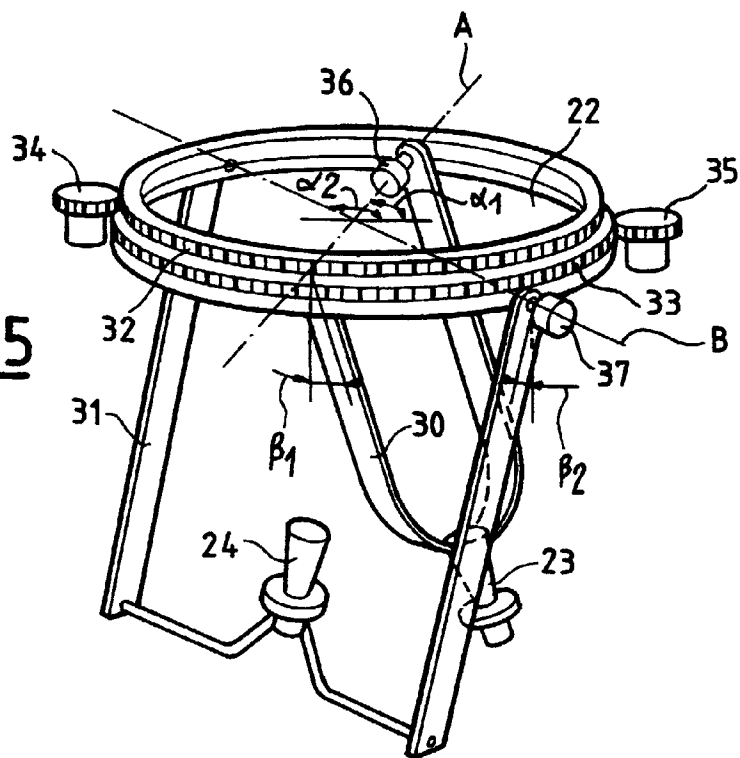
**FIG\_3**



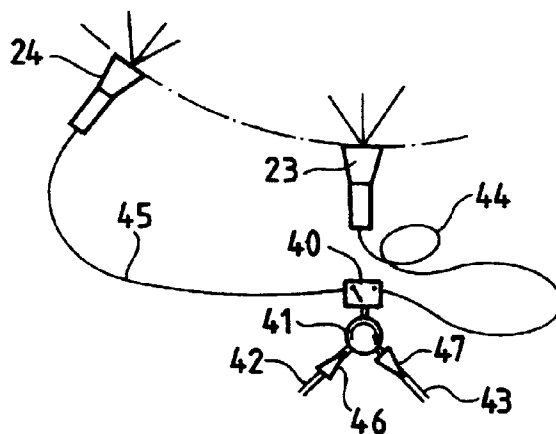
**FIG\_4**



**FIG\_5**



**FIG\_6**



**FIG\_7**

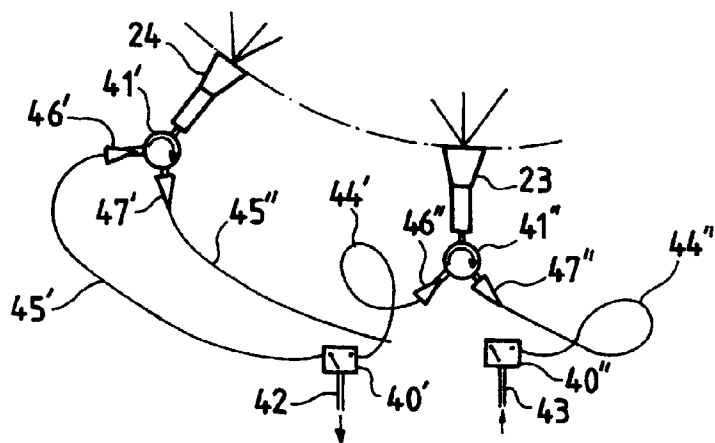
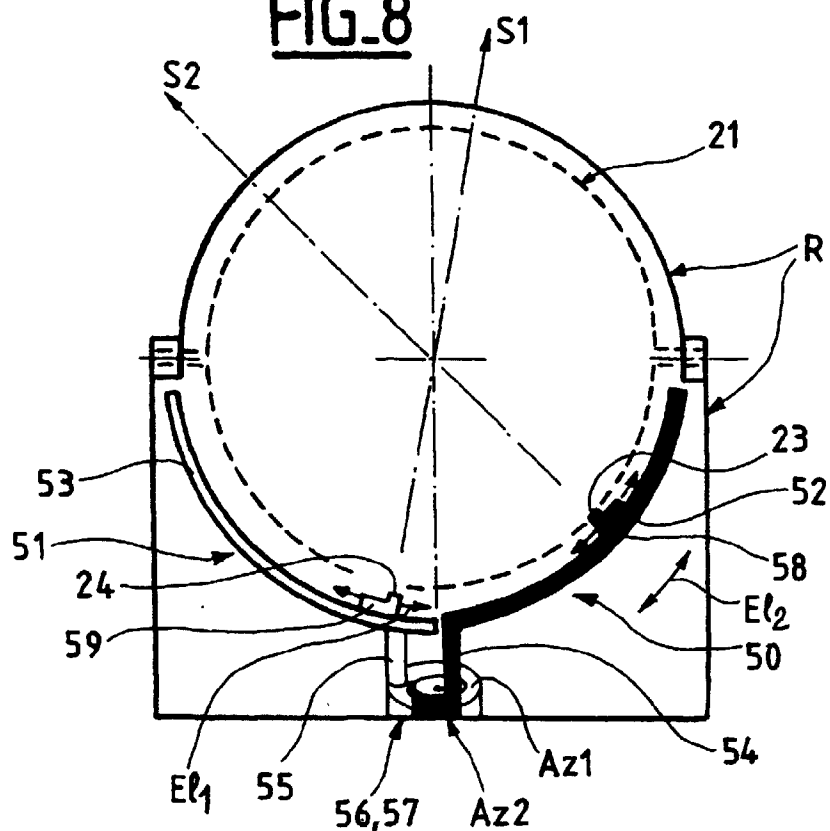
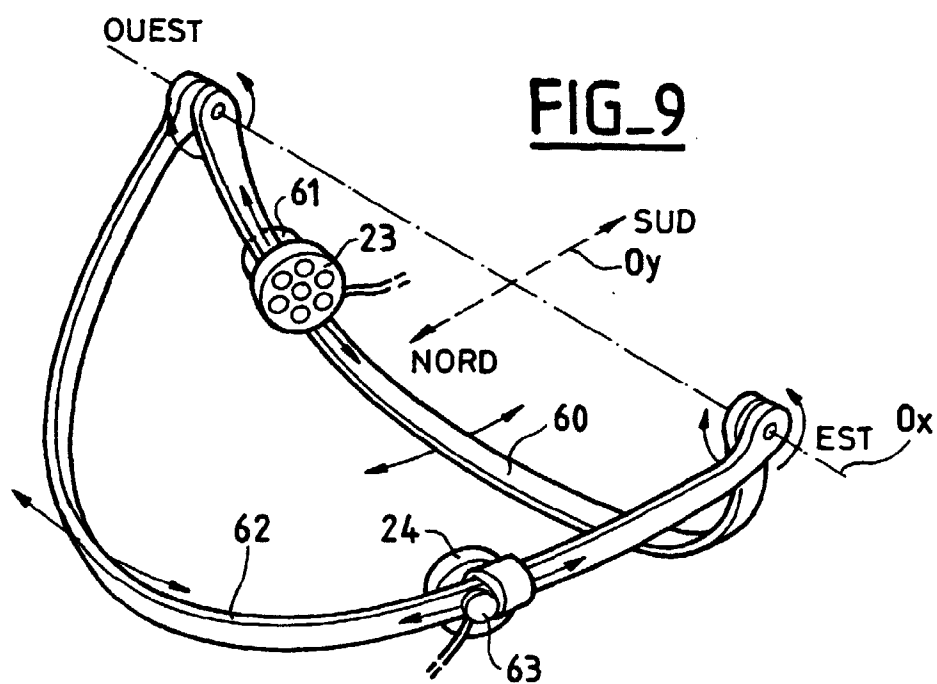


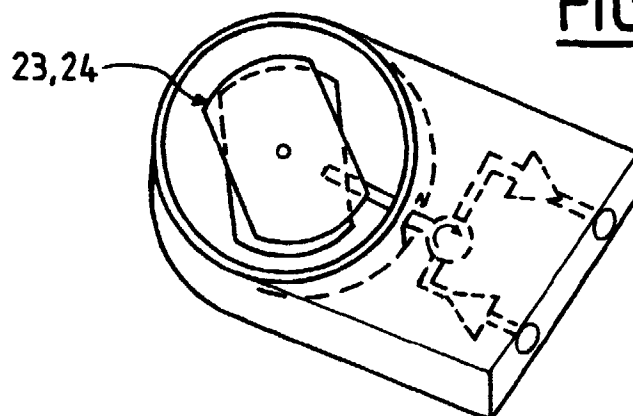
FIG. 8



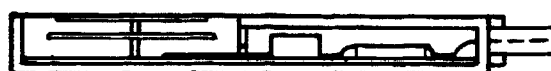
FIG\_9



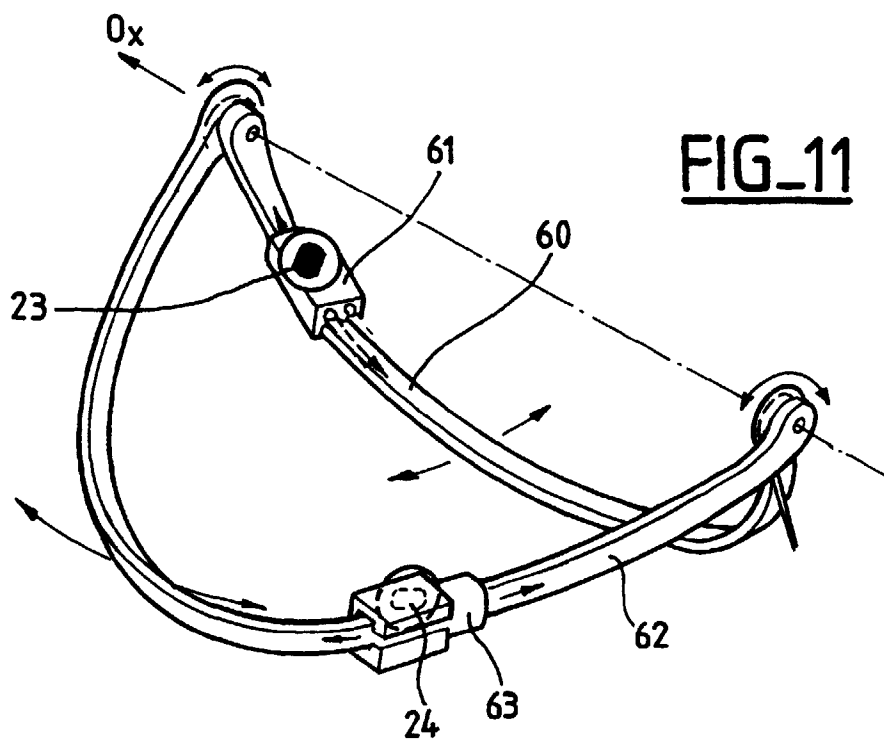
FIG\_10b

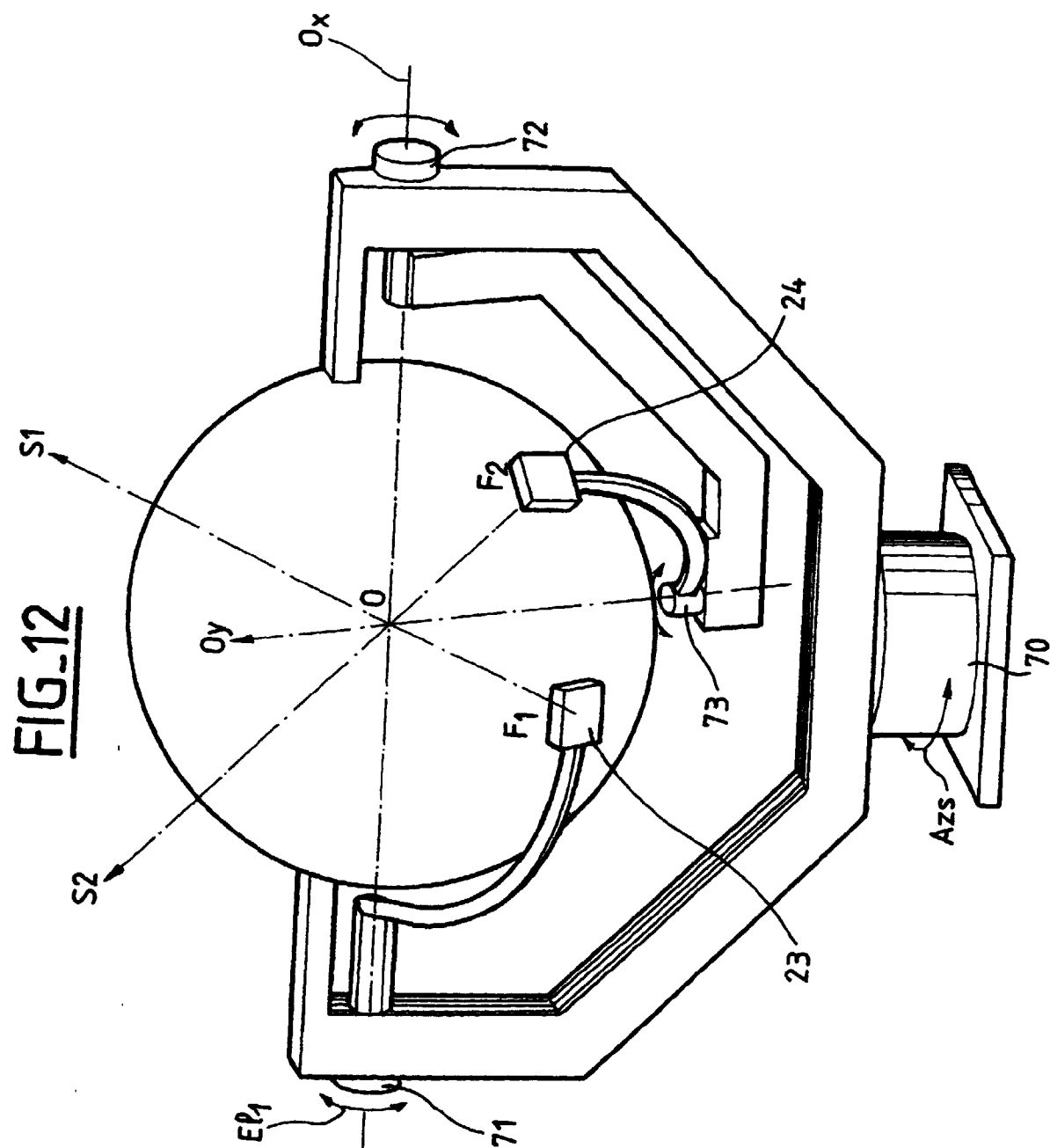


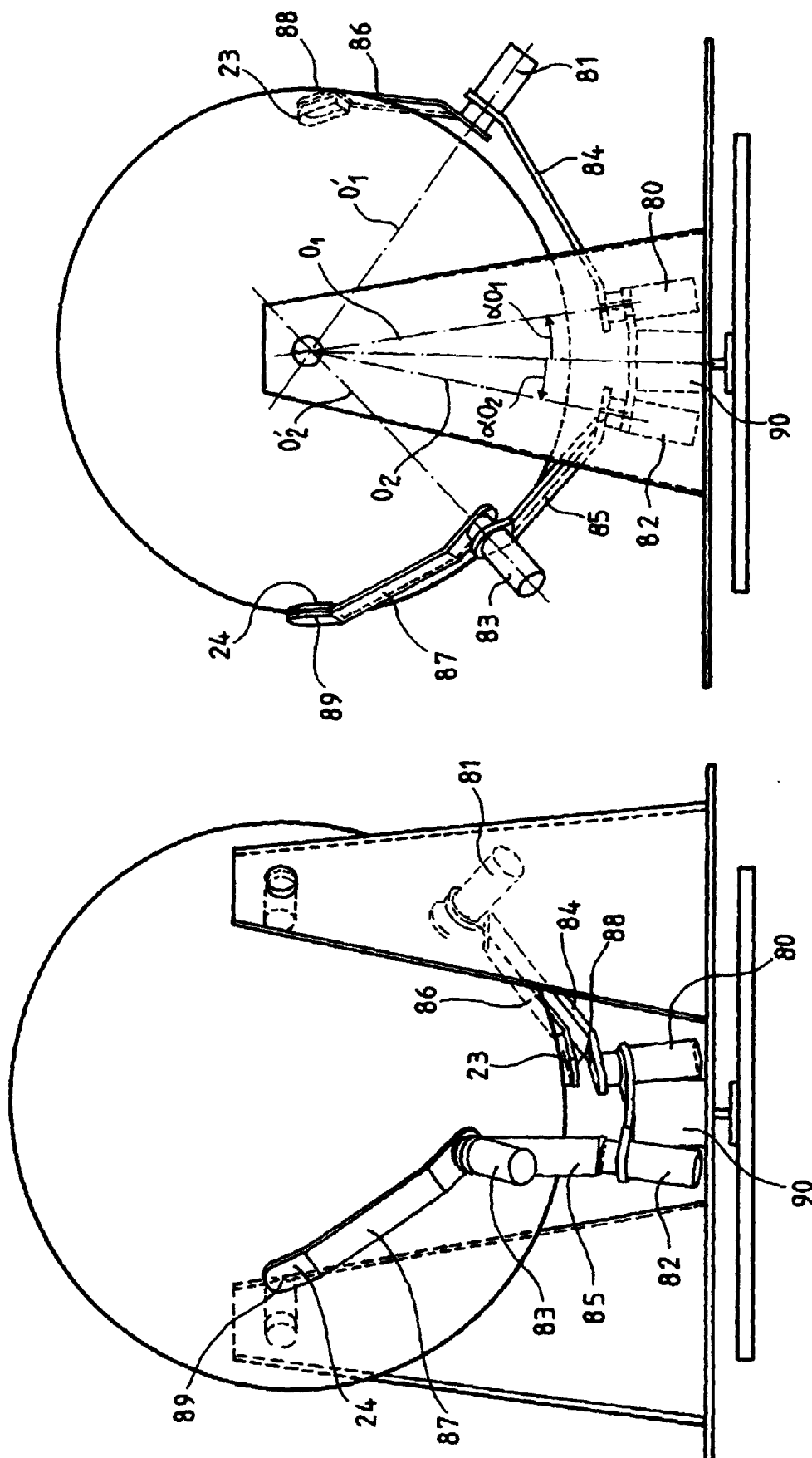
FIG\_10a



FIG\_11







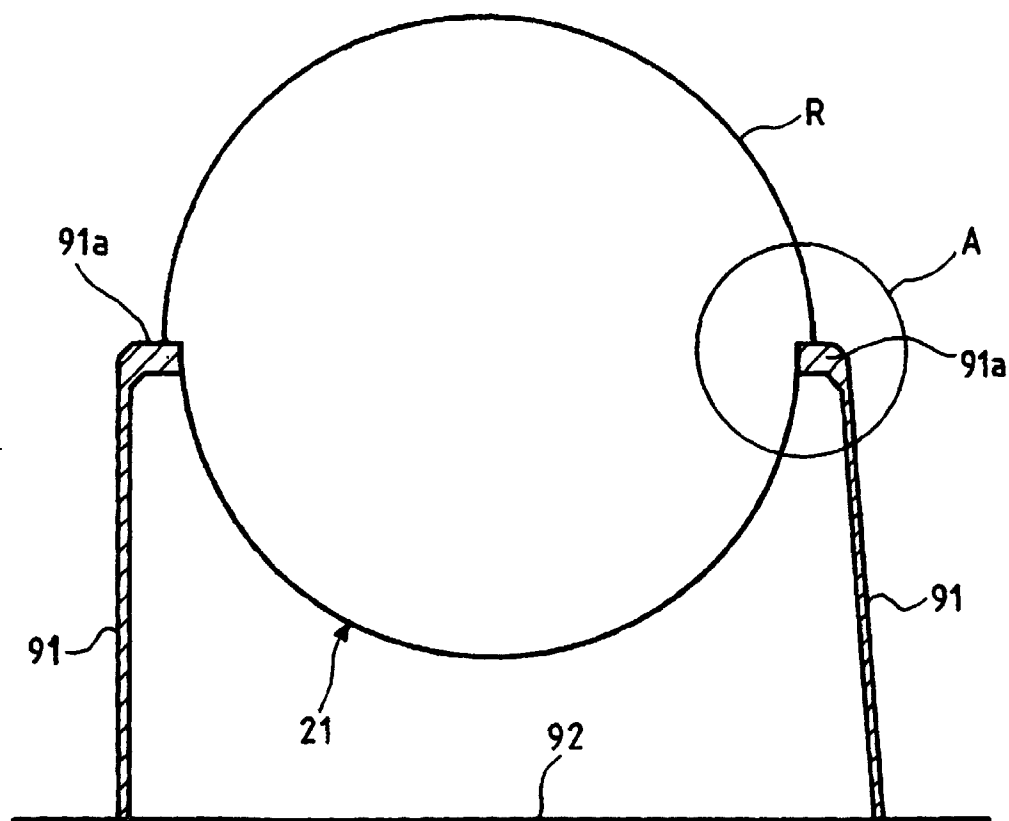


FIG. 15a

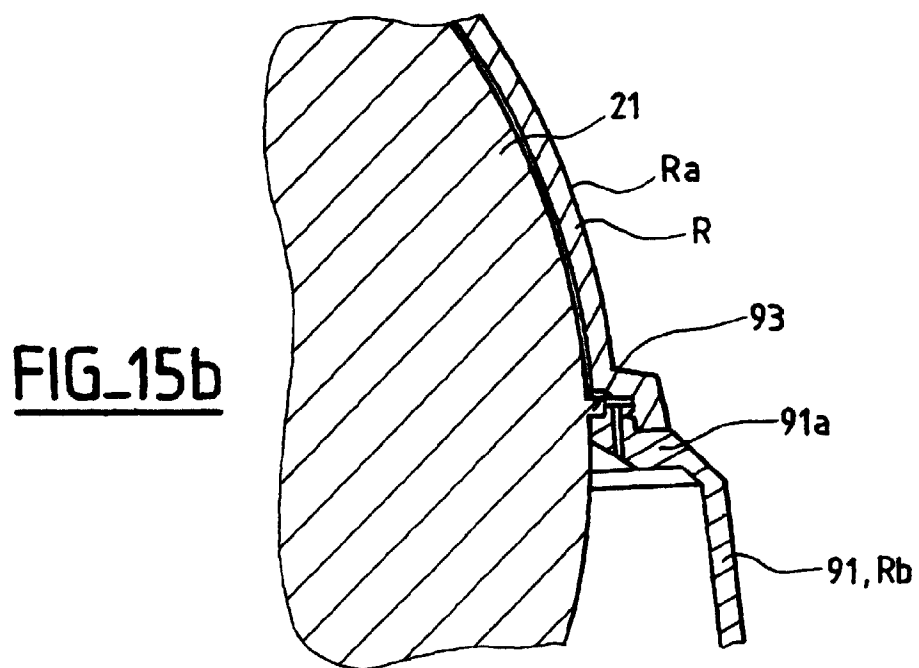


FIG. 15b



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 99 40 0827

| 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.6)               |
| X                                                                                                                                                                                                                                   | US 4 307 404 A (YOUNG LOCK R)<br>22 décembre 1981                                                                     | 1                                                                                                                                                                                                                                                               | H01Q19/06<br>H01Q3/14<br>H01Q5/00                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | * colonne 2, ligne 39 - colonne 3, ligne 16 *<br>* colonne 4, ligne 44 - ligne 49 *<br>---                            | 5,11,13,15                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US 5 145 973 A (NEWMAN RONALD S ET AL)<br>8 septembre 1992<br>* colonne 3, ligne 24 - ligne 31 *<br>* abrégé *<br>--- | 1,5-7,13                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | WO 93 10572 A (THOMSON CONSUMER ELECTRONICS) 27 mai 1993<br>* le document en entier *<br>---                          | 1,5,8,11,13                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US 3 914 769 A (ANDREWS WILLIAM J)<br>21 octobre 1975<br>* colonne 1, ligne 8 - ligne 17 *<br>---                     | 1,8                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | EP 0 632 522 A (MURATA MANUFACTURING CO)<br>4 janvier 1995<br>* colonne 3, ligne 8 - ligne 47 *<br>-----              | 1,11                                                                                                                                                                                                                                                            | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)<br>H01Q |
| 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>18 juin 1999</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 03/92 (P04C02)

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

EP 99 40 0827

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.

18-06-1999

| 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 |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| US 4307404 A                                    | 22-12-1981             | AUCUN                                   |                        |
| US 5145973 A                                    | 08-09-1992             | US 5206393 A                            | 27-04-1993             |
| WO 9310572 A                                    | 27-05-1993             | AU 2789292 A                            | 15-06-1993             |
|                                                 |                        | CN 1073303 A,B                          | 16-06-1993             |
|                                                 |                        | EP 0623247 A                            | 09-11-1994             |
|                                                 |                        | JP 7505018 T                            | 01-06-1995             |
| US 3914769 A                                    | 21-10-1975             | AUCUN                                   |                        |
| EP 0632522 A                                    | 04-01-1995             | JP 7022834 A                            | 24-01-1995             |
|                                                 |                        | DE 69416347 D                           | 18-03-1999             |

EPO FORM P0460

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