

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 84402703.7

51 Int. Cl.⁴: H 01 Q 19/20

22 Date de dépôt: 21.12.84

30 Priorité: 30.12.83 FR 8321098

43 Date de publication de la demande:
03.07.85 Bulletin 85/27

84 Etats contractants désignés:
DE GB IT NL

71 Demandeur: THOMSON-CSF
173, Boulevard Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: Drabowitch, Serge
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: Aubry, Claude
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: Casseau, Daniel
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: Bouko, Jean
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

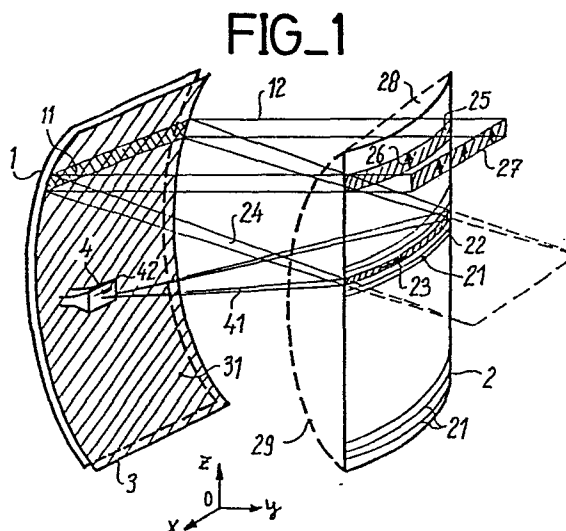
74 Mandataire: Benoit, Monique et al,
THOMSON-CSF SCPI 173, Bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

54 Antenne à deux réflecteurs cylindro-paraboliques croisés, et son procédé de fabrication.

57 L'invention a pour objet une antenne à deux réflecteurs cylindro-paraboliques croisés à rotation de polarisation.

Elle se compose de deux réflecteurs cylindro-paraboliques dont les génératrices sont orthogonales ; la source (4) est placée au voisinage du centre du réflecteur principal (9), qui est muni en outre de moyens (3) de rotation de polarisation ; le réflecteur auxiliaire (2) est placé en vis-à-vis du précédent et il est tel qu'il soit transparent à une onde polarisée linéairement dans une direction (OZ) et réfléchissant aux ondes polarisées linéairement dans une direction orthogonale (OX).

Application notamment aux antennes de poursuite basse altitude.



ANTENNE A DEUX REFLECTEURS CYLINDRO-PARABOLIQUES
CROISES ET SON PROCEDE DE FABRICATION

La présente invention a pour objet une antenne à deux réflecteurs cylindro-paraboliques croisés à rotation de polarisation, pour l'émission et/ou la réception d'une onde hyperfréquence. Elle a également pour objet un procédé de fabrication de cette antenne.

5

Dans certaines applications, il est nécessaire de disposer d'antennes pour lesquelles la largeur (à mi-puissance) du faisceau rayonné ne soit pas identique en site et en gisement : par exemple, pour une antenne de poursuite qui est susceptible de poursuivre un
10 objectif volant à basse altitude, il est nécessaire d'avoir une largeur de faisceau en gisement maximale pour une largeur en site minimale, afin d'éviter les réflexions parasites sur le sol.

Pour obtenir une telle antenne, dite dissymétrique, il est possible d'utiliser une source d'ondes hyperfréquences émettant un
15 faisceau dont la largeur soit différente dans les deux directions site et gisement. Toutefois, une telle source s'avère présenter de moins bonnes caractéristiques qu'une source symétrique. Notamment, dans une telle source, les centres de phase dans les plans gisement et site ne sont pas confondus et, pour chacun d'eux, sa position varie avec
20 la fréquence de l'onde émise ; la conséquence en est une défocalisation du faisceau d'ondes émis et, par suite, une augmentation du niveau des lobes secondaires du diagramme de rayonnement, ce qui constitue un inconvénient. Plus généralement, plus le diagramme de rayonnement de la source est différent en site et en gisement, moins
25 ses caractéristiques sont constantes en fréquence. De ce fait, les antennes dissymétriques ainsi réalisées sont limitées en largeur de bande de fonctionnement et/ou en ce qui concerne le rapport des largeurs des faisceaux en site et en gisement.

La présente invention a pour objet une antenne permettant d'éviter cet inconvénient par utilisation d'une source ayant sensiblement le même rayonnement dans les deux plans, site et gisement, la dissymétrie étant obtenue en sortie de la source à l'aide de deux
5 réflecteurs cylindro-paraboliques dont les génératrices sont orthogonales ; la source est de préférence placée au voisinage du centre de l'un des réflecteurs, dit réflecteur principal, qui est muni en outre de moyens de rotation de polarisation ; le deuxième réflecteur, dit réflecteur auxiliaire, est placé en vis-à-vis du précédent et
10 il est tel qu'il soit transparent à une onde hyperfréquence d'une polarisation donnée et qu'il réfléchisse les ondes de polarisation orthogonale à la précédente.

Plus précisément, l'invention a pour objet une antenne à deux réflecteurs, telle que caractérisée par la revendication 1.

15 Cette disposition, dite centrée, dans laquelle les centres des réflecteurs sont alignés avec le centre de phase de la source sur l'axe de l'antenne, permet une structure particulièrement compacte.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une telle antenne, tel que caractérisé par la revendication 4.

20 D'autres objets, particularités et résultats de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple non limitatif et illustrée par les dessins annexés, qui représentent :

- la figure 1, une vue en perspective éclatée d'un mode de
25 réalisation de l'antenne selon l'invention ;
- la figure 2, une vue en perspective de ce même mode de réalisation, les différents éléments étant assemblés ,
- la figure 3, un schéma explicatif de la structure de la figure 1, vue de côté ;
- 30 - la figure 4, une vue de dessus de l'antenne de la figure 1;
- la figure 5, un exemple de réalisation vu de face de l'antenne de la figure 1.

Sur ces différentes figures, les mêmes références se rapportent aux mêmes éléments.

Sur la figure 1, on a donc représenté un mode de réalisation de l'antenne selon l'invention, vue en perspective éclatée.

Ainsi qu'il est dit plus haut, cette antenne est destinée à recevoir aussi bien qu'à émettre une onde hyperfréquence. Toutefois, son fonctionnement ne sera en général décrit ici que dans le cas de l'émission, afin de simplifier l'exposé.

Sur cette figure, on distingue :

- Une source 4 susceptible d'émettre ou de recevoir une onde hyperfréquence polarisée linéairement et dont le diagramme de rayonnement est sensiblement de révolution. Sur la figure, la polarisation (flèche 42) est parallèle à une direction OX d'un repère orthonormé OXYZ, et la source est représentée à titre d'exemple sous la forme d'un cornet.
- Un premier réflecteur 1, dit réflecteur principal, de forme cylindrique ; la courbe directrice du cylindre est une parabole, située dans le plan YOZ, perpendiculaire à la direction précédente (OX) ; la génératrice du cylindre est parallèle à OX.
- Un deuxième réflecteur 2, dit réflecteur auxiliaire, qui est de forme cylindrique ; la courbe directrice du cylindre est une parabole située dans le plan XOY et sa génératrice est perpendiculaire à ce plan, c'est-à-dire parallèle à OZ.
- Des moyens 3 de rotation de la polarisation d'une onde tombant sur le réflecteur principal 1.

Les deux réflecteurs 1 et 2 apparaissent ainsi être chacun cylindro-parabolique, leurs génératrices étant orthogonales. Ils sont placés en vis-à-vis et de telle sorte que la structure admette un plan de symétrie passant par les centres O_1 et O_2 des deux réflecteurs 1 et 2, respectivement. La source 4 est centrée, c'est-à-dire qu'elle est placée de sorte que son centre de phase soit situé, de préférence au voisinage de la surface du réflecteur 1, sur l'axe $O_1 O_2$ constituant l'axe de l'antenne.

Le réflecteur auxiliaire 2 est constitué par un substrat diélectrique recouvert de fils conducteurs 21, parallèles à la direction (OX) de la polarisation de l'onde émise par la source 4. Le réflecteur

2, qui est une surface développable, est par exemple réalisé à partir d'une plaque diélectrique plane sur laquelle on dépose des métallisations en forme de bandes rectilignes et parallèles, destinées à constituer les fils 21, selon la technologie utilisée pour la fabrication de circuits imprimés ; la plaque est ensuite formée en cylindre parabolique. La fonction des fils 21 est, ainsi qu'il est connu, de réfléchir les ondes électromagnétiques dont la polarisation est parallèle à eux et de transmettre, sans les perturber, les ondes dont la polarisation est perpendiculaire à eux. Il ressort de ce qui précède que le rayonnement émis par la source 4, représenté sur la figure par un faisceau 41, tombe sur le réflecteur auxiliaire 2 (zone hachurée 22) pour y être intégralement réfléchi vers le réflecteur principal 1 (faisceau 24), sa polarisation (parallèle à OX) étant conservée (flèche 23).

Les moyens 3 de rotation de la polarisation de l'onde incidente sur le réflecteur principal 1 sont constitués, ainsi qu'il est connu, par une feuille diélectrique, en forme de cylindre parabolique admettant le même foyer que le réflecteur 1, placée à une distance du réflecteur 1 de l'ordre de $\frac{\lambda}{4}$ ou de multiples impairs de $\frac{\lambda}{4}$, λ étant la longueur d'onde de l'onde émise par la source 4 ; la feuille diélectrique porte un ensemble de fils conducteurs 31, parallèles entre eux et faisant un angle de 45° avec la polarisation de l'onde incidente qui est, on le rappelle, parallèle à OX dans cet exemple. Les moyens 3 de rotation de polarisation ayant la même forme que le réflecteur 1, qui est une surface développable, ils peuvent être réalisés comme le réflecteur auxiliaire 2, à partir d'une feuille diélectrique sur laquelle on dépose, à plat, des métallisations formant les fils 31. Toutefois, les fils 31 n'étant pas, comme les fils 21, orthogonaux à la génératrice du cylindre, ils ne sont pas des lignes droites sur la surface développée mais une courbe voisine d'une ligne droite, coupant l'axe OX sous un angle de 45° . Les équations auxquelles obéit cette courbe sont déterminées en considérant que la polarisation de l'onde réfléchie, en direction du réflecteur auxiliaire, par l'ensemble réflecteur principal et moyens

de rotation de polarisation, doit être dans le plan défini par ce rayon réfléchi et la tangente à la parabole directrice du réflecteur auxiliaire, au point où ce rayon réfléchi tombe sur le réflecteur auxiliaire. En calculant les composantes du champ électrique réfléchi et en écrivant qu'elles doivent satisfaire cette condition, on obtient une première relation. Par ailleurs, en considérant la surface cylindro-parabolique des moyens de rotation de polarisation, on écrit les coordonnées d'un point (M) quelconque en fonction d'une coordonnée (x) prise parallèlement à la génératrice du cylindre parabolique 3 et de l'angle (ℓ) que fait la droite O_1F avec le plan passant par M et F et normal à la parabole directrice des moyens 3, l'origine des coordonnées étant prise au centre des moyens 3 et F étant le foyer du réflecteur principal 1 ; on obtient ainsi une deuxième relation qui, rapprochée de la première, donne la relation suivante :

$$\frac{dx}{d\ell} = \frac{f_1}{2f_2 \cos^2 \ell/2} \cdot \left[x \cdot \sin \ell \pm \sqrt{4 f_2^2 + x^2 \sin^2 \ell} \right] \quad (1)$$

où f_1 et f_2 sont les distances focales respectivement des moyens 3 et du réflecteur auxiliaire. On écrit d'autre part l'abscisse curviligne (S) de la parabole directrice en fonction de ℓ , ce qui donne :

$$S = f_1 \cdot \left[\frac{\sin \ell/2}{\cos^2 \ell/2} + \frac{1}{2} \text{Log} \frac{1 + \sin \ell/2}{1 - \sin \ell/2} \right] \quad (2)$$

On obtient ainsi un système de deux équations (1) et (2), paramétrées au ℓ , définissant la courbe à laquelle sont parallèles les fils 31.

Le réflecteur principal 1 est constitué par tout moyen connu, tel que structure en nids d'abeille recouverte d'une peau métallisée. Les moyens 3 sont par exemple maintenus sur le réflecteur 1 à l'aide d'entretoises, disposées de préférence de manière irrégulière.

Les moyens 3 ont pour effet, ainsi qu'il est également connu, de faire tourner la polarisation de l'onde incidente de 90° ; l'onde reçue (zone 11 sur la figure) par le réflecteur principal 1 muni de ses

moyens 3, voit donc sa polarisation tourner pour devenir parallèle à la direction OZ. Elle est réfléchi (faisceau 12) en direction du réflecteur auxiliaire 2, mais sa polarisation (flèche 26) se trouvant alors perpendiculaire aux fils 21 (zone 25), l'onde est intégralement transmise par le réflecteur 2 (zone 27).

On a représenté sur la figure 2 une vue en perspective de l'antenne précédente, les différents éléments constitutifs décrits précédemment étant assemblés.

On retrouve sur cette figure les deux réflecteurs 1 et 2 placés en vis-à-vis, la source 4 placée au voisinage du centre du réflecteur 1 et les moyens de rotation de polarisation 3 placés le long du réflecteur principal 1.

Comme on peut le voir sur la figure 2, le réflecteur auxiliaire 2 peut être prolongé par deux parties latérales 29 et deux parties horizontales 28, l'une inférieure et l'autre supérieure, également visibles sur la figure 1 et venant se placer sur les bords du réflecteur 1 et destinées à former un radôme pour l'antenne afin de protéger celle-ci.

La figure 3 est un schéma illustrant le trajet d'une onde hyperfréquence, le schéma étant fait dans le plan YOZ, c'est-à-dire que l'antenne est vue de côté.

L'onde hyperfréquence est donc émise par la source 4 d'un point P, centre de phase de la source, voisin du centre O_1 du réflecteur principal, sous forme d'onde sphérique (représentée par le rayon 41) dont la polarisation (flèche 42) est parallèle à OX. Le point P est choisi comme étant le foyer du réflecteur 2. L'onde 41 se réfléchit (en A) sur le réflecteur auxiliaire 2, en devenant une onde cylindrique, dont l'axe est orthogonal à celui du réflecteur 2. Cette onde cylindrique (représentée par le rayon 24) se réfléchit (en B) sur le réflecteur principal 1, A et B étant tels qu'ils soient alignés avec le foyer F du réflecteur principal 1, ce qui nécessite que $PO_2 = O_2F$. En B, il y a rotation de la polarisation de 90° , ce qui est représenté

par la flèche 26, et transformation de l'onde cylindrique en onde plane. A partir du point B, l'énergie se propage parallèlement à l'axe DD de l'antenne, passant par les centres O_1 , et O_2 des réflecteurs, et traverse sans perturbation le réflecteur auxiliaire en C.

5 Il ressort de ce qui précède que l'onde sphérique émise par la source 4 est transformée par les éléments 1, 2 et 3 en une onde plane, émise parallèlement à l'axe de l'antenne. L'ouverture de l'antenne est différente dans les deux plans orthogonaux : égale à H dans un plan et à L dans l'autre ; si on choisit $H > L$, sachant que la
10 largeur d'un faisceau à mi-puissance est inversement proportionnelle à l'ouverture de l'antenne, on voit que la largeur du faisceau dans le plan YOZ, qui peut être le plan site, est inférieure à la largeur de ce faisceau dans le plan orthogonal, qui est alors le plan gisement, le rapport des largeurs pouvant sans difficulté dépasser deux.

15 Par ailleurs, on a représenté sur la figure 3 l'angle maximum α sous lequel est vu le réflecteur principal 1 du point P. Si on désigne par β l'angle maximum sous lequel le réflecteur auxiliaire 2 est vu du point P, on peut écrire que :

$$20 \quad \frac{O_1 F. \operatorname{tg} \alpha / 2}{O_2 P. \operatorname{tg} \beta / 2} = \frac{H}{L}$$

où H est la hauteur de l'antenne (ouverture de la parabole directrice du réflecteur principal) et L sa largeur (ouverture de la parabole directrice du réflecteur auxiliaire). Dans le cas, préféré, où $\alpha = \beta$ ou $\alpha \approx \beta$, on voit que les ouvertures des deux réflecteurs sont dans le
25 rapport de leurs distances focales.

Sur la figure 4, on a représenté l'antenne décrite précédemment vue de dessus, c'est-à-dire dans le plan XOY.

On retrouve la source 4, le réflecteur principal 1 dont la trace
30 est une droite, le réflecteur auxiliaire 2 et les moyens de rotation de polarisation 3.

On a représenté en outre l'angle maximum β sous lequel est vu le réflecteur auxiliaire 2 du point P.

La figure 5 est une vue de face de l'antenne décrite précédemment, c'est-à-dire vue dans le plan XOZ, montrant à titre d'exemple la forme que peut prendre l'antenne, à savoir sensiblement une ellipse. Toutefois, d'autres formes sont bien entendu envisageables, telle que rectangle, éventuellement avec coins coupés, etc...

A titre d'exemple, l'antenne décrite ci-dessus a été réalisée avec les dimensions suivantes :

- 10 - $O_1F = 0,88 \text{ m}$
- $PO_2 = 0,415 \text{ m}$
- $O_1P = 5 \text{ cm}$
- largeur $L = 0,85 \text{ m}$
- hauteur $H = 2,2 \text{ m}$
- 15 - $\alpha = 64^\circ$
- $\beta = 54^\circ$

On a ainsi décrit ci-dessus une antenne à deux réflecteurs et rotation de polarisation, l'un des réflecteurs étant semi-transparent (transparent à une seule direction de polarisation), ce qui permet d'obtenir un système centré, compact. En outre, les réflecteurs cylindro-paraboliques croisés permettent, d'une part, l'obtention de faisceaux de largeurs différentes en site et en gisement sans que cela entraîne les inconvénients connus des sources dont le diagramme de rayonnement n'est pas de révolution et, d'autre part, de faciliter la réalisation technologique de l'antenne, les cylindres paraboliques étant des surfaces développables et les éléments 2 et 3 pouvant alors être fabriqués à plat. Enfin, le réflecteur auxiliaire 2 remplit en outre une fonction de filtrage : il évite en effet la présence de polarisation croisée au voisinage de l'axe de l'antenne.

Une telle antenne est particulièrement adaptée à la poursuite de cibles à basse altitude.

REVENDICATIONS

1. Antenne à deux réflecteurs, adaptée pour recevoir une source (4) susceptible d'émettre et/ou de recevoir une onde hyperfréquence polarisée selon une première direction (OX), un premier réflecteur dit réflecteur auxiliaire (2), susceptible de recevoir l'onde précédente pour la réfléchir vers un deuxième réflecteur, dit
- 5 réflecteur principal (1) ;
- l'antenne étant caractérisée par le fait que :
- l'onde hyperfréquence polarisée selon une première direction (OX) est sensiblement de révolution ;
 - 10 - le réflecteur auxiliaire (2) est de forme cylindrique, la courbe directrice du cylindre étant une parabole située dans un plan parallèle (XOY) à la première direction (OX) et la génératrice du cylindre étant perpendiculaire à cette première direction, ce réflecteur comportant, déposée sur sa surface, une nappe de fils (21)
 - 15 parallèles à la première direction (OX) ;
 - le réflecteur principal (1) est de forme cylindrique, la courbe directrice du cylindre étant une parabole située dans un plan (YOZ) perpendiculaire à la première direction (OX) et sa génératrice étant parallèle à cette première direction ;
 - 20 les deux réflecteurs étant placés en vis-à-vis de sorte que le centre de phase (P) de la source (S) soit au foyer du réflecteur auxiliaire (2) et que les centres (O_1 , O_2) des réflecteurs soient alignés avec les foyers (P, F) de ces réflecteurs, constituant ainsi l'axe de l'antenne (D,D) ;
 - 25 l'antenne comportant en outre des moyens (3) de rotation de la polarisation de l'onde incidente sur le réflecteur principal (1), l'onde hyperfréquence émise par la source (4) étant ainsi réfléchie une première fois par le réflecteur auxiliaire (2) en direction du réflecteur (1) principal, réfléchie une deuxième fois par le réflec-
 - 30 teur principal en direction du réflecteur auxiliaire, en même temps que sa polarisation subit une rotation, l'onde émergente étant alors

transmise par le réflecteur auxiliaire.

2. Antenne selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les moyens de rotation de la polarisation (3) comportent une feuille diélectrique sensiblement de même forme et de même foyer que le
5 réflecteur principal, placée à une distance de l'ordre du quart de la longueur d'onde incidente, ou d'un multiple impair de celui-ci, la feuille diélectrique portant un ensemble de fils conducteurs parallèles entre eux et faisant un angle de 45° avec la polarisation de
10 l'onde incidente.

3. Antenne selon l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait que le centre de phase (P) de la source (4) est placé à proximité du centre (O_1) du réflecteur principal (1).
15

4. Procédé de fabrication d'une antenne selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le réflecteur auxiliaire (2) est réalisé selon les étapes suivantes :
- dépôt de bandes métalliques rectilignes et parallèles sur une
20 plaque diélectrique plane, ces métallisations formant les dits fils conducteurs (21) ;
- mise de la plaque en forme de cylindre parabolique.

5. Procédé de fabrication d'une antenne selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que les moyens (3) de rotation de polarisation sont réalisés selon les étapes suivantes :
- dépôt sur une feuille diélectrique plane de bandes métalliques
25 parallèles, ces métallisations formant les fils conducteurs (31) ;
- mise de la feuille en forme de cylindre parabolique.

30 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé par le fait que les bandes métalliques sont déposées parallèlement à une courbe obéissant aux équations suivantes :

$$\frac{dx}{d\ell} = \frac{f_1}{2 f_2 \cos^2 \ell / 2} \cdot \left[x \cdot \sin \ell + \sqrt{4 f_2^2 + x^2 \sin^2 \ell} \right]$$

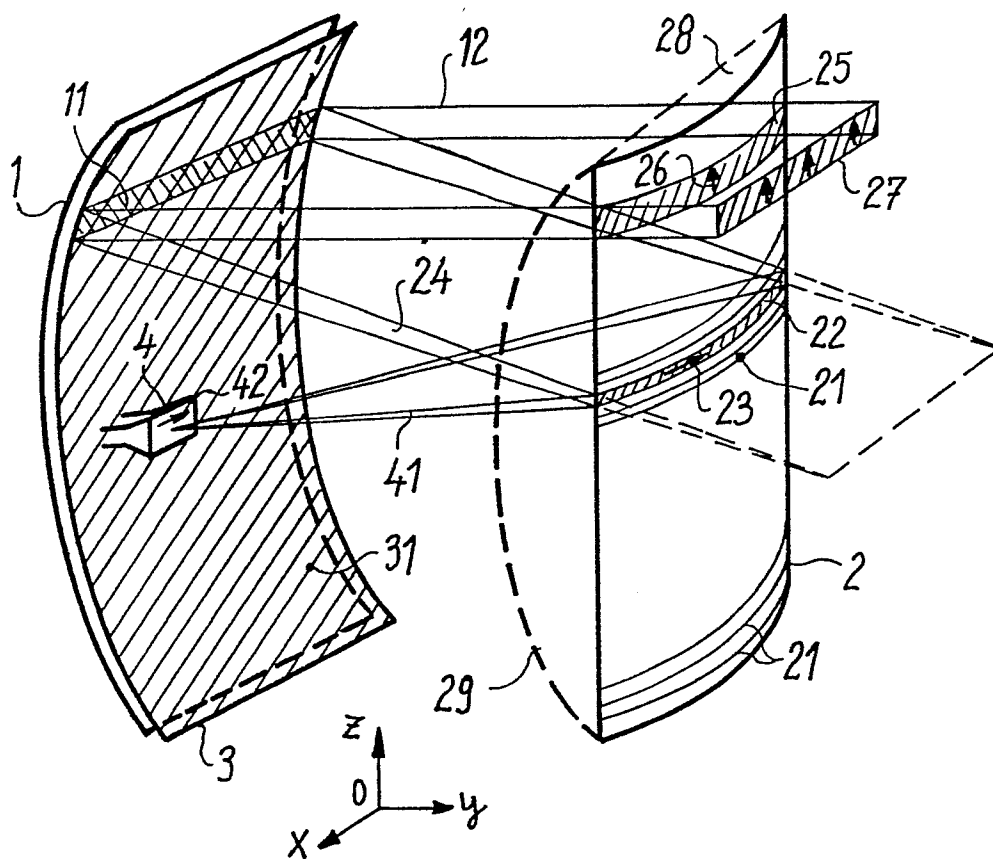
$$S = f_1 \left[\frac{\sin \ell / 2}{\cos^2 \ell / 2} + \frac{1}{2} \operatorname{Log} \frac{1 + \sin \ell / 2}{1 - \sin \ell / 2} \right]$$

où :

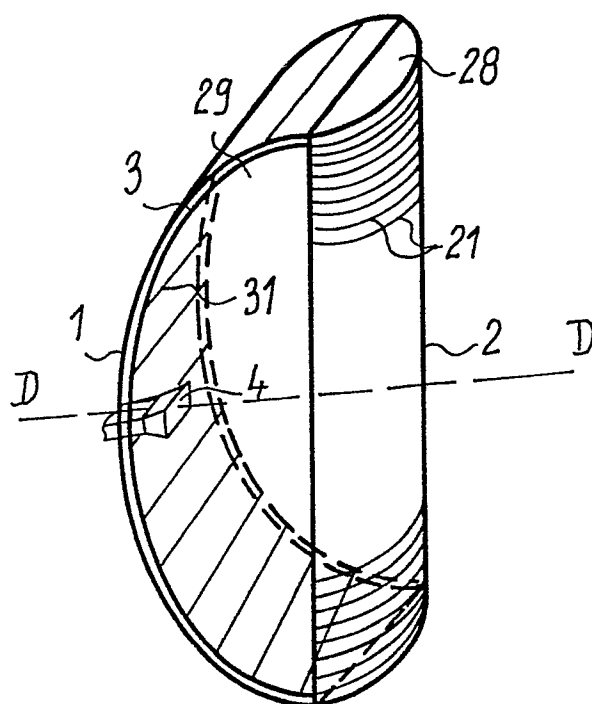
- 5 - f_1 , est la distance focale des moyens de rotation de polarisation ;
- f_2 est la distance focale du réflecteur auxiliaire ;
- ℓ est l'angle que fait la droite joignant le centre des moyens précédents au foyer (F) de ces moyens, avec la droite joignant ce foyer à un point quelconque de la parabole directrice de ces moyens
- 10 passant par son centre ;
- S est l'abscisse curviligne de la parabole directrice ;
- x est la coordonnée parallèle aux génératrices des dits moyens, l'origine des coordonnées S et x étant prise au centre des dits moyens.

1/2

FIG_1



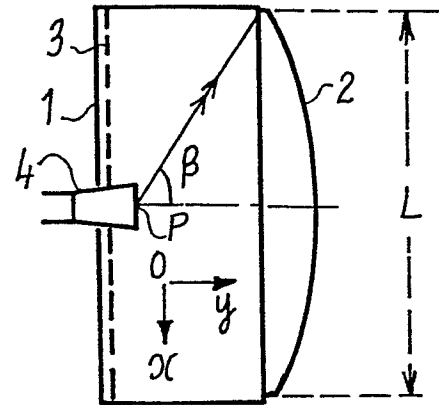
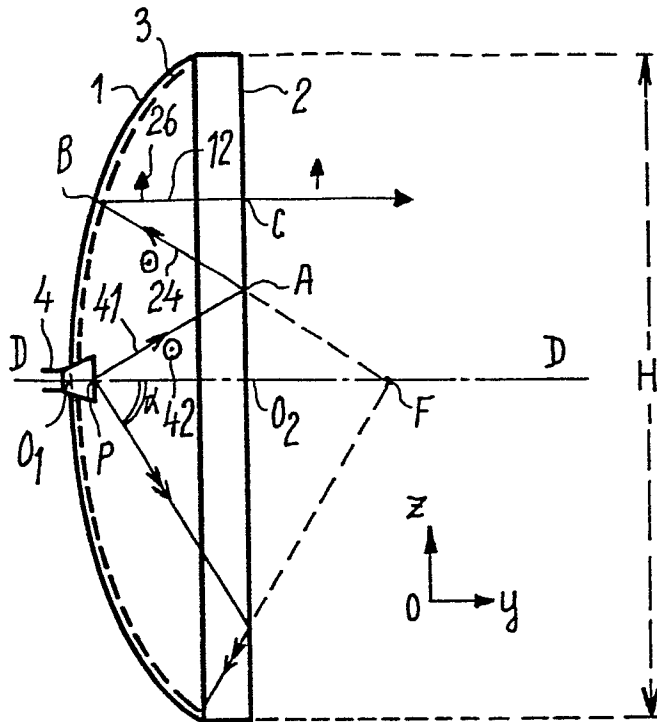
FIG_2



FIG_3

2/2

FIG_4



FIG_5

