



(19)

(11) Numéro de publication:

0 205 212
A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **86200958.6**

(51) Int. Cl.4: **H01Q 21/06**

(22) Date de dépôt: **02.06.86**

(30) Priorité: **04.06.85 FR 8508398**

(43) Date de publication de la demande:
17.12.86 Bulletin 86/51

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB SE

(71) Demandeur: **Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée L.E.P.**
3, Avenue Descartes
F-94450 Limeil-Brévannes(FR)
Demandeur: **N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken**
Groenewoudseweg 1
NL-5621 BA Eindhoven(NL)

(72) Inventeur: **Rammos, Emmanuel Société Civile S.P.I.D.**
209 rue de l'Université
F-75007 Paris(FR)
Inventeur: **Byzery, Bernard Michel Société Civile S.P.I.D.**
209 rue de l'Université
F-75007 Paris(FR)

(74) Mandataire: **Landousy, Christian et al Société Civile S.P.I.D. 209, Rue de l'Université**
F-75007 Paris(FR)

(54) **Modules unitaires d'antenne hyperfréquences et antenne hyperfréquences comprenant de tels modules.**

EP 0 205 212 A1
57 Module unitaire d'antenne hyperfréquences pour la réception ou l'émission d'une onde polarisée rectilignement, comportant des éléments rayonnants en forme de cornets et un réseau d'alimentation en guides d'onde caractérisé en ce que les cornets sont au nombre de quatre et que leurs ouvertures carrées forment dans un plan parallèle à un plan de référence P un réseau bidimensionnel, en ce que le réseau d'alimentation est du type "planaire" étant distribué dans un seul plan parallèle à P, et du type "arborisé" du fait que tous les cornets sont alimentés en phase par des diviseurs de puissance en forme de T, et en ce que la section des guides d'onde étant de dimensions a et b définies par $a > b$ et $a = \lambda_c/2$, la dimension b est placée parallèlement à P dans le réseau d'alimentation en sorte que ce dernier est apte à propager le mode TE_{01} selon

lequel le vecteur champ électrique E se propage parallèlement au plan de ce réseau, les branches des diviseurs de puissance étant rectilignes ou courbes pour permettre la propagation du vecteur champ électrique E perpendiculairement à leurs parois perpendiculaires au plan P.

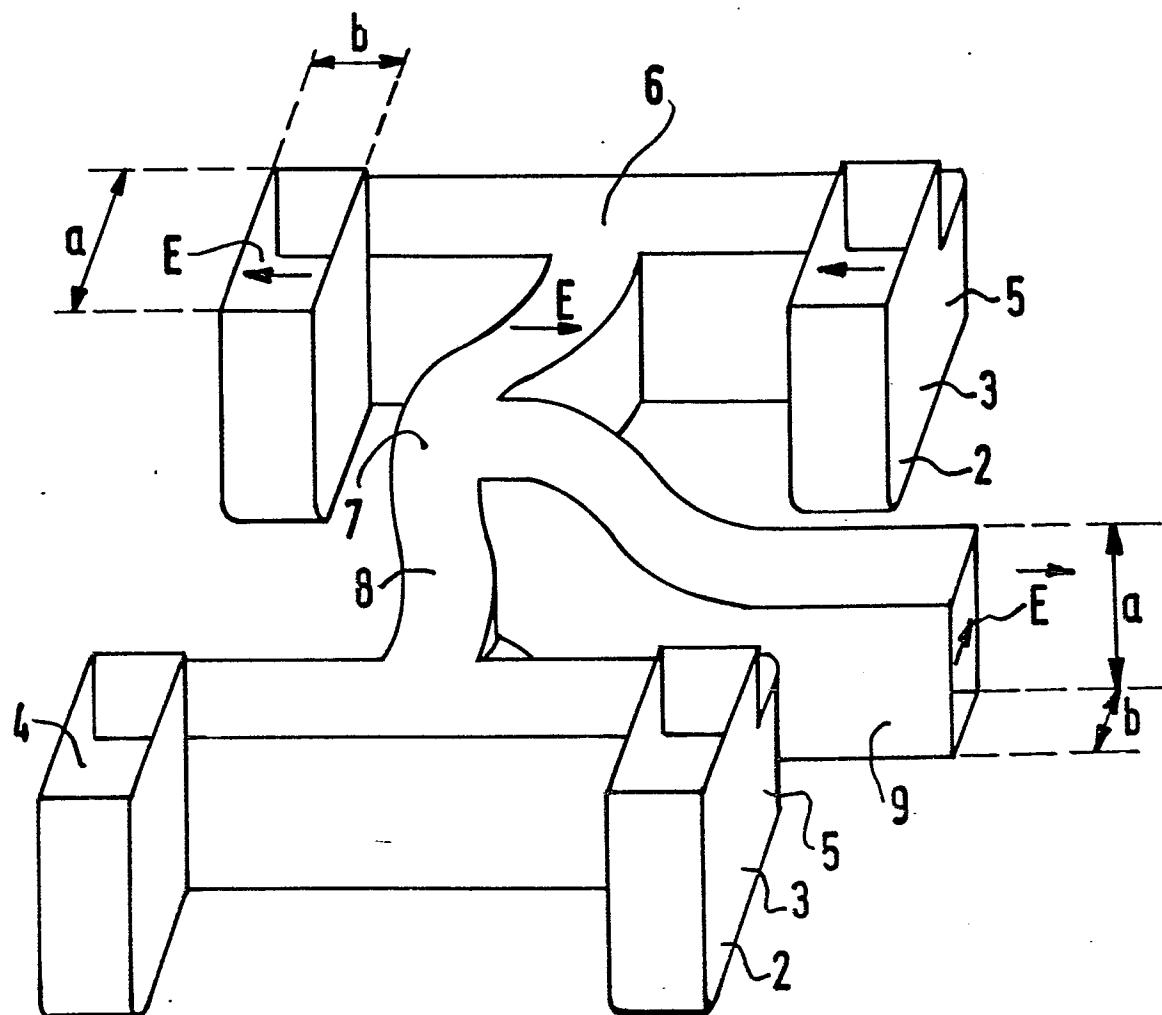


FIG. 2b

MODULES UNITAIRES D'ANTENNE HYPERFREQUENCES ET ANTENNE HYPERFREQUENCES COMPRENANT DE TELS MODULES

L'invention concerne un module unitaire d'antenne hyperfréquences pour la réception ou l'émission d'une onde polarisée rectilignement, comportant des éléments rayonnants en forme de cornets et un réseau d'alimentation composé de guides d'onde de section rectangulaire connectés d'une part aux cornets et d'autre part entre eux de telle manière que pour chaque cornet la longueur totale du trajet d'alimentation est la même.

L'invention concerne également une antenne hyperfréquences comprenant de tels modules unitaires.

L'invention trouve son application, par exemple, dans la réalisation d'antennes planes pour la réception d'émissions de télévision retransmises par satellites artificiels.

Une antenne comportant des éléments rayonnants en forme de cornets alimentés par des guides d'onde est connue du brevet DE 2641711. Ce document décrit un module linéaire d'antenne, constitué d'une rangée de cornets usinés dans un bloc en fibre de verre dont les surfaces sont métallisées. Cette rangée de cornets est alimentée d'une part par une ligne principale et d'autre part par des lignes individuelles connectées à la ligne principale. La ligne principale est de section rectangulaire, usinée dans l'aluminium et peut être en effet d'un matériau diélectrique. Elle est réalisée de manière à former dans le plan du champ électrique un diviseur de puissance étagé permettant d'alimenter à égale puissance les guides d'onde qui assurent la connexion individuelle des cornets avec la ligne principale. Chacun de ces guides d'onde, de section rectangulaire, est formé par une structure stratifiée comprenant un matériau diélectrique interposé entre deux couches de cuivre, les bords de cette structure étant métallisés. La longueur des guides d'alimentation individuelle, ainsi que leur point de connexion à la ligne principale sont choisis de façon que pour chaque cornet, la longueur du trajet d'alimentation composé de la ligne principale et de la ligne d'alimentation individuelle, soit la même. Une telle structure est prévue pour permettre de corriger des différences de phase dans l'alimentation des cornets par le raccourcissement de certaines des lignes d'alimentation individuelle.

Mais une telle antenne présente de nombreux inconvénients. Tout d'abord, elle présente obligatoirement des pertes très élevées car la propagation des ondes dans un milieu diélectrique tel que celui qui constitue la structure stratifiée des lignes d'alimentation individuelles des cornets est toujours sujette à des pertes élevées même si le

diélectrique est de très bonne qualité. L'introduction d'un matériau diélectrique identique dans la ligne principale augmente encore les pertes. A cela s'ajoute le fait que le prix d'un matériau diélectrique de bonne qualité est toujours très élevé et augmente considérablement le coût de l'antenne.

Ensuite, le module d'antenne décrit dans le document cité est de forme linéaire, à alimentation en série, ce qui fait qu'il est effectivement très difficile d'alimenter les cornets exactement en phase et qu'il est donc indispensable de réaliser un ajustage de la longueur des lignes d'alimentation individuelles pour améliorer ce résultat. Il reste cependant difficile d'alimenter tous les cornets exactement en phase si une large bande de fréquence de fonctionnement est requise. De plus, la solution proposée par le document cité pour résoudre ce problème, conduit à une forme d'antenne complexe, ainsi qu'à un montage et un ajustage trop délicats pour être réalisés par exemple lors d'une fabrication en grande série.

C'est pourquoi la présente invention propose un nouveau module d'antenne hyperfréquences qui est dépourvu de ces inconvénients.

Selon la présente invention, ces problèmes sont résolus par un module unitaire d'antenne, tel que décrit dans le préambule, caractérisé en ce que les cornets sont au nombre de quatre, en ce que leurs ouvertures sont carrées et forment dans un plan parallèle à un plan de référence P, un réseau bidimensionnel de forme carrée, obtenu du fait que les ouvertures des cornets se déduisent les unes des autres par des translations de même pas selon des axes parallèles à leurs côtés, caractérisé en ce que le réseau d'alimentation en guide d'onde est du type dit "planaire" du fait qu'il est distribué dans un seul plan parallèle au plan de référence P, et du type dit "arborisé" du fait que les cornets sont alimentés en phase à l'aide de diviseurs de puissance en forme de T dont les branches sont symétriques, et caractérisé en ce que la section des guides d'onde étant de dimensions a et b définies par les relations $a > b$ et $a = \lambda_c/2$ où λ_c est la longueur d'onde de coupure des guides, la petite dimension b est placée parallèlement au plan de référence P dans le réseau planaire en sorte que ce dernier est apte à propager le mode TE_0 , selon lequel le vecteur champ électrique E se propage parallèlement au plan de ce réseau d'alimentation et en ce que les branches des diviseurs de puissance sont rectilignes ou courbes de manière telle que la forme de ces

branches de guides d'onde permettent la propagation du vecteur champ électrique E perpendiculairement à leurs parois perpendiculaires au plan du réseau.

Dans une forme de réalisation, ce module unitaire est caractérisé en ce que chaque embouchure interne de cornet est de section égale à celles des guides d'onde et est reliée individuellement à un guide d'onde du réseau par un coude dont l'angle est dans un plan parallèle à un plan Q, ce plan Q étant défini comme perpendiculaire au plan de référence P et parallèle à l'un des côtés de l'ouverture carrée du cornet ainsi qu'à la grande dimension a de l'embouchure interne de ce dernier, caractérisé en ce que chaque guide d'alimentation individuelle est linéaire et relié à l'une des branches linéaires symétriques d'un premier diviseur de puissance en forme de T par un coude dont l'angle est situé dans le plan du réseau, la branche principale de ce diviseur de puissance étant incurvée, et caractérisée en ce que chaque groupe de deux cornets ainsi formé est relié à l'une des branches symétriques incurvées d'un second diviseur de puissance en forme de T, dont la branche principale est également incurvée, de sorte que les deux groupes de deux cornets ainsi formés sont alimentés symétriquement par rapport à un plan Q', ce plan étant défini comme perpendiculaire à la fois au plan de référence P et au plan Q et de sorte que la courbure des branches des deux diviseurs de puissance permet la propagation du vecteur champ électrique E perpendiculairement aux parois perpendiculaires au plan du réseau.

La présente invention propose également une antenne hyperfréquences caractérisée en ce qu'elle comprend un nombre multiple de quatre de tels modules unitaires alimentés entre eux par un réseau planaire arborisé du même type que le réseau distribué à l'intérieur de chaque module et dans le même plan que ce dernier, en sorte que tous les cornets de l'antenne sont alimentés en phase.

Selon une forme de réalisation, cette antenne est caractérisée en ce qu'elle est constituée de deux plaques, dont les surfaces sont électriquement conductrices, les cornets étant formés dans l'épaisseur de la première plaque, les ouvertures des cornets débouchant sur la première face de cette plaque et les embouchures sur la seconde face, le réseau d'alimentation en guides étant formé par des rainures pratiquées sur la première face de la seconde plaque, ces rainures constituant trois des quatre faces des guides et l'application de la seconde face de la première plaque sur la première face de la seconde plaque formant la quatrième face des guides et les raccordements avec les cornets.

Selon une autre forme de réalisation, cette antenne est caractérisée en ce qu'elle est constituée de deux plaques, dont les surfaces sont électriquement conductrices, les cornets étant formés dans l'épaisseur de la première plaque, les ouvertures des cornets débouchant sur la première face de cette plaque et les embouchures sur la seconde face, le réseau d'alimentation en guides étant formé par des rainures en creux pratiquées sur cette seconde face et constituant trois des quatre faces des guides, la seconde plaque présentant une première face plane, et l'application de la seconde face de la première plaque sur la première face de la seconde plaque formant la quatrième face des guides et les raccordements avec les cornets.

5 L'antenne réalisée selon la présente invention offre de nombreux avantages. Tout d'abord, elle présente des pertes aussi faibles que possible du fait qu'elle est entièrement alimentée par des guides d'onde excluant tout diélectrique autre que l'air.

20 Ensuite de par la forme arborisée du réseau d'alimentation, tous les cornets sont alimentés en phase, et ceci sur une large bande de fréquences, sans qu'il soit besoin de prévoir des ajustages.

25 En outre de par la forme planaire du réseau d'alimentation, l'antenne peut être réalisée à l'aide de deux seules plaques, métalliques ou bien seulement métallisées, par un procédé de fabrication très simple.

30 De plus, l'antenne ainsi réalisée présente d'excellentes qualités mécaniques. Elle est particulièrement solide, résistante aux intempéries et au vieillissement.

35 Enfin cette antenne présente de grandes qualités techniques. Elle peut fonctionner dans le domaine des hyperfréquences, par exemple 12 GHz et sur une très large bande de fréquences. Sa directivité et ses performances en gain peuvent même être adaptées à l'application de la réception d'émissions de télévision relayées par satellites en calculant de façon appropriée les dimensions des cornets et des guides.

40 45 Cette antenne remplit en effet une des conditions essentielles exigées pour cette application : elle ne présente pas de lobes secondaires de réseau.

50 55 L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante, illustrée par les figures annexées dont :

-la figure 1 qui montre en perspective un élément rayonnant d'un module unitaire selon l'invention ;

-la figure 2a qui montre en perspective un module unitaire selon l'invention ;

- la figure 2b qui montre en perspective le réseau d'alimentation de ce module ;

-la figure 3 qui représente, en coupe parallèle au plan de référence P, le réseau d'alimentation de ce module ;

-la figure 4 qui représente les positions respectives du plan de référence P et des plans de symétrie Q et Q' du réseau d'alimentation ;

-les figures 5a et 5b qui représentent en coupe respectivement parallèlement au plan Q' et parallèlement au plan Q, un élément rayonnant du module unitaire ;

-les figures 6a et 6b qui représentent des portions des deux plaques constituant une antenne selon l'invention, dans une mise en oeuvre ;

-la figure 7 qui représente un élément rayonnant de l'antenne dans une autre mise en oeuvre ;

-la figure 8 qui représente les coordonnées angulaires d'un point M de l'espace par rapport au plan de référence P ;

-la figure 9 qui représente l'enveloppe C₁ du diagramme de rayonnement de l'antenne imposée par les normes CCIR dans l'application de l'antenne à la réception d'émissions de télévision relayées par satellites et l'enveloppe C₂ du diagramme de polarisation croisée.

Tel que représenté en perspective sur la figure 1, l'élément rayonnant d'un module unitaire d'antenne selon l'invention est constitué d'un cornet 1 dont l'ouverture présente une section carrée de côté A. Lors du fonctionnement de l'antenne, pour permettre la réception ou l'émission d'une onde polarisée linéairement, l'ouverture du cornet est placée parallèlement à un plan de référence P défini par la direction de propagation du champ électrique \vec{E} et du champ magnétique \vec{H} dans le milieu extérieur à l'antenne, et les côtés de l'ouverture carrée du cornet sont placés soit parallèles au champ électrique \vec{E} , soit parallèles au champ magnétique \vec{H} du milieu extérieur à l'antenne.

L'embouchure 4 du cornet 1 est raccordée au guide d'onde 3 par un coude 2. Le guide d'onde 3 et l'embouchure interne 4 présentent une section rectangulaire de côtés a et b tels que a > b,

si a = $\lambda_c/2$ où λ_c est la fréquence de coupure du guide d'onde, le guide d'onde propage le mode TE₀₁. Le champ électrique \vec{E} se propage parallèlement au côté b, et le champ magnétique \vec{H} se propage parallèlement au côté a.

Le guide d'onde 3 est placé de telle sorte que la dimension b de sa section est parallèle au plan de référence P et la dimension a perpendiculaire. Dans ces conditions, le champ électrique \vec{E} se propage dans le guide 3 parallèlement au plan de référence P, et le champ magnétique \vec{H} se propage perpendiculairement au plan de référence P. Le guide 3 est dit "plan \vec{E} ".

L'angle du coude 2 de raccordement de l'embouchure 4 au guide 3 se trouve donc dans un plan parallèle à un plan Q, le plan Q étant défini comme perpendiculaire au plan P et parallèle à l'un des côtés des ouvertures des cornets. En fonctionnement selon le mode TE₀₁, dans le coude 2, ce plan est parallèle au vecteur \vec{H} . Le coude 2 peut être dit "coude plan \vec{H} ". Dans le milieu extérieur à l'antenne, le plan Q est défini, en fonctionnement, par le champ magnétique \vec{H} et la perpendiculaire oz au plan P, comme il est montré sur la figure 4.

Le module d'antenne selon l'invention est constitué de quatre cornets dont les ouvertures forment un motif répété par simple translation, selon deux axes parallèles aux côtés, avec le même pas, dans un plan parallèle au plan de référence P, comme il est montré sur la figure 2a, en perspective, vu du dessus. Ce module est donc de forme carrée dans ce plan.

Le réseau d'alimentation de ces quatre cornets est montré en perspective sur la figure 2b. Ce réseau est dit "planaire" du fait qu'il est distribué dans un seul plan parallèle au plan de référence P. Tous les guides d'onde raccordant les guides 3 d'alimentation individuelle des cornets entre eux, sont du même type que les guides 3, c'est-à-dire "plan \vec{E} ".

Le réseau d'alimentation planaire est donc dit "plan \vec{E} ".

De plus, pour permettre l'alimentation des quatre cornets en phase, ce réseau est du type dit "arborisé". En effet, les cornets sont alimentés par deux de façon symétrique par rapport à un plan parallèle au plan Q, pour former deux groupes de deux éléments rayonnants identiques. Puis les deux groupes ainsi formés sont alimentés de façon symétrique, par rapport à un plan parallèle à un plan Q', ce plan Q' étant défini comme perpendiculaire à la fois au plan de référence P et au plan Q comme il est montré figure 4. Dans le milieu extérieur à l'antenne en fonctionnement, le plan Q' est défini par le champ électrique \vec{E} et la perpendiculaire oz au plan P.

Comme il est montré figure 2b en perspective et figure 3 en coupe parallèlement au plan P, la symétrie d'alimentation de deux cornets peut être obtenue par un réseau planaire tel que des coudes 5 dont l'angle est situé dans le plan du réseau raccordant les guides d'alimentation individuelle 3 de ces cornets à un diviseur de puissance 6 en forme de T dans le même plan. Le plan de symétrie du système formé par les deux cornets, les deux coudes 5 et la barre supérieure du diviseur de puissance 6, est un plan parallèle à Q dont la trace st l'I" sur la figure 3.

La symétrie d'alimentation des deux groupes de deux cornets ainsi formés est obtenu en raccordant les guides d'onde 8 issus des diviseurs de puissance 6 par un diviseur de puissance 7 en forme de T situé dans le plan du réseau. La barre supérieure de ce diviseur de puissance 7, de sortie 9, et les tronçons de guide 8 admettent comme plan de symétrie un plan parallèle à Q' dont la trace est J'J" sur la figure 3.

Ainsi pour chaque cornet, la longueur du trajet d'alimentation est exactement la même et les cornets sont alimentés parfaitement en phase.

Les tronçons de guide d'onde 8, la barre supérieure du T formant le diviseur de puissance 7, et le tronçon de guide d'onde 9 de sortie de ce diviseur, sont prévus courbes, comme il est montré sur les figures 2b et 3, afin que le vecteur champ électrique E reste perpendiculaire aux parois des guides lors de la propagation du mode TE_{01} .

Une antenne hyperfréquences peut être formée à partir d'un nombre multiple de quatre de tels modules unitaires alimentés entre eux par un réseau planaire arborisé du même type que le réseau distribué à l'intérieur de chaque module et dans le même plan que ce dernier. De la sorte l'antenne peut comporter le nombre d'éléments rayonnants nécessaires à l'obtention du gain souhaité pour l'antenne et tous les éléments rayonnants de l'antenne sont cependant alimentés en phase.

Du fait que le réseau d'alimentation en guide d'onde est conçu dans un plan parallèle au plan des ouvertures des cornets, il est possible de réaliser l'antenne entière sous forme d'une antenne plane à l'aide de seulement deux plaques. Ces plaques peuvent être métalliques et usinées, ou encore en plastique moulé dont les surfaces sont métallisées.

Selon une première forme de réalisation illustrée par les figures 6a et 6b, l'antenne est constituée de deux plaques 100 et 110 dont les faces principales 101 et 102 pour la plaque 100, et les faces principales 103 et 104 pour la plaque 110 sont parallèles au plan de référence. La plaque 100 comprend un nombre multiple de quatre de modules unitaires de quatre cornets placés de façon adjacente, de manière à ce que tous les cornets se déduisent les uns des autres par une translation de même pas suivant les deux directions parallèles aux côtés des ouvertures carrées. Les cornets sont façonnés dans l'épaisseur de la plaque 100 de manière à ce que les ouvertures affleurent la face 101 et à ce que les embouchures 4 affleurent la face 102, l'épaisseur de la plaque 100 étant prévue égale de la hauteur h des cornets (voir figures 5a et 5b). La plaque 110 comprend les coude 2 et le réseau d'alimentation planaire de l'antenne constitué par des rainures pratiquées en creux sur la

face 103 de cette plaque. Les rainures ont pour largeur b et pour profondeur a et constituent trois des faces des guides d'onde du réseau. L'application de la face 103 de la plaque 110 sur la face 102 de la plaque 100 forme la quatrième face des guides d'onde à section rectangulaire du réseau d'alimentation et raccorde les cornets sur le réseau ainsi formé. On notera que la plaque 110 doit présenter une épaisseur légèrement supérieure à la grandeur a , ce qui donne pour l'épaisseur totale de l'antenne plane ainsi constituée une valeur légèrement supérieure à la grandeur de $a + h$.

Selon une seconde forme de réalisation, illustrée par la figure 7, l'antenne est constituée de deux plaques 200 et 210 dont les faces principales 201 et 202 pour la plaque 200, et les faces principales 203 et 204 pour la plaque 210 sont parallèles au plan de référence P. La plaque 200 comprend les modules unitaires placés de façon adjacente, comme dans la forme de réalisation précédemment décrite. Les cornets sont façonnés dans l'épaisseur de la plaque 200 de manière à ce que les ouvertures affleurent la face 201 et à ce que les embouchures se trouvent dans l'épaisseur du matériau formant la plaque 200. Cette dernière est prévue d'une épaisseur égale à la hauteur h des cornets augmentée de la valeur de la dimension a des guides. Le réseau d'alimentation d'antenne est pratiqué sur la face 202 de la plaque 200 sous forme de rainures en creux de largeur b et de profondeur a , et de coude 2 permettant de relier les embouchures des cornets aux rainures. La plaque 210 est une simple lame à faces parallèles. L'application de la face 203 de la plaque 210 sur la face 202 de la plaque 200 forme la quatrième face des guides d'onde du réseau d'alimentation.

L'antenne mise en oeuvre selon l'une des formes de réalisation décrites précédemment est donc d'une fabrication particulièrement simple et peu coûteuse. Elle peut être faite en grande série. Elle est d'une grande solidité mécanique et ne nécessite pas d'ajustage lors du montage. Pour faciliter encore la mise en place des plaques 100 et 110, ou 200 et 210 l'une sur l'autre, il peut être prévu sur ces plaques des picots de positionnement ou tout autre système de repérage et de fixation bien connus de l'homme de l'art. Par exemple les plaques peuvent aussi être maintenues l'une en face de l'autre par des vis.

Comme cette antenne n'inclut pas de diélectrique, les pertes y sont aussi faibles que possible, et d'autre part elle est extrêmement résistante au vieillissement.

De plus cette antenne est d'un faible volume et d'un faible poids. Elle est donc particulièrement facile à mettre en place et son support est alors peu onéreux.

Une telle antenne est par conséquent extrêmement bien adaptée à l'utilisation grand public pour la réception d'émissions de télévision retransmises par satellites. En effet dans un tel système de réception l'antenne est un élément important à double titre : en premier lieu la qualité de la réception dépend directement des caractéristiques de l'antenne et en second lieu, le coût de l'antenne et de son support ainsi que le coût d'installation et de pointage vers le satellite définissent en grande partie le coût final du système de réception.

L'exemple suivant est donné pour montrer que l'antenne selon l'invention peut en outre présenter des caractéristiques techniques appropriées à la réception des émissions de télévision relayées par satellite artificiel.

Exemple de réalisation

On rappelle qu'une antenne destinée à la réception d'émissions de télévision relayée par satellite doit pouvoir recevoir une polarisation circulaire, droite ou gauche selon le satellite émetteur.

On sait que la polarisation d'une onde électromagnétique est définie par la direction du champ électrique \vec{E} dans l'espace. Si en un point de l'espace, le vecteur champ électrique \vec{E} reste parallèle à une droite, nécessairement perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde, cette onde est polarisée rectilignement.

Par contre, l'onde est polarisée circulairement si l'extrémité du vecteur champ électrique \vec{E} décrit un cercle dans le plan perpendiculaire à la direction de propagation. La polarisation est circulaire droite lorsque \vec{E} tourne dans le sens des aiguilles d'une montre pour un observateur regardant dans la direction de propagation. La polarisation est circulaire gauche dans l'autre cas.

Une onde polarisée circulairement peut être décomposée en deux ondes polarisées linéairement, perpendiculaires entre elles et déphasées de $\pm \pi/2$.

L'antenne destinée à l'application envisagée peut donc être réalisée selon le principe suivant : les deux composantes perpendiculaires, dues à l'émission par le satellite d'une onde polarisée circulairement, sont captées puis composées avec le déphasage approprié ($\pm \pi/2$ selon que l'on a affaire à une polarisation circulaire droite ou gauche).

La mise en œuvre de ce principe suppose l'utilisation devant l'antenne d'un radôme dépolarisant. Ce radôme est conçu de telle sorte qu'il retarde l'une des composantes de l'onde polarisée circulairement provoquant ainsi le déphasage nécessaire. Les deux ondes de polarisation linéaire se trouvent ainsi en phase et leur composition

vectorielle donne une onde polarisée linéairement pouvant être reçue par une antenne à une seule polarisation linéaire telle que l'antenne selon la présente invention. Le radôme dépolarisant n'est pas décrit ici comme ne faisant pas à proprement parler partie de l'invention.

On rappelle en outre que, pour l'application envisagée, l'antenne doit répondre aux normes formulées par le CCIR (Comité International de Radiocommunication). Ces conditions sont les suivantes :

-la bande de fréquence doit se situer entre 11,7 et 12,5 GHz ;

-le diagramme de rayonnement de l'antenne doit être enveloppé sous le gabarit représenté par la courbe C, montrée sur la figure 9, selon lequel une atténuation de 3 dB du lobe principal correspond à une ouverture θ du faisceau de 2° , exprimée par la relation :

$\theta -3dB = 2^\circ$ qui est l'ouverture du faisceau à mi-puissance ; et selon lequel les lobes secondaires sont atténués de 30 dB à 12° ;

-la polarisation croisée doit être enveloppée sous le gabarit représenté par la courbe C₂ sur la figure 9.

-le rapport entre gain de l'antenne G et la température de bruit T en degré Kelvin doit être :

$$G/T \geq 6 \text{ dB } ^\circ\text{K}^{-1}$$

Tel que représenté sur la figure 2b, le réseau d'alimentation du module unitaire d'antenne permet la propagation du mode TE₀₁. Pour que ce mode puisse se propager il faut que la grande dimension a des guides d'onde qui est perpendiculaire au champ électrique \vec{E} vérifie la relation (1) :

$$a = \lambda_c/2 \dots (1)$$

où λ_c est la longueur d'onde de coupure du guide. En effet si la dimension a est trop faible alors la longueur d'onde guidée varie trop en fonction de la fréquence. Et inversement si la dimension a est trop grande, alors le guide propage plusieurs modes à la fois.

Pour la bande de fréquence 11,7 -12,5 GHz, il peut être adopté une fréquence de coupure

$$f_c = 10 \text{ GHz}$$

correspondant à une longueur d'onde de coupure

$$\lambda_c = 30 \text{ mm}$$

et donc $a = 15 \text{ mm}$ est un bon compromis.

Le problème qui se pose en outre particulièrement est celui des lobes de réseau. En effet, le gain total de l'antenne 6 est lié au gain d'un élément rayonnant G_e par la relation (2)

$$G = G_e \times F_r \times F \dots (2)$$

dans laquelle F_r = facteur de réseau

F = facteur de correction pour un élément.

5

Le facteur de réseau F_r est une fonction de l'angle θ de rayonnement, ce dernier étant défini comme il est montré sur la figure 10, par l'angle entre la normale oz au plan xoy contenant le plan P de l'antenne, et la direction OM du rayonnement. Le facteur de réseau F_r vérifie la relation (3)

10

$$F_r = \frac{\sin(nu)}{n \sin U} \quad (3)$$

dans laquelle n est le nombre d'éléments rayonnants formant l'antenne et

$$U = \pi \frac{d}{\lambda} \sin \theta \quad (4)$$

où d est la distance entre éléments rayonnants et λ la longueur de l'onde propagée.

La relation (2) montre que l'on obtient un rayonnement maximal lorsque le facteur de réseau

$$F_r = 1$$

Pour que les lobes de réseau soient totalement évités, il faut que la fonction F_r n'ait qu'un seul maximum correspondant au lobe principal, c'est-à-dire que le terme $\sin u$ ne prenne la valeur 0 qu'une seule fois. Cette condition est remplie si :

$\lambda/d > 1$ c'est-à-dire si :

$$d < \lambda \dots (5)$$

25

Cette relation établit que pour que les lobes de réseau soient totalement évités il faut que la distance d entre les éléments rayonnants soit inférieure à la longueur d'onde λ propagée dans le guide. Dans le cas contraire, des lobes de réseau apparaissent. On choisira par exemple $d = 22$ mm.

La dimension b est donnée par (voir figure 3) :

$$b = (d - a - 2\delta)/2 \dots (6)$$

35

où δ est l'épaisseur minimale de matériau séparant deux guides. Avec $\delta = 0,5$ mm, il vient alors :

$$b = 3 \text{ mm.}$$

40

Selon la présente invention cette condition peut être aisément remplie avec les dimensions et caractéristiques des éléments rayonnants et des guides d'onde données dans le tableau I.

45

50

55

TABLEAU I

$f = 12,5$ GHz	$f_c = 10$ GHz	$G_e = 9,5$ dB
$\lambda = 24$ mm	$\lambda_c = 30$ mm	TE ₀₁
<hr/>		
Plan H	$\phi_0 = 12,68$	$L_H/\lambda = 2,22$ $L_H = 53,33$
<hr/>		
Plan E	$\theta_0 = 22,61$	$L_E/\lambda = 1$ $L_E = 24$ mm
<hr/>		
$a = 15$ mm	$b = 3$ mm	$d = A = 22$ mm
		$h = 20$ mm

Ce tableau est complété par les figures 5a et 5b qui représentent respectivement une coupe d'un élément rayonnant parallèlement au plan Q donc au "plan H", et parallèlement au plan Q' donc au "plan E".

Le gain G_e d'un tel élément rayonnant peut être calculé à l'aide des relations données dans l'ouvrage publié par Nha-BUI-NA au éditions MASSON, intitulé "Antennes microondes".

Ce gain atteint pour les dimensions choisies une valeur de l'ordre de $G_e \approx 9,5$ dB.

Une antenne réalisée à l'aide de

$n = 512$ éléments rayonnants

ou à l'aide $N = 128$ modules unitaires selon l'invention présente alors, en présumant des pertes de 0,5dB dans les lignes, un gain total

$G \approx 36,1$ dB

Le couplage entre élément peut être considéré comme négligeable. Des adaptations peuvent être prévues au niveau des coudes ou des diviseurs de puissance pour améliorer ces résultats.

Cependant telle quelle, cette antenne répond parfaitement aux normes CCIR. En particulier le diagramme de rayonnement obtenu répond parfaitement aux conditions de la figure 9, tant pour l'enveloppe C₁ que pour l'enveloppe C₂ du diagramme de polarisation croisée.

En effet, de la valeur imposée pour le rapport entre le gain de l'antenne et la température de bruit, l'antenne doit présenter un gain d'au moins 34 dB.

La valeur atteinte ici de plus de 36 dB est parfaitement convenable et le fait que l'antenne ne présente pas de lobes secondaires de réseau est une de ses caractéristiques les plus intéressantes pour cette application.

20 Enfin la possibilité de réaliser une telle antenne en deux plaques comme il a été décrit en fait un dispositif parfait pour cette application grand public.

25 Cependant il est évident que d'autres applications peuvent être envisagées pour cette antenne, en calculant les éléments d'une manière appropriée, sans pour autant sortir du cadre de la présente invention tel que défini par les revendications ci-après annexées.

30 **Revendications**

1. Module unitaire d'antenne hyperfréquences pour la réception ou l'émission d'une onde polarisée rectilignement comportant des éléments rayonnants en forme de cornets et un réseau d'alimentation composé de guides d'onde de section rectangulaire connectés d'une part aux cornets et d'autre part entre eux de manière que pour chaque cornet la longueur totale du trajet d'alimentation est la même, caractérisé en ce que les cornets sont au nombre de quatre, en ce que leurs ouvertures sont carrées et forment dans un plan parallèle à un plan de référence P, un réseau bidimensionnel de forme carrée, obtenu du fait que les ouvertures des cornets se déduisent les unes des autres par des translations de même pas selon des axes parallèles à leurs côtés, caractérisé en ce que le réseau d'alimentation en guide d'onde est du type dit "planaire" du fait qu'il est distribué dans un seul plan parallèle au plan de référence P, et du type dit "arborisé" du fait que les cornets sont alimentés en phase à l'aide de diviseurs de puissance en forme de T dont les branches sont symétriques, et caractérisé en ce que la section des guides d'onde étant de dimensions a et b définies par les relations $a > b$ et $a = \lambda_c/2$ où λ_c est la longueur d'onde de coupure des guides, la petite dimension

b est placée parallèlement au plan de référence P dans le réseau planaire en sorte que ce dernier est apte à propager le mode TE_{01} selon lequel le vecteur champ électrique E se propage parallèlement au plan de ce réseau d'alimentation et en ce que les branches des diviseurs de puissance sont rectilignes ou courbes de manière telle que la forme de ces branches de guides d'onde permettent la propagation du vecteur champ électrique E perpendiculairement à leurs parois perpendiculaires au plan du réseau.

2. Module unitaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque embouchure interne de cornet est de section égale à celle des guides d'onde et est reliée individuellement à un guide d'onde du réseau par un coude dont l'angle est dans un plan parallèle à un plan Q, ce plan Q étant défini comme perpendiculaire au plan de référence P et parallèle à l'un des côtés de l'ouverture carré du cornet ainsi qu'à la grande dimension a de l'embouchure interne de ce dernier, caractérisé en ce que chaque guide d'alimentation individuelle est linéaire et relié à l'une des branches linéaires symétriques d'un premier diviseur de puissance en forme de T par un coude dont l'angle est situé dans le plan du réseau, la branche principale de ce diviseur de puissance étant incurvée, et caractérisée en ce que chaque groupe de deux cornets ainsi formé est relié à l'une des branches symétriques incurvées d'un second diviseur de puissance en forme de T, dont la branche principale est également incurvée, de sorte que les deux groupes de deux cornets ainsi formés sont alimentés symétriquement par rapport à un plan Q', ce plan étant défini comme perpendiculaire à la fois au plan de référence P et au plan Q et de sorte que le courbure des branches des deux diviseurs de puissance permet la propagation du vecteur champ électrique E perpendiculairement aux parois perpendiculaires au plan du réseau.

3. Antenne hyperfréquences caractérisée en ce qu'elle comprend un nombre multiple de quatre de modules unitaires conformes à l'une des revendi-

cations 1 ou 2, alimentés entre eux par un réseau planaire arborisé du même type que le réseau distribué à l'intérieur de chaque module et dans le même plan que ce dernier, en sorte que tous les cornets de l'antenne sont alimentés en phase.

4. Antenne selon la revendication 3, caractérisée en ce qu'elle est constituée de deux plaques, dont les surfaces sont électriquement conductrices, les cornets étant formés dans l'épaisseur de la première plaque, les ouvertures des cornets débouchant sur la première face de cette plaque et les embouchures sur la seconde face, le réseau d'alimentation en guides étant formé par des rainures pratiquées sur la première face de la seconde plaque, ces rainures constituant trois des quatre faces des guides et l'application de la seconde face de la première plaque sur la première face de la seconde plaque formant la quatrième face des guides et les raccordements avec les cornets.

5. Antenne selon la revendication 3, caractérisée en ce qu'elle est constituée de deux plaques dont les surfaces sont électriquement conductrices, les cornets étant formés dans l'épaisseur de la première plaque, les ouvertures des cornets débouchant sur la première face de cette plaque et les embouchures sur la seconde face, le réseau d'alimentation en guides étant formé par des rainures en creux pratiquées sur cette seconde face et constituant trois des quatre faces des guides, la seconde plaque présentant une première face plane, et l'application de la seconde face de la première plaque sur la première face de la seconde plaque formant la quatrième face des guides et les raccordements avec les cornets.

6. Antenne selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisée en ce que les plaques sont en un matériau électriquement conducteur.

7. Antenne selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisée en ce que les plaques sont en un matériau diélectrique dont les faces sont recouvertes d'un matériau électriquement conducteur.

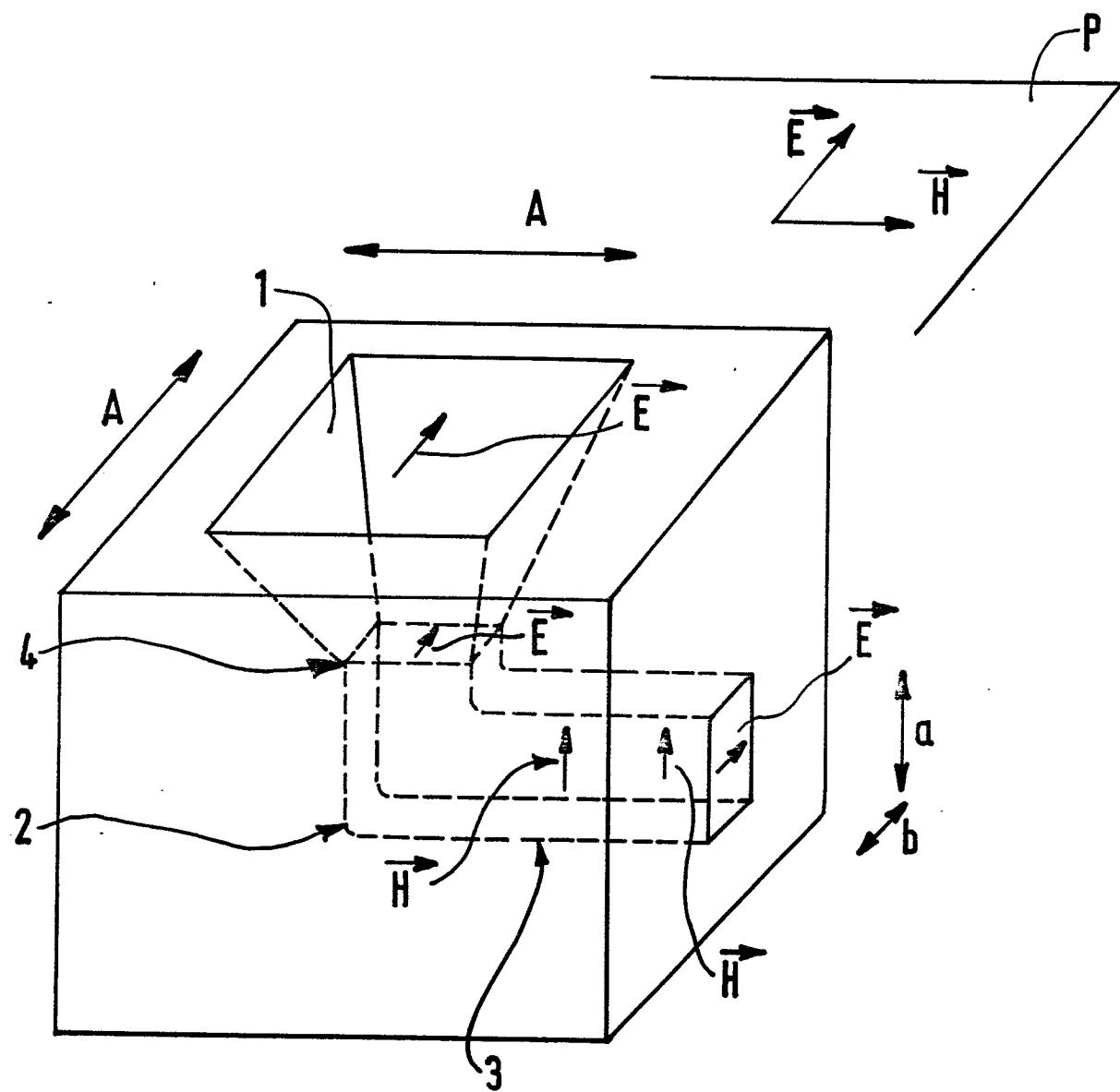


FIG. 1

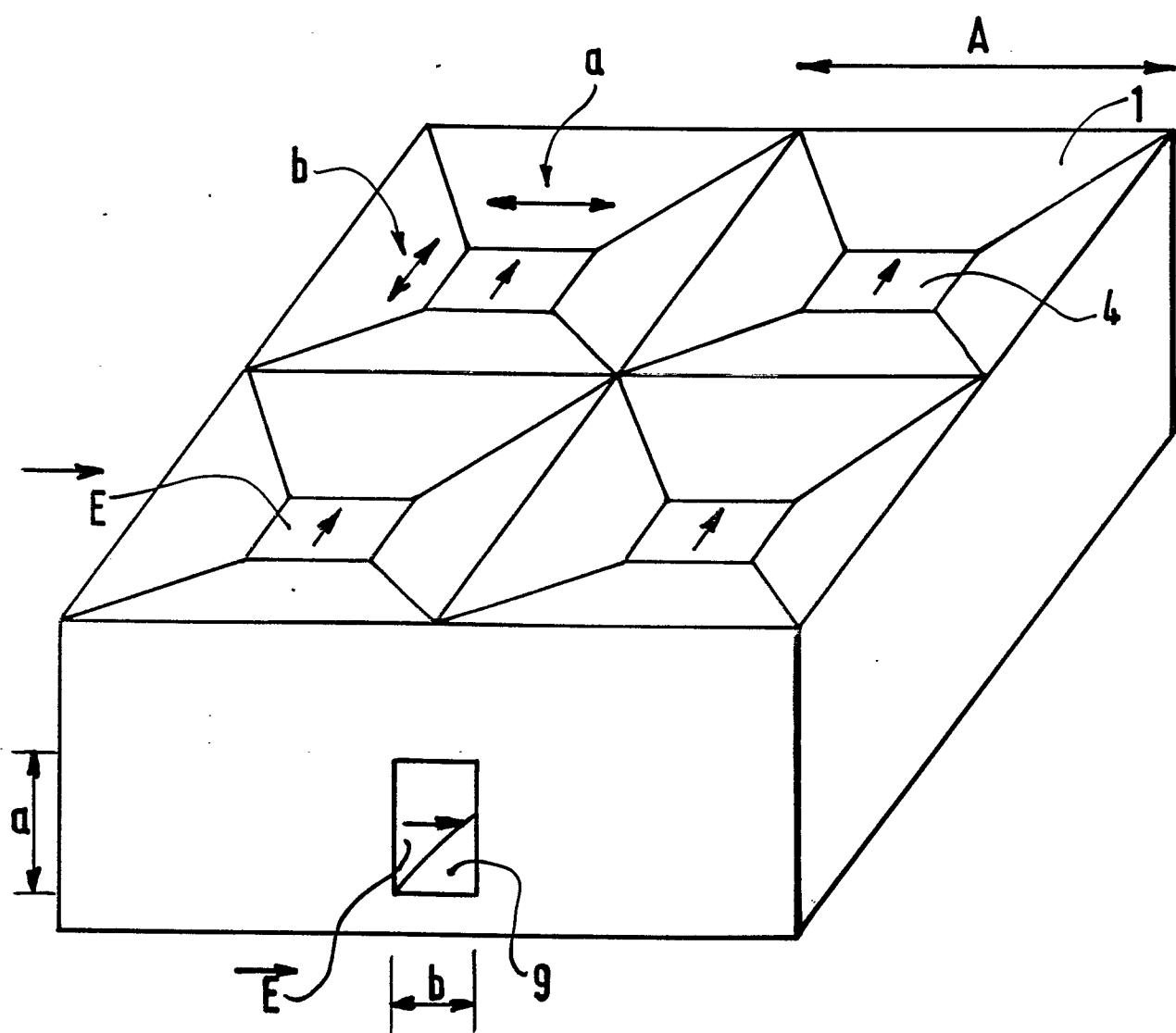


FIG. 2a

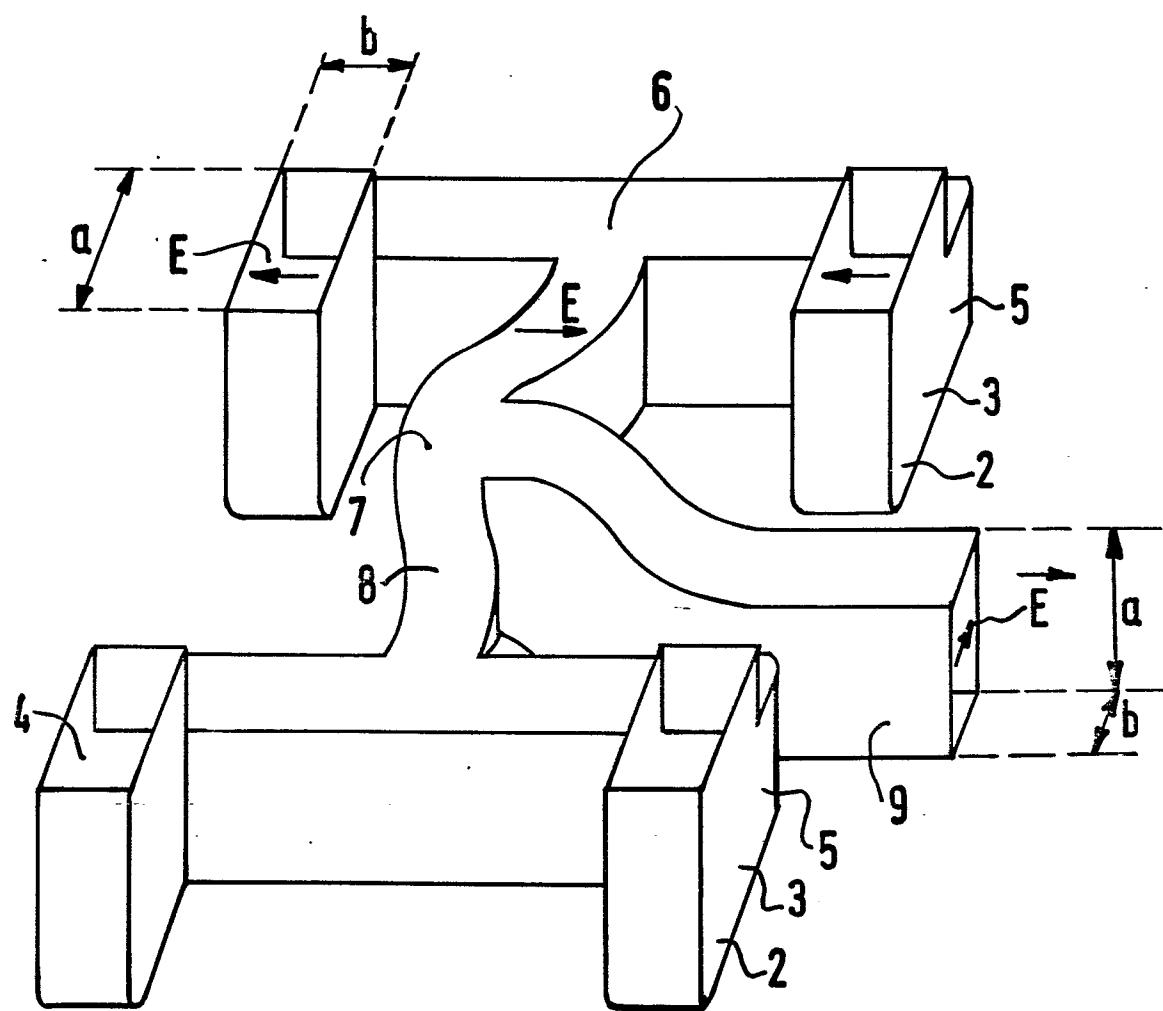


FIG. 2b

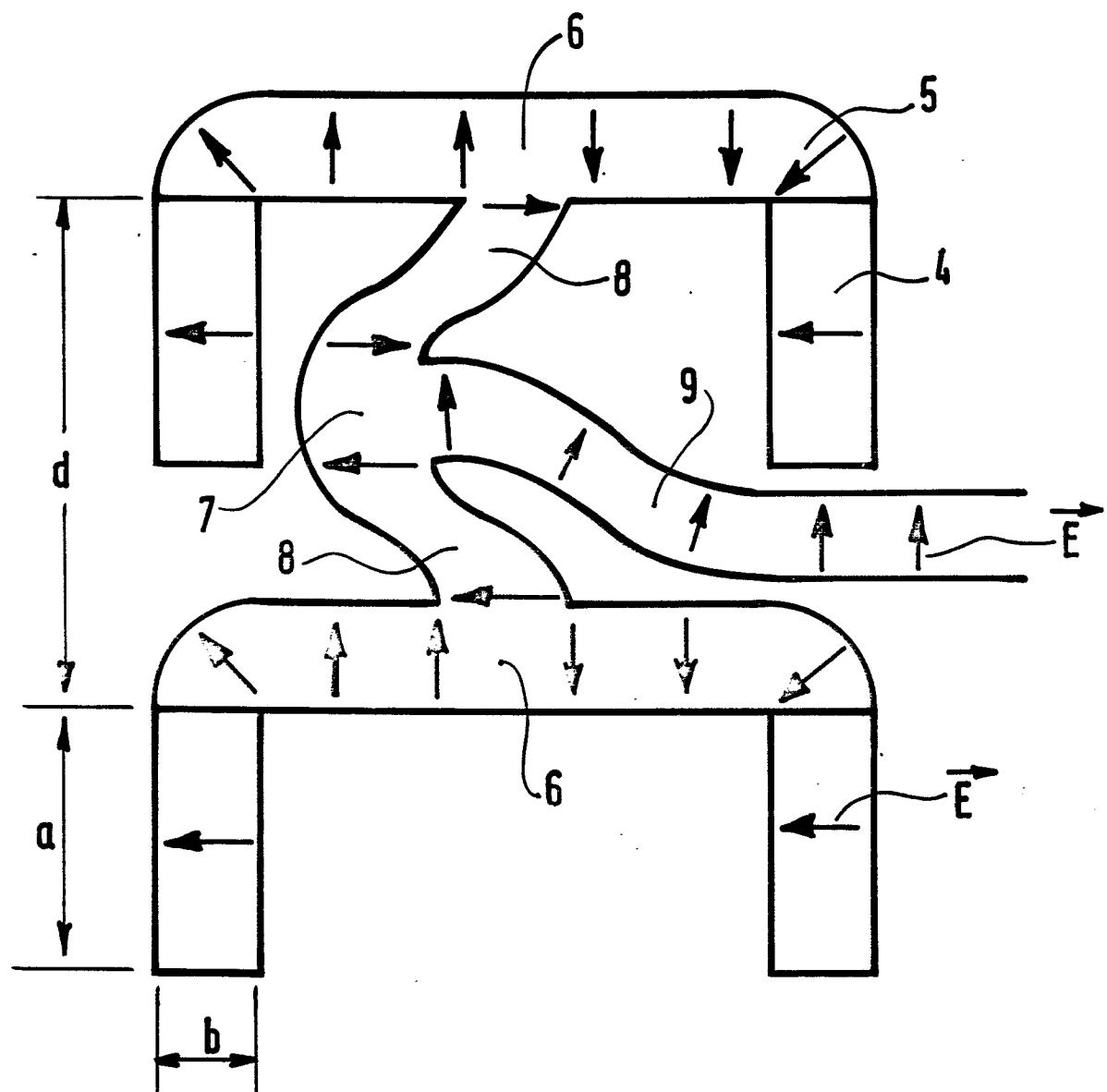


FIG.3

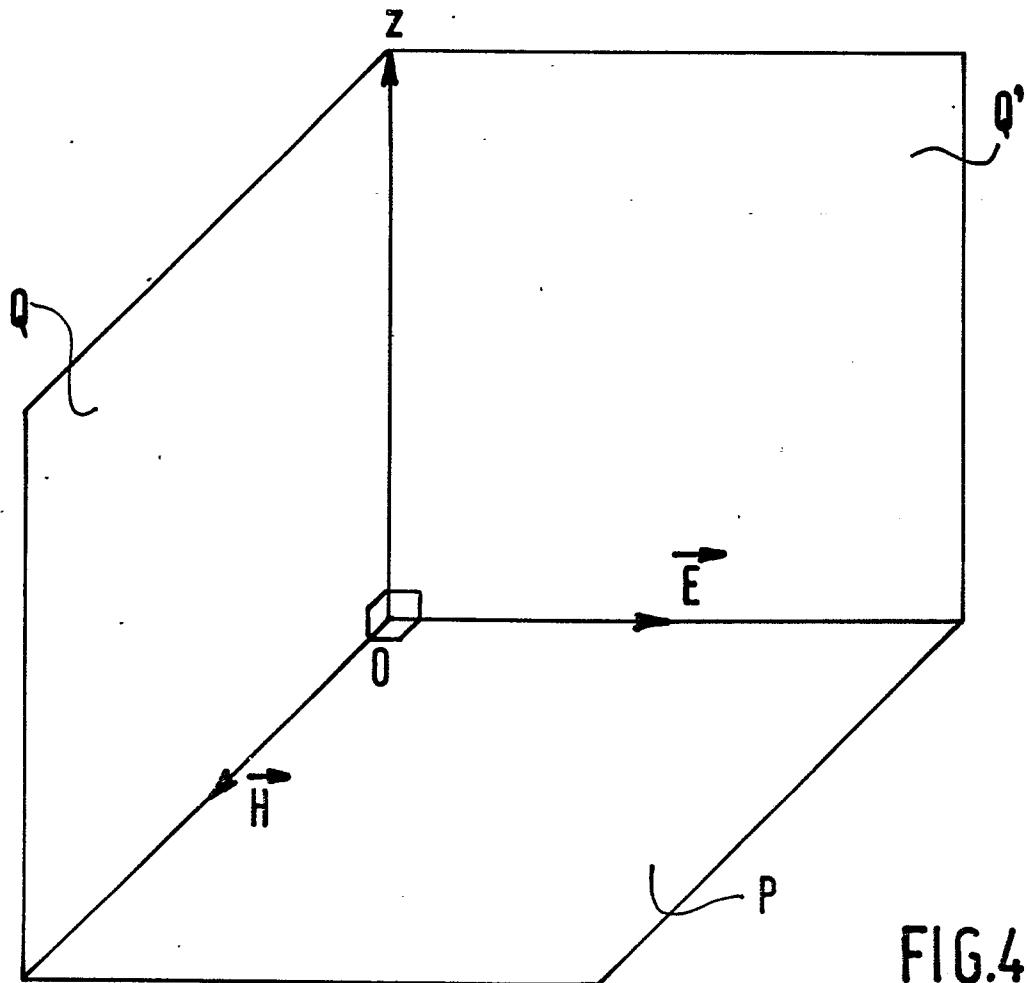


FIG.4

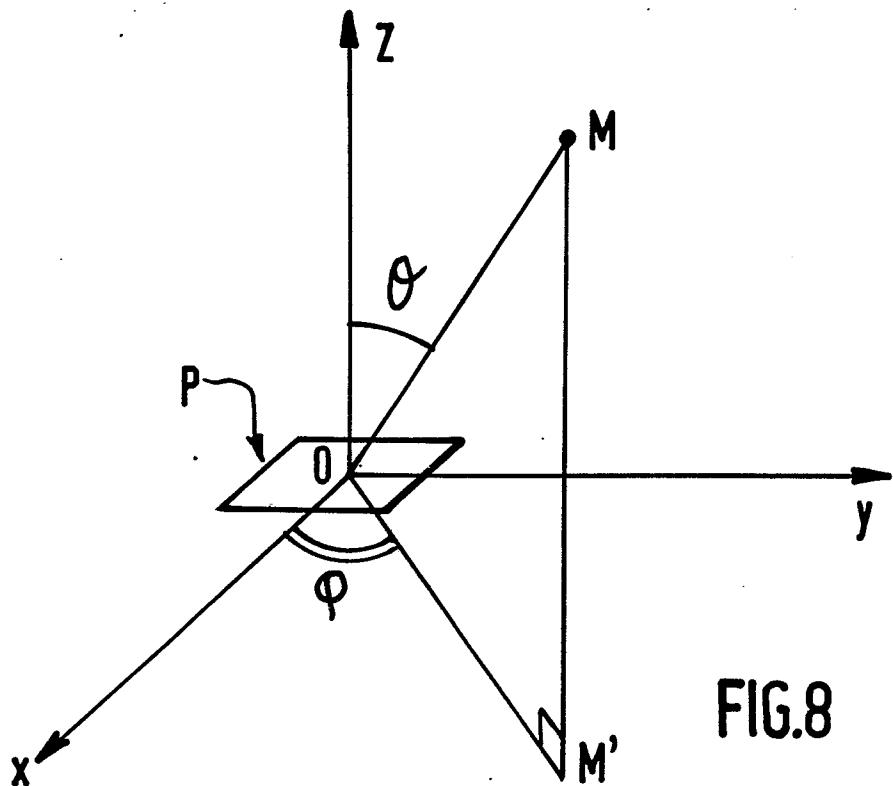


FIG.8

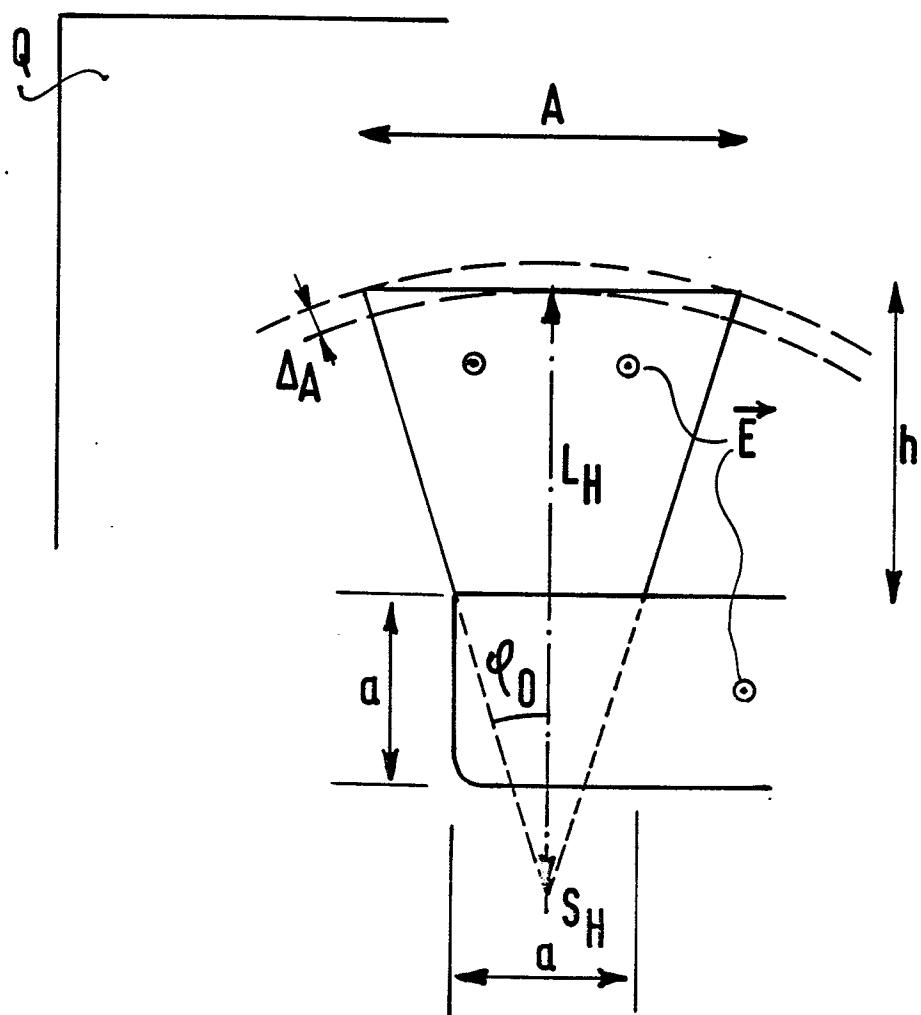


FIG.5a

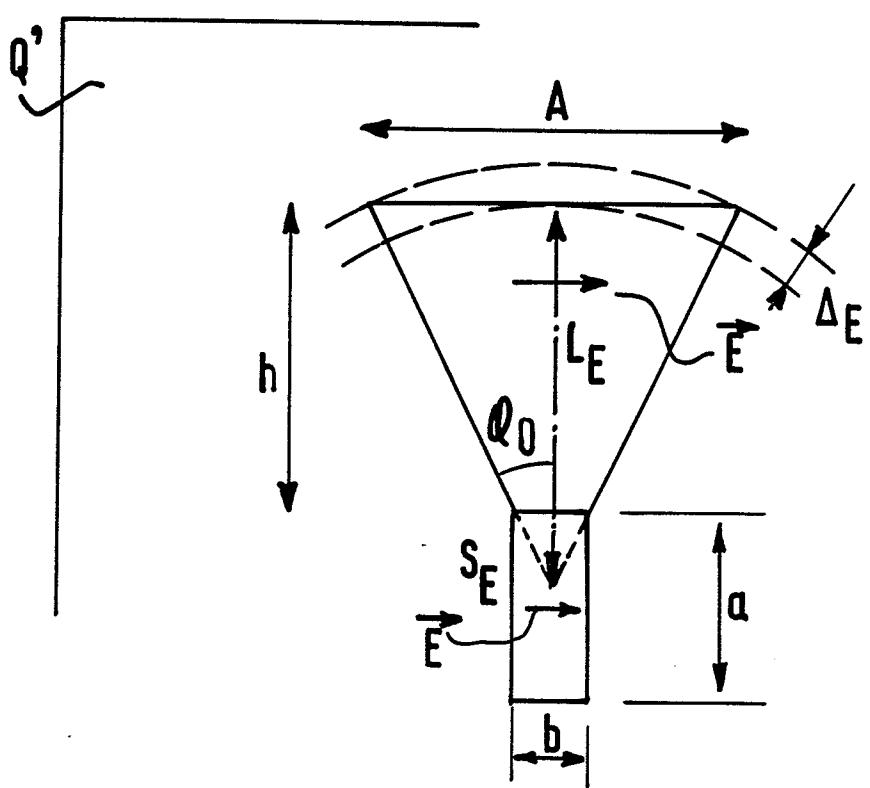
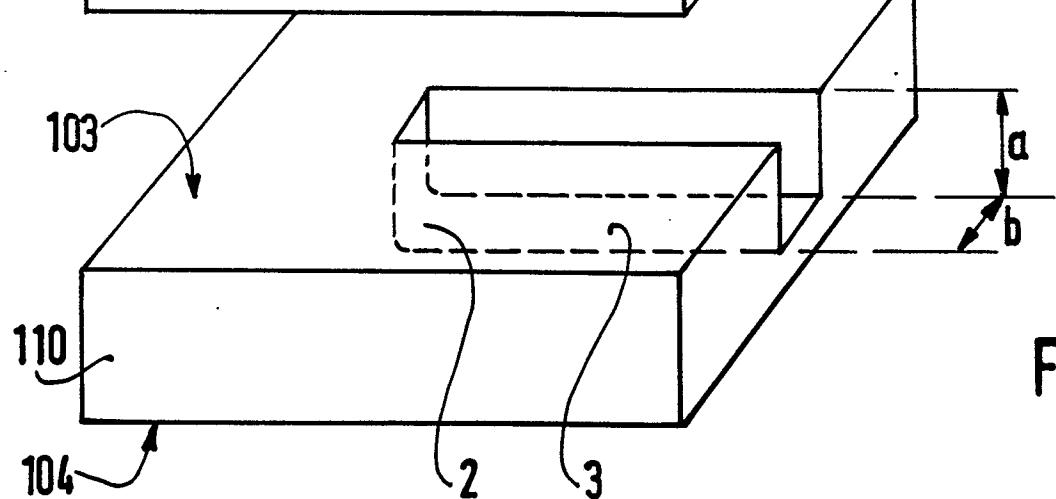
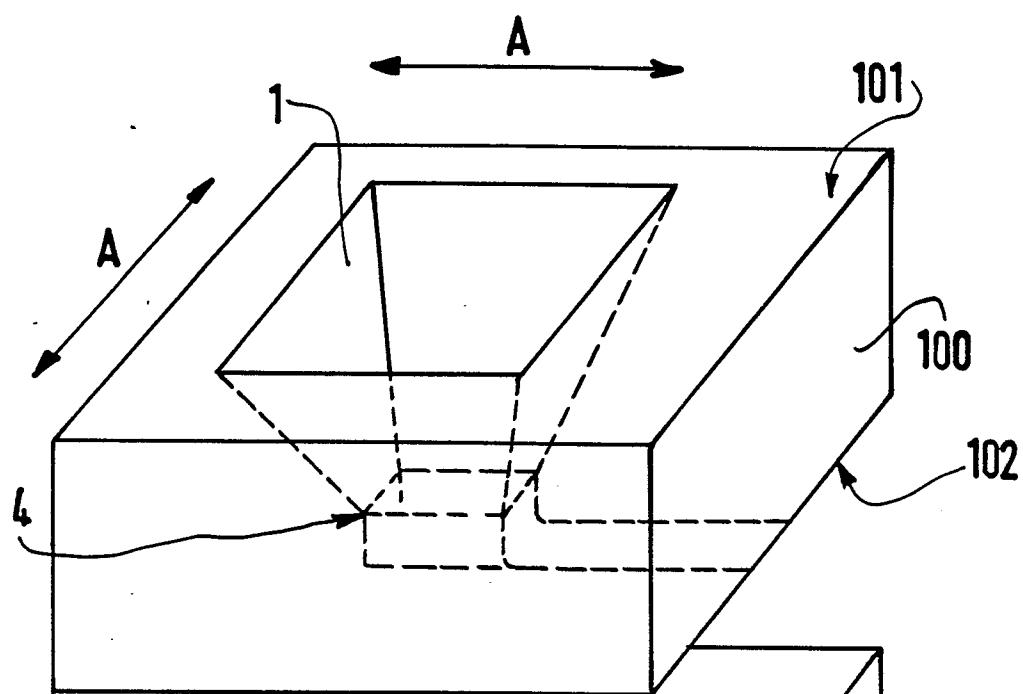


FIG.5b



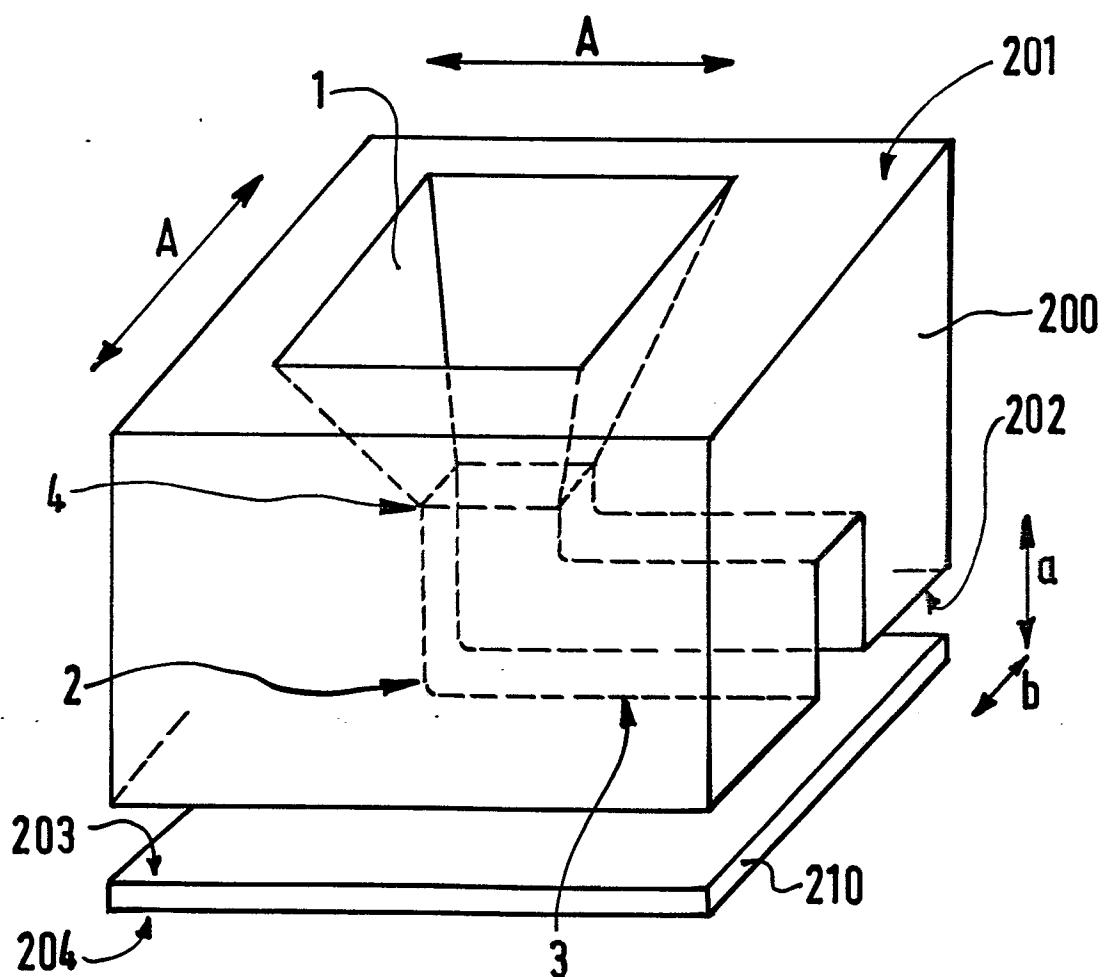
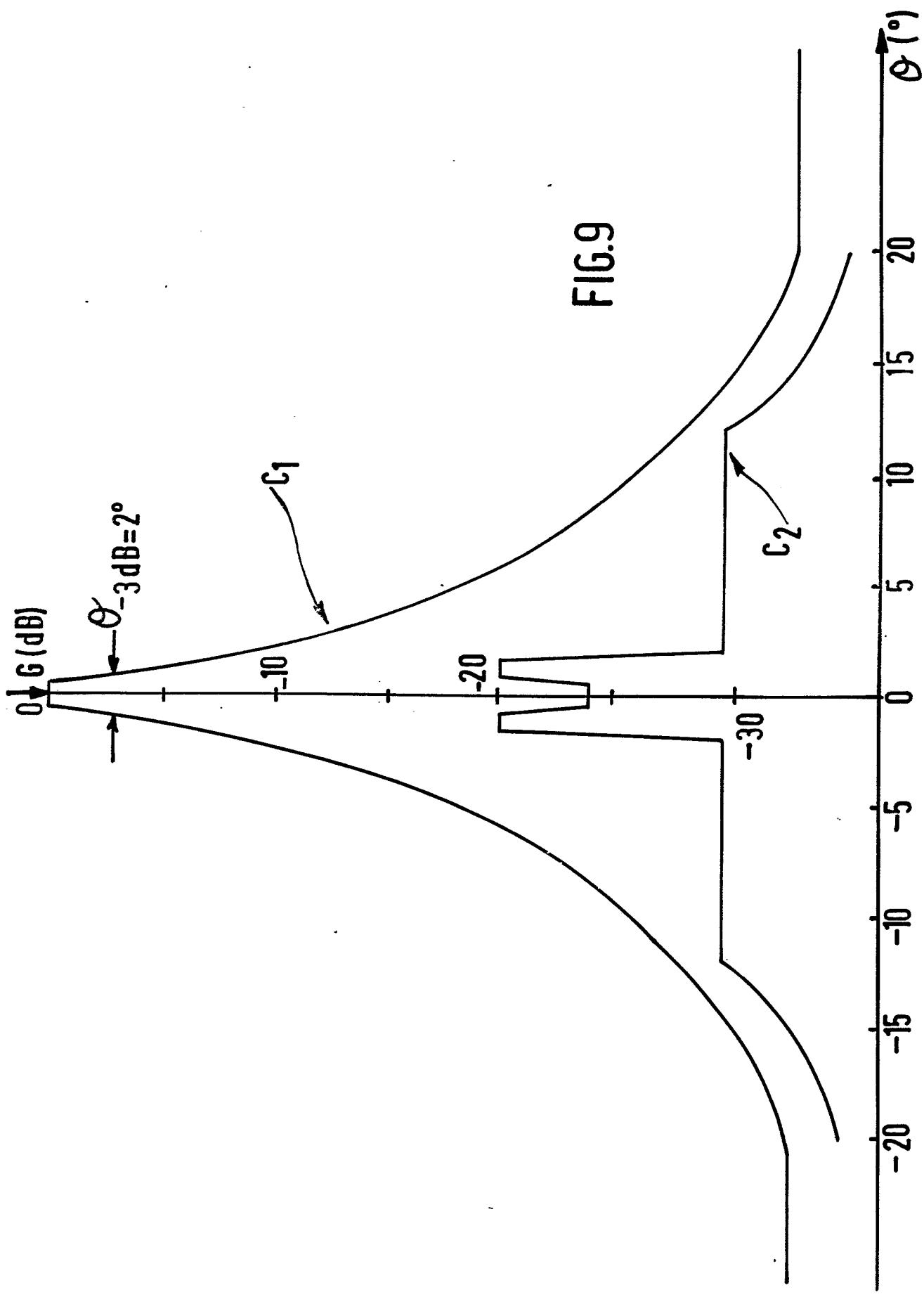


FIG. 7





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.4)
A	US-A-2 540 839 (G.C. SOUTHWORTH) * Figures 21,22; colonne 9, lignes 1-17 *	1,2	H 01 Q 21/06
A	US-A-2 461 005 (G.C. SOUTHWORTH) * Figures 39-42; colonne 17, ligne 21 - colonne 18, ligne 7 *	1,2	
A	FR-A-2 552 273 (L.E.P.) * Figures 2-4; page 11, lignes 12-30; page 12, lignes 9-35 *	1-6	
A	US-A-3 999 151 (W.M. BALDWIN et al.)		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
A	US-A-2 718 592 (P.H. SMITH)		H 01 Q H 01 P

Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE	Date d'achèvement de la recherche 01-09-1986	Examinateur CHAIX DE LAVARENE C.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons	
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		& : membre de la même famille, document correspondant	
P : document intercalaire			