

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 500 933**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 03990**

(54) Dispositif catadioptre modulateur.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). **G 01 S 17/74; G 02 B 19/00; G 02 F 1/17.**

(22) Date de dépôt..... 27 février 1981.  
(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 35 du 3-9-1982.

(71) Déposant : Société dite : THOMSON-CSF, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Jean-Pierre Huignard, Marcel Malard, Léon Robin et Guy de Corlieu.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Thomson-CSF, SCPI,  
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.

## DISPOSITIF CATADIOPTRE MODULATEUR

La présente invention concerne un dispositif catadioptre modulateur. Plus précisément, le dispositif selon l'invention permet de rétroréfléchir un rayonnement lumineux monochromatique en direction de sa source, tout en le modulant en amplitude pour transmettre un message donné. Ce dispositif 5 s'applique particulièrement au cas où le rayonnement utilisé est un rayonnement infra-rouge, mais peut être également utilisé pour les autres rayonnements lumineux, visibles ou ultra-violets.

Les dispositifs du type de l'invention peuvent être utilisés pour l'identification de cibles, dans les systèmes communément appelés I.F.F. (de 10 l'anglais : "Identification Friend or Foe", en français : "Identification ami ou ennemi"). Une station interrogatrice émet en direction de la cible à identifier un faisceau de rayonnement, codé de façon prédéterminée pour être reconnu par une cible amie ; cette dernière, sur reconnaissance du code, envoie en direction de la station, un rayonnement de réponse lui aussi 15 modulé suivant un signal convenu. L'identification ami ou ennemi résulte de la réception ou non de ce signal par la station.

Ces mêmes dispositifs peuvent également être utilisés pour la transmission au sol d'un signal vidéo émis par une caméra disposée sur un engin se déplaçant en altitude. La station réceptrice envoie alors un faisceau laser en 20 direction de l'engin, qui lui renvoie le faisceau modulé par le signal vidéo. On évite ainsi de disposer sur l'engin la source de rayonnement, et la directivité du faisceau laser assure la discréetion de la transmission.

Le brevet français enregistré sous le numéro 77.01.990 au nom de la Demandante décrit un dispositif optique destiné à la première application 25 décrite ci-dessus. Ce dispositif comporte un catadioptre constitué par une association de lentilles et miroirs, et un système modulateur constitué soit par un filtre interférentiel du type Perot-Fabry accordable électriquement, soit un dispositif à lame P.L.Z.T..

Un dispositif optique destiné à la deuxième application ci-dessus 30 mentionnée a été décrit par W.H. Culver dans un brevet délivré aux U.S.A. sous le numéro 3.943.357. Le dispositif comporte une cuve à fenêtre de

germanium, remplie de gaz ammoniac deutéré ( $\text{NH}_2\text{D}$ ) et munie de deux électrodes parallèles et perpendiculaires à la fenêtre d'entrée pour constituer un modulateur à effet Stark ; un catadioptre, constitué par trois miroirs plans assemblés selon un triède trirectangle, dispositif communément dénommé "coin de cube" et ayant son axe ternaire confondu avec l'axe de symétrie des deux électrodes, garnit le fond de la cuve.

Le dispositif objet de la présente invention répond tant à l'une qu'à l'autre des applications précédemment décrites. Il est conçu pour fonctionner avec un faisceau interrogateur d'un rayonnement lumineux monochromatique, préférentiellement un faisceau laser. Le rayonnement de réponse étant ainsi fourni par la station interrogatrice, la seule énergie qu'a à fournir le répondeur est celle nécessaire à la modulation du signal rétroréfléchi. On trouvera une description des dispositifs annexes de réception et identification du rayonnement interrogateur dans le brevet français n° 77.01.990 précédemment cité.

Le dispositif se compose essentiellement d'une cuve remplie d'un gaz approprié et munie d'électrodes pour constituer une ou plusieurs cellules à effet Stark, et d'un réflecteur catadioptre. Il se distingue des dispositifs de l'art connu en ce que au moins une des électrodes de la cellule à effet Stark, éventuellement associée à des miroirs diélectriques, est utilisée pour constituer un ou plusieurs guides d'ondes à parois réfléchissantes et à section rectangulaire afin d'assurer la jonction optique entre la face d'entrée de la cuve et le catadioptre.

Cette innovation permet au dispositif selon l'invention de pallier les inconvénients de l'art connu. Puisqu'il ne contient plus que des surfaces réfléchissantes, à l'exclusion de la fenêtre d'entrée et du gaz remplissant la cuve, le dispositif, par simple modification de ces deux derniers éléments, peut être adapté à n'importe quel rayonnement lumineux, allant de l'ultraviolet à l'infra-rouge. L'utilisation de guides d'ondes évite l'effet de masque produit par les électrodes sur les faisceaux qui pénètrent dans la cuve sous incidence oblique ; il assure au dispositif un champ de vue étendue, sans mimiser pour autant la profondeur de la cuve, et par conséquent le taux de modulation du rayonnement rétroréfléchi. En outre, cette structure permet de compenser la baisse du taux de réflexion des coins de cubes pour des

incidences obliques par un taux de modulation plus élevé résultant d'un plus long parcours du rayonnement dans le volume gazeux produisant l'effet Stark.

L'invention a pour objet un dispositif catadioptre modulateur pour 5 réfléchir parallèlement à sa direction d'incidence un rayonnement monochromatique en le modulant en amplitude, ce dispositif comportant une cuve munie d'une fenêtre transparente audit rayonnement et, disposés dans cette cuve, des moyens de modulation par effet Stark dudit rayonnement ainsi que des moyens catadioptres pour réfléchir parallèlement à la direction d'incidence, le rayonnement ayant traversé lesdits moyens de modulation ; ces 10 moyens de modulation comprenant un gaz remplissant la cuve et présentant vis à vis dudit rayonnement une absorption variable sous l'influence d'un champ électrique et au moins deux électrodes pour engendrer ce champ ; ce dispositif étant caractérisé en ce que lesdits moyens catadioptres étant 15 constitués par au moins un réflecteur coin de cube ayant sa face d'entrée disposée dans un plan parallèle à ladite fenêtre, il comporte en outre deux ensembles orthogonaux de miroirs plans, l'un et l'autre perpendiculaire audit plan d'assemblage des réflecteurs coins de cube et disposés dans ladite cuve pour former un assemblage de guides d'onde à section rectangulaire assurant 20 la jonction optique entre la fenêtre d'entrée et les moyens catadioptres ; les miroirs plans de l'un au moins de ces ensembles étant des surfaces métalliques qui constituent au moins une partie des électrodes appartenant auxdits moyens de modulation.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront dans la 25 description qui suit, présentée à titre d'exemple non limitatif à l'aide des figures annexées qui représentent :

- les figures 1 et 2 des vues en coupe d'un premier exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention ;
- la figure 3, un second exemple de réalisation d'un dispositif selon 30 l'invention.

Les figures 1 et 2 représentent deux vues en coupe d'une réalisation préférentielle du dispositif selon l'invention, suivant des plans respectivement parallèle et perpendiculaire à la fenêtre d'entrée de la cuve.

Conformément à ces figures, le dispositif comporte une cuve métal-

lique étanche 1, de forme parallélépipédique, dont une des faces est en quasi totalité occupée par une fenêtre d'entrée 2. Cette cuve est remplie, sous faible pression, d'un gaz apte à produire la modulation par effet Stark du rayonnement reçu par le dispositif. Elle est garnie d'électrodes métalliques planes et réfléchissantes, qui, pour des raisons de simplification, ont été représentées au nombre de cinq seulement : 31 à 35. Ces électrodes, parallèles entre elles, et régulièrement espacées, sont disposées perpendiculairement au plan de la fenêtre et sont maintenues par deux entretoises isolantes 40 et 41 ; les faces internes de ces entretoises sont munies chacune d'un revêtement diélectrique multicouches 401 et 411, réfléchissant pour le rayonnement que le dispositif doit moduler et rétroréfléchir. La face interne de la cuve parallélépipède 1 qui fait face à la fenêtre 2 est entièrement garnie d'un catadioptre 5 ; ce catadioptre est un panneau constitué, comme les montrent les figures 1 et 2, par un assemblage jointif de réflecteurs coins de cube ayant leur axe ternaire perpendiculaire au plan de la fenêtre. Le panneau est réalisé dans un matériau isolant, et est rendu réfléchissant par un revêtement diélectrique identique à celui disposé sur les entretoises.

Les électrodes 31, 33 et 35 sont réunies électriquement par un connecteur 301 à la masse de la cuve. Les électrodes 32 et 34 sont réunies entre elles par un connecteur 302 qui les relie, à travers un passage isolant 303 disposé sur une paroi latérale de la cuve, à un générateur 304 de haute tension continue. Le signal alternatif de modulation est appliqué entre les bornes 305.

On peut suivre, sur la figure 2, le trajet d'un rayon incident  $I_i$  émis par la source interrogatrice en direction du dispositif et dont le plan d'incidence est perpendiculaire aux électrodes. Après traversée de la fenêtre d'entrée 2, le rayon pénètre dans l'espace inter-électrodes, est réfléchi une première fois sur l'électrode 32, une seconde fois sur l'électrode 33, puis frappe une des faces de l'un des coins de cube constituant le panneau catadioptre 5. Suivant une propriété bien connue de ce type de réflecteur, le rayon incident, après avoir subi une triple réflexion, repart parallèlement à sa direction initiale. Il retraverse à nouveau l'espace inter-électrodes grâce à deux réflections successives sur les électrodes 33 et 32, puis la fenêtre 2 et repart (rayon  $I_r$ ) en direction de la source.

Comme le montre la figure 1, tout rayon incident, tel que le rayon I, dont le plan d'incidence n'est pas parallèle au plan des électrodes, subit avant et après rétro-réflexion par le panneau catadioptre, une série de réflexions successives sur les électrodes et les revêtements diélectriques réfléchissants 401 et 411 qui recouvrent les entretoises. Chaque ensemble de deux électrodes se faisant vis-à-vis, et des portions de surface réfléchissante des entretoises comprises entre ces deux électrodes constitue ainsi un guide d'onde à section rectangulaire, qui véhicule le rayonnement incident de la fenêtre de la cuve au panneau catadioptre, et le rayonnement réfléchi du panneau catadioptre vers la fenêtre.

Pour qu'un rayon émergeant du dispositif ait même direction que le rayon incident, et ceci quelque soit l'angle d'incidence, il faut que le trajet, dans le guide d'onde, du rayon réfléchi par le catadioptre soit très voisin de celui du rayon incident. Sinon, le rayon réfléchi subit une réflexion supplémentaire sur une des parois du guide, et émerge alors dans une direction symétrique à celle du rayon incident par rapport au plan du miroir qui a fourni la réflexion supplémentaire. Or, les rayons réfléchis par un réflecteur coin de cube subissent, par rapport au rayons incidents, une translation d'autant plus importante que le point où le rayon incident traverse la pupille d'entrée du réflecteur est plus près du pourtour de cette pupille ; pour les rayons marginaux, la translation est égale au diamètre de la pupille. Il est donc intéressant, pour diminuer la perte optique résultant du fait qu'une partie du rayonnement incident n'est pas renvoyée en direction de la source émettrice, d'utiliser pour constituer le panneau catadioptre 5, des coins de cube de dimension faible par rapport à la plus petite dimension de la section du guide d'onde.

En appliquant comme indiqué la tension fournie par le générateur 304 aux électrodes 32 et 34, on engendre à l'intérieur de chaque guide d'onde un champ électrique  $h$  ayant la direction indiquée par les figures 1 et 2. Ce champ, en modifiant les niveaux électroniques du gaz remplissant la cuve, rend celui-ci absorbant vis à vis du rayonnement monochromatique en provenance de la source. Le coefficient d'absorption du gaz étant fonction de la tension appliquée, la tension de modulation appliquée aux bornes 304 permet de faire varier l'absorption optique du milieu qui remplit les guides

d'ondes vis à vis du rayonnement véhiculé par ceux-ci, tant lors du trajet aller que de trajet retour. Le rayonnement rétro-réfléchi en direction de l'émetteur est ainsi modulé en intensité à la fréquence de la tension de modulation appliquée aux bornes 305.

5 La multiplicité des électrodes disposées dans la cuve permet d'atteindre des champs électriques de forte valeur, et donc un taux de modulation suffisant, sans pour autant utiliser des tensions trop élevées.

A titre d'exemple non limitatif, un tel dispositif peut être utilisé avec une source émettrice constituée par un laser à anhydride carbonique ( $\text{CO}_2$ ) 10 émettant un rayonnement de  $10,6 \mu\text{m}$  de longueur d'onde, donc situé dans le noyau infra-rouge. Le gaz absorbant remplissant la cuve peut être du gaz ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) ou du difluoréthane ( $\text{C}_2 \text{H}_4 \text{F}_2$ ) ; on utilisera préférentiellement de l'ammoniac monodeutéré ( $\text{NH}_2 \text{D}$ ) qui fournit, à champ électrique identique, une absorption plus importante, sous une pression d'environ 1.000 15 pascal, soit 8 mm de mercure. La fenêtre est alors constituée par une lame de germanium monocristallin, revêtue suivant l'art connu d'une couche anti-reflets à  $10,6 \mu\text{m}$ . La cuve est de forme cubique, l'arête ayant une dimension hors-tout d'environ 50 mm. Elle contient 20 électrodes, l'espacement inter-électrodes étant de l'ordre de 1,3 mm. Les coins de cube élémentaires 20 constituant le panneau catadioptrique ont 0,5 mm d'arête. Le générateur 304 fournit alors une tension continue de 410 V et le signal alternatif présente une tension crête de 140v. On obtient ainsi un taux de modulation de l'ordre de 20 %, à une fréquence maximum qui peut atteindre 10 MHz. L'angle d'acceptance du dispositif est essentiellement limité par le champ de vue 25 des coins de cube ; il est de l'ordre de  $20^\circ$  par rapport à la normale à la face d'entrée, quel que soit le plan d'incidence.

Si l'ensemble des surfaces optiques (fenêtre d'entrée, parois réfléchissantes des guides d'ondes et panneau de réflecteur coins de cube) est ajusté de façon à ne point perturber la phase de l'onde plane incidente, la 30 divergence du faisceau réfléchi n'est limitée que par la pupille du dispositif, à savoir les dimensions de la fenêtre d'entrée. Elle est alors légèrement inférieure à 1 seconde d'arc pour les dimensions indiquées ci-dessus et un faisceau incident de longueur d'onde égale à  $10,6 \mu\text{m}$ .

Si les exigences concernant la divergence du faisceau réfléchi sont

moindres, les normes à imposer à l'ensemble du système optique sont beaucoup moins sévères. Chaque coin de cube élémentaire se comporte alors comme une source incohérente, et sa pupille d'entrée impose la divergence du faisceau réfléchi, qui est alors toujours pour une longueur d'onde de 5  $10,6\mu\text{m}$ , voisine de 2,5 degrés d'arc pour des coins de cube de 0,5 mm d'arête.

Il est également possible dans le cadre de l'invention de remplacer le panneau de réflecteurs élémentaires par un réflecteur coin de cube unique ayant une pupille d'entrée égale à celle de la fenêtre. Cette solution, qui conduit, ainsi que cela a été précédemment indiqué, à renvoyer une partie 10 du rayonnement réfléchi en dehors de la direction d'incidence, permet néanmoins au dispositif de n'être limité que par la pupille des guides d'ondes, dans le cas où la précision de construction de ces derniers n'est pas suffisante pour sauvegarder la phase de l'onde plane incidente.

La figure 3 montre une cuve dans laquelle les électrodes ont une 15 structure différente de celle représentée sur les figures 1 et 2. La cuve 1 est vue de la face d'entrée, la fenêtre étant retirée. Pour simplifier le dessin, la cuve a été représentée avec quatre guides d'onde seulement, chaque guide d'onde ayant une section carrée et étant constitué par deux plaques métalliques 36 et 37 en équerre et fixées dans les parois métalliques de la 20 cuve. Quatre fils ou tubes métalliques 381, 382, 383 et 384 sont disposés dans l'axe des quatre guides, ils sont maintenus par deux colonnes isolantes 42 et 43 disposées à l'arrière et non visibles sur la figure. Les colonnes 42 et 43 sont traversées par un fil conducteur qui aboutit aux bornes haute tension 310 et 311 et permet ainsi d'appliquer la tension alternative de modulation 25 superposée à une tension continue aux quatre électrodes 381 à 384. Comme dans le dispositif des figures 1 et 2, un panneau catadioptrique constitué par un assemblage jointif de coins de cube, et non visible sur la figure, garnit la face interne arrière de la cuve.

Ce dispositif permet d'éviter le revêtement diélectrique qui garnissait 30 les faces internes des entretoises 40 et 41 du dispositif représenté sur les figures 1 et 2. Il présente par contre l'inconvénient que les différents points de chaque cellule ne sont pas soumis à des champs de valeur identique.

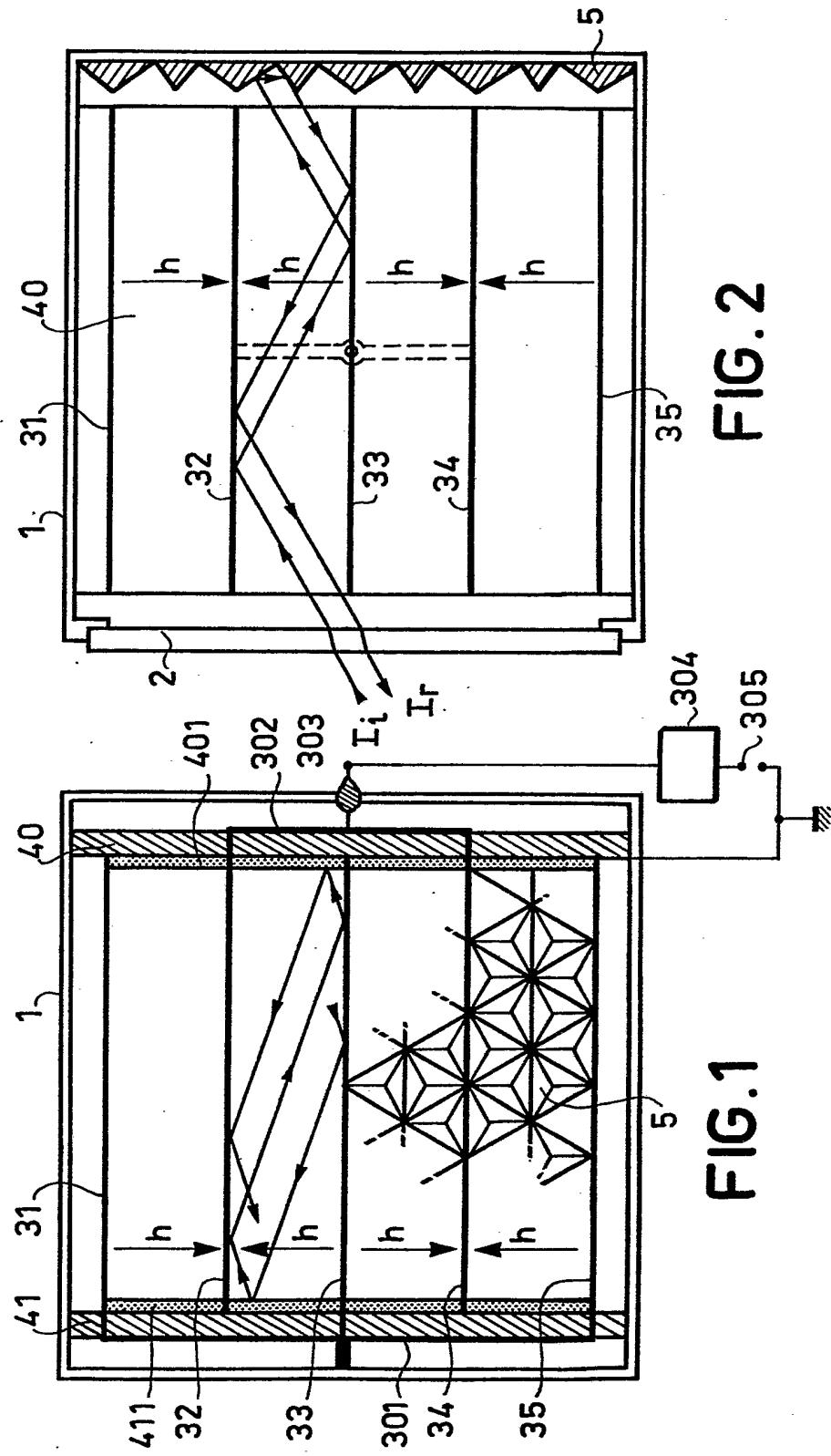
REVENDICATIONS

1. Dispositif catadioptre modulateur pour réfléchir parallèlement à sa direction d'incidence un rayonnement monochromatique en le modulant en amplitude, ce dispositif comportant une cuve (1) munie d'une fenêtre (2) transparente audit rayonnement et, disposés dans cette cuve, des moyens de modulation par effet Stark dudit rayonnement ainsi que des moyens catadioptres pour réfléchir parallèlement à la direction d'incidence, le rayonnement ayant traversé lesdits moyens de modulation ; ces moyens de modulation comprenant un gaz remplissant la cuve et présentant vis à vis dudit rayonnement une absorption variable sous l'influence d'un champ électrique et au moins deux électrodes pour engendrer ce champ ; ce dispositif étant caractérisé en ce que lesdits moyens catadioptres étant constitués par au moins un réflecteur coin de cube (5) ayant sa face d'entrée disposée dans un plan parallèle à ladite fenêtre, il comporte en outre deux ensembles orthogonaux de miroirs plans (31 à 35 et 401, 411 ou 36, 37), l'un 5 et l'autre perpendiculaires audit plan d'assemblage des réflecteurs coins de cube et disposés dans ladite cuve pour former un assemblage de guides d'onde à section rectangulaire assurant la jonction optique entre la fenêtre d'entrée et les moyens catadioptres ; les miroirs plans de l'un au moins de ces ensembles étant des surfaces métalliques (31 à 35 ou 36, 37) qui 10 constituent au moins une partie des électrodes appartenant auxdits moyens de modulation.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que un des deux ensembles de miroirs est constitué par au moins deux électrodes métalliques (31 à 35), les électrodes de rang impair (31, 33, 35) étant reliées à la 15 masse et celles de rang pair (32, 34) étant destinées à recevoir une haute tension continue à laquelle est superposée une tension alternative de modulation ; l'autre ensemble de miroirs étant constitué par deux revêtements diélectriques multicouches (401, 411) disposés sur deux entretoises isolantes (40, 41) supportant les extrémités opposées desdites électrodes.
3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deux 20 ensembles orthogonaux de miroirs étant constitués par un premier jeu

d'électrodes métalliques (36, 37) reliées à la masse, il comporte en outre un second jeu d'électrodes métalliques (382 à 384) ayant leur axe confondu avec l'axe desdits guides d'onde ; ce second jeu d'électrodes étant destiné à recevoir une haute tension continue à laquelle est superposée une tension alternative de modulation.

4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens catadioptriques sont constitués par une multiplicité de réflecteurs coin de cube (5) dont les faces d'entrée sont assemblées jointivement dans un même plan parallèle à ladite fenêtre.

1/2



2500933

2/2

**FIG. 3**

