

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 539 885

(21) N° d'enregistrement national :

83 01891

(51) Int Cl³ : G 02 B 17/00.

(12)

DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITÉ

A3

(22) Date de dépôt : 25 janvier 1983.

(30) Priorité

(71) Demandeur(s) : AGENCIA SPATIALE EUROPEENNE. —
FR.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 30 du 27 juillet 1984.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(72) Inventeur(s) : George Sänger.

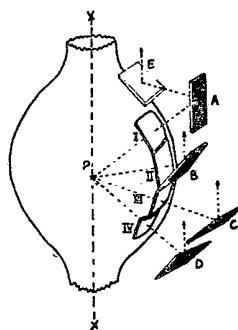
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : François Hagry.

(54) Optique collectrice pour sources lumineuses à haute puissance.

(57) Le dispositif collecteur optique est destiné à un simulateur solaire pour irradier des objets. Il comprend plusieurs segments élémentaires disposés autour d'une source lumineuse P de manière à superposer sur l'objet toutes les images de la source P. Chaque segment comprend plusieurs lentilles sphériques identiques I, I, II, IV, la source P étant en leur foyer et des premiers miroirs plans B, C, D réfléchissant la lumière reçue de certaines lentilles II, III, IV vers l'objet à irradier. La lumière recueillie par une lentille supérieure I est réfléchie par un second miroir plan A vers un troisième miroir plan E qui la renvoie vers l'objet.

L'invention permet la construction de collecteurs très compacts donc de faible diamètre, les lentilles I, II, III, IV et les miroirs B, C, D, E pouvant être placés tout près de la source P.



La présente invention est relative à un dispositif permettant de réduire la taille de l'optique collectrice pour une source lumineuse à haute puissance, telle qu'un simulateur solaire.

Dans un simulateur solaire, une structure spatiale, telle qu'un satellite, est exposée à de la lumière de haute intensité et de distribution uniforme, pour déterminer si des déformations mécaniques résultant d'effets thermiques sur la structure restent dans certaines tolérances. De telles déformations ont une importance particulière si la structure est équipée d'antennes pointées vers la terre et y ayant une zone active déterminée, le résultat de telles déformations étant qu'en orbite, les surfaces couvertes par l'antenne peuvent se trouver en dehors de la zone active prévue.

Il existe trois types fondamentaux de simulateurs solaires : le système divergent, le système centré ou "Cassegrain" et le système non axial. Bien que n'y étant pas limitée, la présente invention s'applique à titre d'exemple au système non-axial.

Dans un système non-axial, comme celui de la figure 1, la lumière en provenance de plusieurs lampes à arc au xénon, réunies dans un boîtier de lampe 1, est recueillie par une optique collectrice au foyer d'un miroir collimateur 2 où se trouve un intégrateur optique 3.

La lumière est alors envoyée sur le miroir collimateur 2 qui, à son tour, émet un faisceau de lumière parallèle homogène vers une surface cible 4. Comme la zone collectrice est focalisée sur la zone cible 4, la même distribution d'intensité lumineuse relative se trouvera dans ces deux zones.

Pour optimiser la simulation solaire, on a trouvé que la structure spatiale à éprouver devait "voir" le disque solaire sous un angle de $\pm 0,5^\circ$ équivalent à 32 minutes d'angle, ce qui serait l'angle approximatif de vue de la structure spatiale en orbite vers le disque solaire. Une telle condition traduite dans le système optique de simulateur solaire de la figure 1, signifie que ce système optique doit, de façon idéale, avoir un angle de collimation η d'approximativement $\pm 0,5^\circ$.

Cette condition pour l'obtention d'un faible angle de collimation n'est cependant généralement pas compatible avec les exigences d'un simulateur solaire de petites dimensions, comme on peut le voir à la figure 1, pour un diamètre donné de l'optique de projection. Si l'angle η doit être réduit, la distance entre le miroir de collimation 2 et l'op-

- 2 -

tique de projection 3 devrait être augmentée, avec, pour résultat, une augmentation de l'ensemble de la taille du simulateur solaire.

On peut cependant influencer la taille de l'optique de projection 3, pourvu que la lucarne d'entrée de cette optique, relativement à la 5 taille de l'ensemble de l'image du boîtier de lampe à son foyer, puisse être réduite.

Une telle réduction peut être obtenue en diminuant la taille du boîtier de lampe 1 et la distance de projection, sans en même temps diminuer la luminance de la source. Une réduction de la distance de projection est limitée par le fait que quand le boîtier de lampe approche 10 l'optique de projection 3, l'angle d'ouverture d'entrée α' augmente. Or cet angle ne peut être supérieur à l'angle d'ouverture de sortie α , sinon des pertes de lumière auraient lieu.

Le boîtier de lampe contient un ensemble de lampes à arc, en général 15 des lampes à xénon de haute puissance, et l'optique collectrice pour chaque lampe.

La taille des lampes à arc étant invariable, la présente invention propose un dispositif qui permette de réduire la taille de l'optique 20 collectrice des lampes à arc, donc de réduire l'angle de collimation dans un simulateur solaire non-axial.

L'état de la technique de l'optique collectrice pour une source lumineuse de caractéristiques données (lampe à arc au xénon) et le niveau requis pour l'intensité lumineuse sur le spécimen à éprouver, est illustré par les figures 2 et 3.

25 La figure 2 illustre la solution à réflecteur parabolique ou elliptique pour l'optique collectrice. L'arc de la lampe est placé au foyer du miroir 2. Pour analyser les performances de ce miroir, on suppose qu'il est constitué de minces anneaux circulaires 20, 20', chaque anneau étant subdivisé en petits miroirs plans individuels. Chaque miroir produit 30 une image de l'arc P de la lampe dans le plan d'une lentille de champ, et une intégration sur un anneau circulaire 20 va montrer une superposition d'images de l'arc sur 360°. L'intégration sur tous les anneaux circulaires 20, 20', etc... donne l'image de l'arc P de la lampe produite par l'ensemble d'un tel miroir parabolique ou elliptique 2. Alors, cependant 35 que les dimensions des images de l'arc sur un anneau circulaire 20 sont les mêmes, il n'en est pas de même pour différents anneaux 20, 20' puisque la distance l, respectivement l' entre l'arc P et le miroir élémentaire varie, et entre la plus grande et la plus petite images produites par les anneaux extrêmes, il peut y avoir une variation d'un facteur 2

- 3 -

à 3 selon la taille du miroir et son angle d'ouverture .

En plus du problème dû aux dimensions variables des images de l'arc, le collecteur parabolique ou elliptique 2 présente un autre inconvénient dans le cas où une haute luminosité est requise. Dans un tel cas, l'angle d'ouverture α du réflecteur 2 est réduit pour que le réflecteur capte le maximum de lumière émise. Ceci implique cependant que le rayon R soit augmenté, ce qui aboutit à des diamètres de collecteur 2 plutôt grands (un diamètre typique de collecteur est 56 cm et l'angle de collimation que l'on peut obtenir est $\pm 1,5^\circ$).

La figure 3 illustre un perfectionnement au collecteur de la figure 2 en ce sens que les images d'arc P produites par ce collecteur sont de tailles égales. Le dispositif est fondé sur la conception classique de la combinaison de la source lumineuse avec une lentille-condenseur et un objectif pour illuminer une surface. L'avantage connu de cette disposition est que seulement une faible partie de la lumière émise par la source est captée. Aussi, le dispositif de la figure 3 prévoit une optique collectrice ayant des lentilles et des miroirs plans pliables. Le système utilise sept lentilles asphériques L_1 ayant une ouverture d'approximativement 46° , l'arc P étant placé en leur foyer. L'image virtuelle de ces lentilles L_1 engendrée en utilisant les miroirs M_1 , est projetée sur une surface intermédiaire S par un ensemble d'objectifs L_2 . Il en est de même pour les systèmes optiques L'_1 , M'_1 et L'_2 . Les lentilles-condenseurs L_1 ont été disposées à 44° au-dessus du plan équatorial de la lampe à arc, et les lentilles L'_1 à 44° en dessous du plan équatorial. L'optique collectrice fournit une illumination uniforme de la surface intermédiaire S par superposition exacte des images virtuelles projetées des lentilles L_1 et L'_1 .

La solution décrite présente, par rapport au collecteur parabolique, l'avantage que les images de l'arc produites sont de tailles égales. Le diamètre de l'optique collectrice est cependant encore assez grand (habituellement 53 cm), du fait de la position et de la grandeur des images virtuelles des lentilles asphériques L_1 et L'_1 à cause de la grande ouverture de ces lentilles (habituellement 45°). En outre, l'angle de collimation n'est pas meilleur que $\pm 1,5^\circ$.

La présente invention propose une optique collectrice de sources lumineuses de haute puissance qui ne présente pas les inconvénients des solutions antérieures, en particulier en ce qui concerne la taille et l'angle de collimation.

- 4 -

Ce but est atteint en assemblant l'optique collectrice aussi près que possible de la lampe à arc dans une disposition optique multiple ou segmentée de sorte que les images de l'arc reçues par l'intégrateur soient toutes de la même taille.

- 5 L'invention est maintenant décrite en référence aux dessins parmi lesquels :
- la figure 1 illustre schématiquement le problème posé évoqué plus haut,
 - la figure 2 illustre une première solution de l'état de la technique commentée plus haut,
- 10 - la figure 3 illustre une seconde solution connue et évoquée plus haut, avec lentilles asphériques dont la disposition en vue de bout est montrée en vue séparée,
- la figure 4 représente un segment de collecteur conforme à l'invention, et
- 15 - la figure 5 l'aspect d'une moitié d'un collecteur selon l'invention, en vue de bout.

A la figure 4, on voit en perspective un segment de collecteur à quatre lentilles I, II, III, IV, conforme à l'invention. L'arc de la lampe, supposé source ponctuelle, est situé en P qui est également le foyer 20 des lentilles sphériques I, II, III, IV. Ces lentilles ont une forme rectangulaire ou trapézoïdale et ont toutes les mêmes dimensions. Elles sont disposées sur la surface d'une sphère de centre P. Les lentilles II et III sont montées l'une au-dessus de l'autre et juxtaposées de sorte que leur ligne d'intersection se trouve dans le plan perpendiculaire à l'axe 25 X-X de la lampe et passant par P. La lentille I est montée au-dessus de la lentille II de sorte qu'elles aient une ligne de contact commune. La lentille IV a une ligne de contact commune avec la lentille III placée au-dessus d'elle, mais elle est décalée par rapport à son centre d'à peu près la moitié de sa largeur.

30 Le miroir A est monté dans un plan parallèle à l'axe de la lampe à arc de sorte qu'il réfléchisse le faisceau parallèle transmis par la lentille I vers le miroir E qui, à son tour, réfléchit la lumière reçue dans une direction parallèle à l'axe de la lampe, vers l'optique de l'intégrateur.

35 Le miroir B a une base commune avec la ligne d'intersection des lentilles II et III et est monté de manière à réfléchir le faisceau parallèle transmis par la lentille II dans une direction parallèle à l'axe de la lampe vers l'optique de l'intégrateur.

Le miroir C est monté de manière à réfléchir le faisceau parallèle transmis par la lentille III dans une direction parallèle à l'axe de la lampe vers l'optique de l'intégrateur, le faisceau réfléchi n'étant pas obstrué par les miroirs A et B.

5 Le miroir D est monté de telle manière qu'il réfléchisse le faisceau parallèle transmis par la lentille IV dans une direction parallèle à l'axe de la lampe vers l'optique de l'intégrateur, le faisceau réfléchi n'étant pas obstrué par les miroirs A, B et C.

Il y a lieu de noter que la disposition des lentilles I, II, III, 10 IV et miroirs A, B, C, D, E, conformément à l'invention, permet la coïncidence des faisceaux réfléchis par les miroirs de sorte qu'il n'y ait aucune occultation.

La configuration de lentilles et miroirs de la figure 4 constitue 15 l'un des segments individuels disposés autour de l'ampoule de la lampe. Un système collecteur complet de ce type comporte douze de ces segments, chaque segment comprenant quatre lentilles et cinq miroirs.

La figure 5 illustre la moitié d'un tel collecteur vu de dessus. Les miroirs A, B, C, D, E, d'un même segment y sont identifiés.

Comme toutes les lentilles sont placées sur la surface d'une sphère de centre P, cette surface étant aussi près de l'ampoule de la lampe que les passages de refroidissement le permettent, et les lentilles étant choisies de manière à présenter les mêmes dimensions, les images d'arc transmises par ces lentilles sont toutes de la même taille. La distance entre les lentilles sphériques et le point P est rendue aussi 25 faible que possible par le choix de lentilles de faible ouverture (approximativement 30°).

Le dispositif selon l'invention ne permet pas seulement l'obtention d'un système collecteur de dimensions réduites, il permet aussi à une plus grande quantité de lumière d'être captée par le collecteur que 30 dans les dispositifs de l'art antérieur, surtout du fait de l'ensemble de lentilles I associées aux miroirs A et E.

La différence entre le dispositif selon l'invention et celui de la figure 3 tient cependant essentiellement à l'utilisation de lentilles sphériques à petit angle d'ouverture qui fournissent des images de l'arc 35 réelles et agrandies par l'intermédiaire des miroirs réfléchissants, alors que les lentilles asphériques de la figure 3, ayant de grands angles d'ouverture, produisent des images virtuelles d'elles-mêmes aux objectifs L_2 et L'_2 .

Le diamètre de l'optique collectrice utilisant le dispositif selon

l'invention, est d'environ 30 cm, par opposition à la meilleure solution de l'art antérieur représentée à la figure 3 et dans laquelle les images virtuelles de L_1 et L'_1 déterminent le diamètre hors-tout qui est d'environ 53 cm.

5 En calculant le rendement du système collecteur, il faut tenir compte des pertes subies par les lentilles et les miroirs. Les pertes des lentilles comprennent le débordement dans les coins masqués par la structure et ces pertes peuvent être maintenues relativement basses (entre 3 et 4%). Le débordement autour des miroirs est cependant un problème plus
10 important. Comme la source lumineuse n'est pas un point mais présente certaines dimensions (une sphère d'approximativement 8 mm de diamètre), les rayons quittant les lentilles ne sont pas rigoureusement parallèles, si bien que la perte au niveau des miroirs va augmenter avec la distance aux lentilles concernées. Comme la plus grande intensité lumineuse est
15 émise autour de la zone équatoriale de la lampe à arc, ces miroirs seront donc placés tout près des lentilles associées.

On a calculé que le rendement de l'ensemble du collecteur selon l'invention était d'approximativement 26,4 % en tenant compte du fait qu'on utilisait une lampe à arc à xénon. Cette valeur est similaire à
20 celle obtenue avec des collecteurs selon l'art antérieur, bien que l'invention permette de capter la plus grande partie de la lumière émise. Ceci peut s'expliquer par le fait que les pertes sont dues aux miroirs ou aux lentilles additionnelles et au débordement. Les avantages du collecteur selon la présente invention ne résident pas tant dans le rendement que dans le diamètre qui est considérablement plus petit que dans
25 l'art antérieur et permet de construire un petit boîtier de lampe en y assemblant plusieurs segments collecteurs. Ceci a pour résultat que la distance de projection est plus petite et conduit à une plus petite image de l'arc sur l'intégrateur ou la lucarne d'entrée, donc à un angle
30 de collimation plus faible et estimé à environ $\pm 0,8^\circ$.

Selon les mêmes principes, a été fait un projet de collecteur présentant trois ensembles de combinaisons lentilles-miroirs. Le diamètre de collecteur qui peut être obtenu avec cette configuration est d'approximativement 32 cm.

REVENDICATIONS

1 - Dispositif optique collecteur pour l'irradiation d'une surface, destiné notamment à un simulateur solaire à faible angle de collimation, caractérisé par le fait qu'il comprend une source lumineuse commune (2), plusieurs segments de collecteur élémentaires, chacun d'eux comprenant 5 plusieurs lentilles sphériques (I, II, III, IV) de même taille et même forme et ayant la source lumineuse (P) en leur foyer, plusieurs premiers miroirs plans (B, C, D) disposés dans le trajet du faisceau lumineux émis par la source, du côté opposé à la source (P) par rapport aux lentilles sphériques (II, III, IV) et inclinés sur la direction de propagation de la lumière à partir de ces lentilles sphériques (II, III, IV) de manière à réfléchir la lumière reçue dans la direction de la surface à irradier, un second miroir plan (A) disposé sur le trajet du faisceau lumineux émis par la source du côté opposé par rapport à la lentille sphérique (I) et incliné sur la direction de la lumière à partir de cette lentille (I) de manière à réfléchir la lumière reçue dans la direction d'un troisième miroir plan (E) situé du même côté du second miroir plan (A) et incliné sur la direction de propagation de la lumière à partir de ce second miroir plan (A) de manière à réfléchir la lumière reçue dans la direction de la surface à irradier, ces segments élémentaires 15 de collecteur étant disposés les uns par rapport aux autres de manière à superposer toutes les images de la source lumineuse sur la surface à irradier et groupés autour de la source lumineuse de manière à recevoir 20 le maximum de la lumière émise.

1 / 5

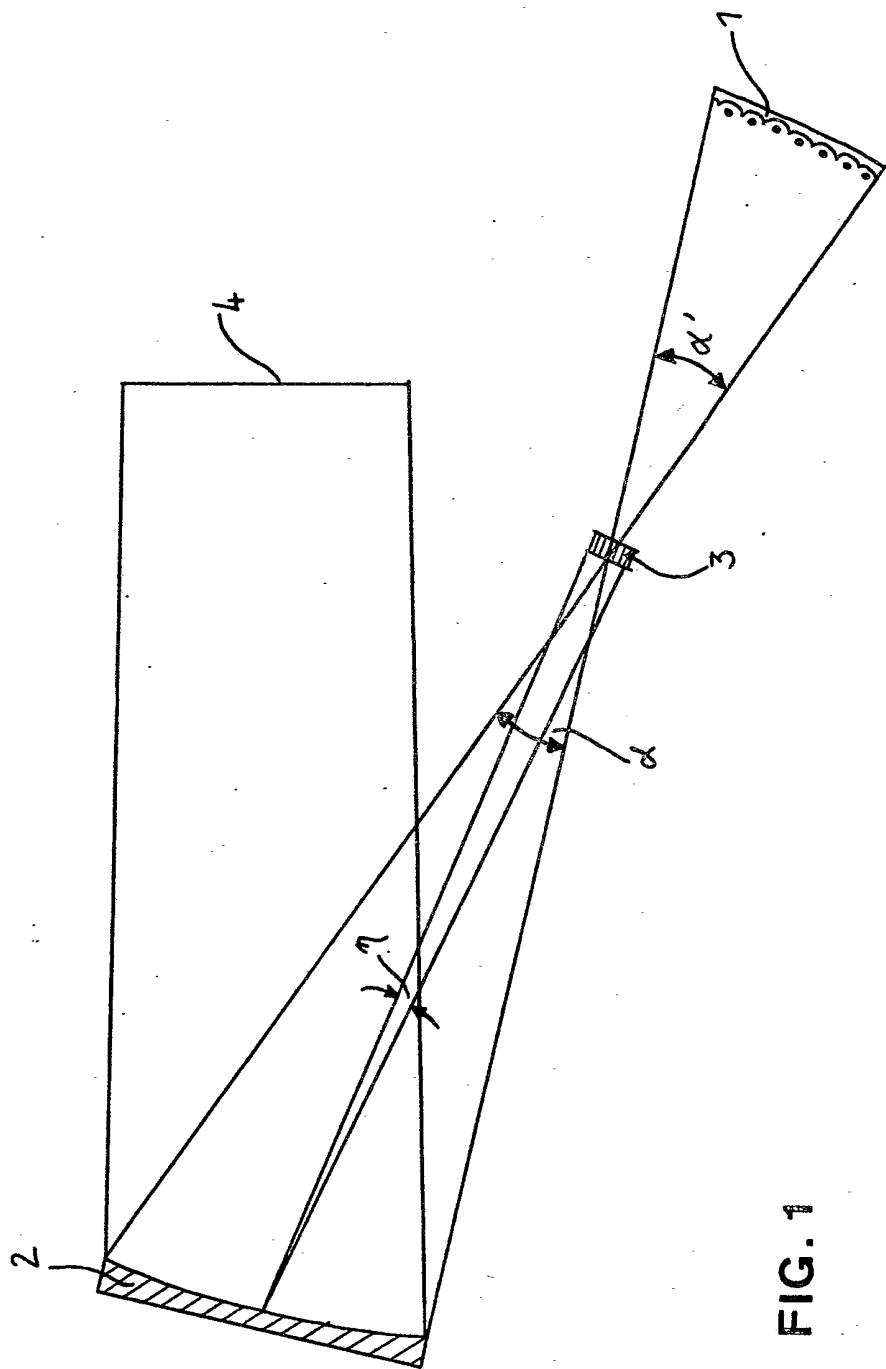


FIG. 1

2 / 5

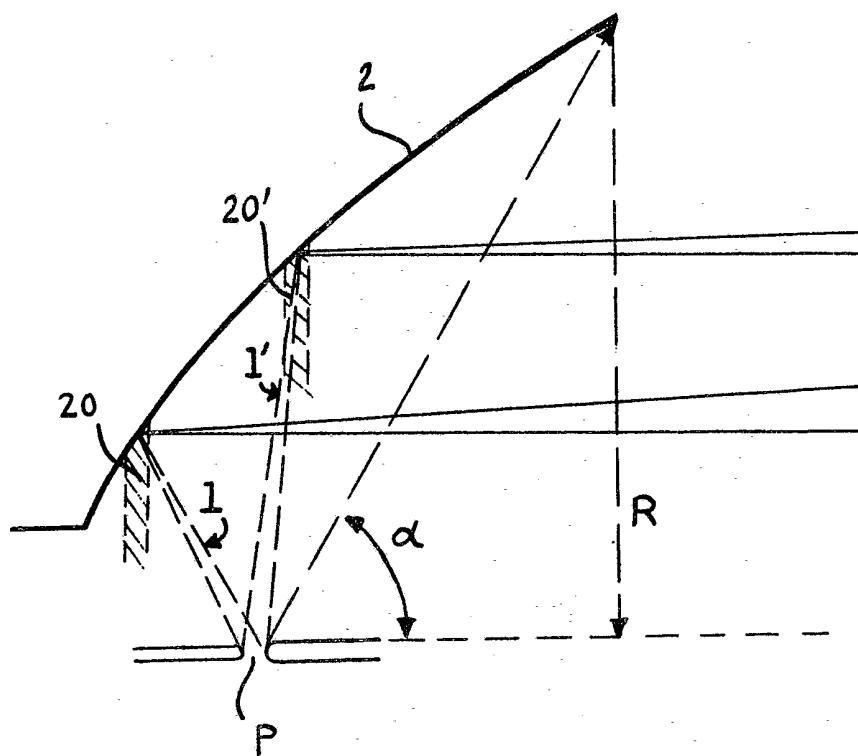


FIG. 2

3 / 5

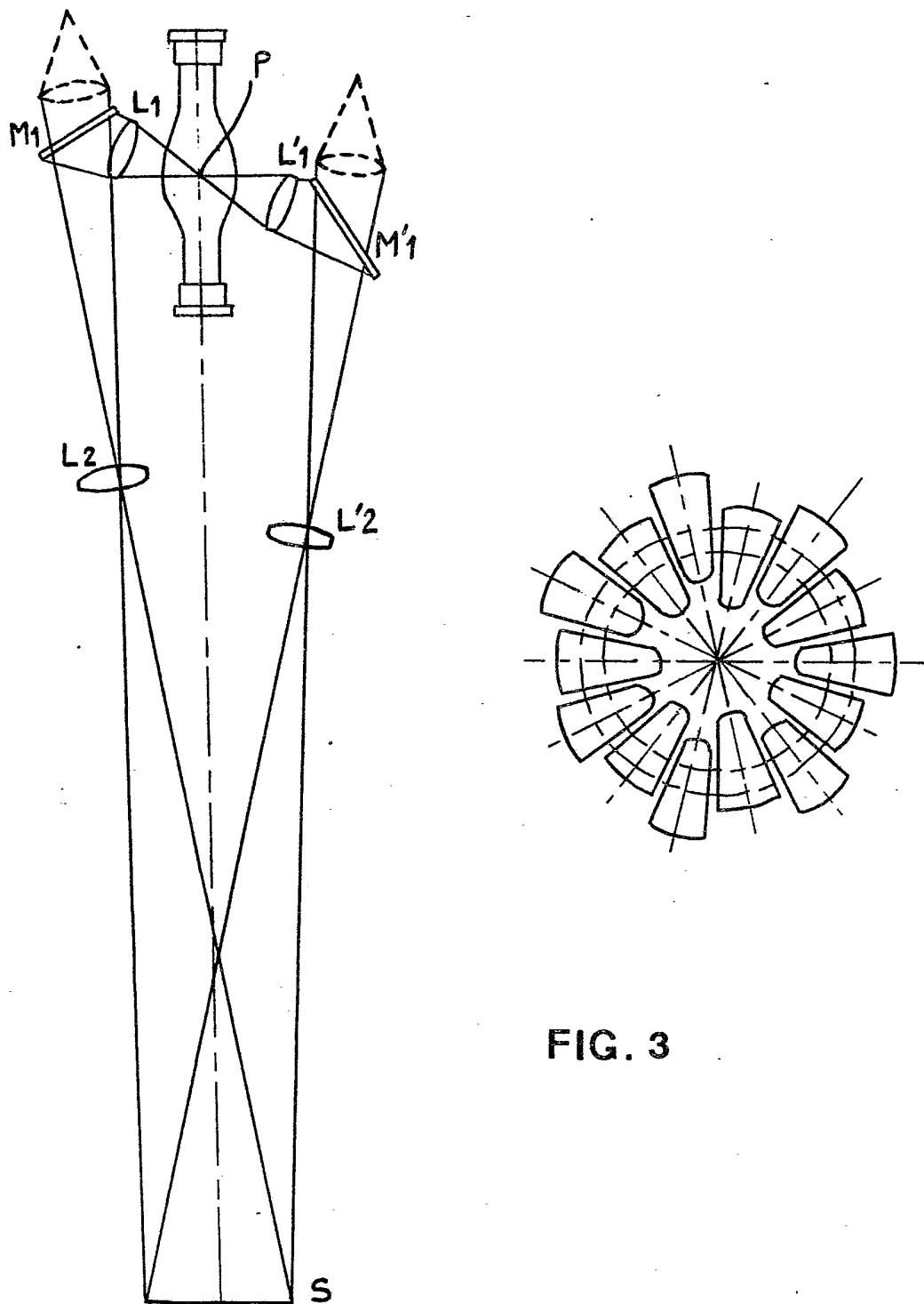


FIG. 3

4 / 5

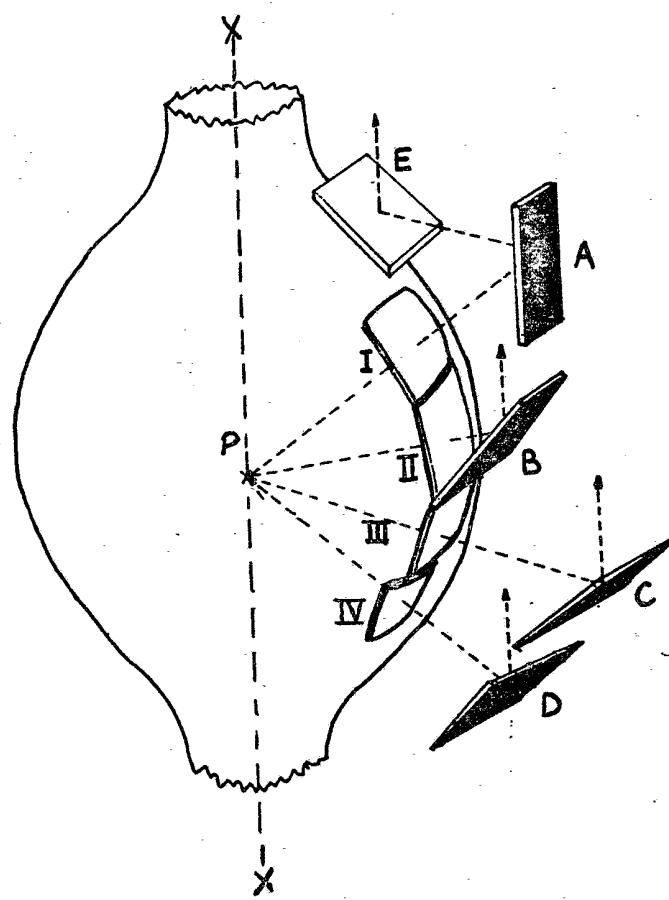


FIG. 4

2539885

5 / 5

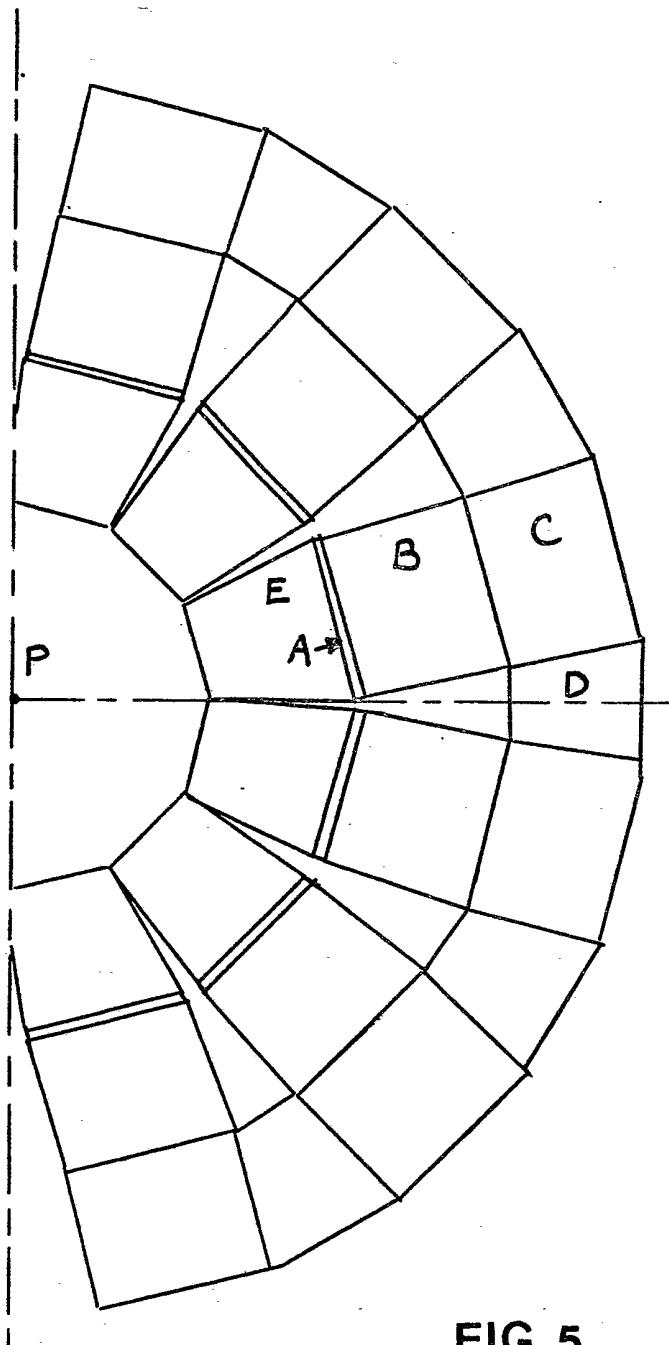


FIG. 5