

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 732 479

②1 N° d'enregistrement national :

87 02652

⑤1 Int Cl⁶ : G 02 B 27/01, 5/32

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 27.02.87.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 04.10.96 Bulletin 96/40.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : THOMSON CSF SOCIETE ANONYME — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BOURGUIGNAT JEROME et MIGOZZI JEAN BLAISE.

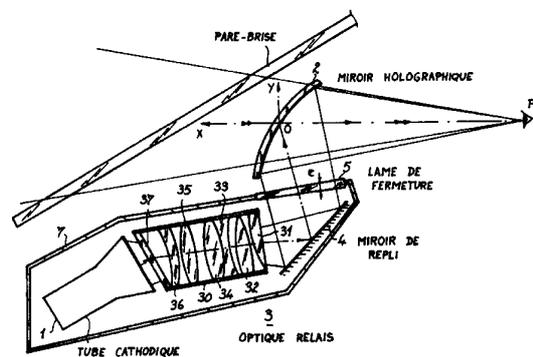
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire :

⑤4 DISPOSITIF DE VISUALISATION TETE HAUTE, DE TYPE HOLOGRAPHIQUE A OPTIQUE RELAIS SIMPLIFIEE.

⑤7 Dispositif permettant de compenser les aberrations de l'optique holographique en utilisant une formule relais simplifiée.

L'optique relais se compose de six lentilles (31 à 36) et d'un hublot (37); elle est terminée à chaque extrémité par une face plane et est disposée dans un boîtier (30). L'optique relais (3) et l'élément optique holographique (2) combineur sont déterminés en tenant compte de l'épaisseur et de la courbure d'un pare-brise moyen. La compensation exacte pour le pare-brise s'effectue au niveau d'une lame de fermeture (5) dont on fait varier l'épaisseur (e). L'élément optique de repli (4) est constitué par un simple miroir plan réflecteur et n'a aucun effet correcteur ce qui autorise la translation le long de l'axe optique de l'optique relais (3) et du tube cathodique (1).



FR 2 732 479 - A1



DISPOSITIF DE VISUALISATION TETE HAUTE,
DE TYPE HOLOGRAPHIQUE
A OPTIQUE RELAIS SIMPLIFIEE

La présente invention concerne un dispositif de visualisation tête haute, de type holographique et équipé d'une optique relais simplifiée.

5 L'invention se rapporte plus précisément à des viseurs tête haute dont l'architecture connue comporte un générateur d'une image lumineuse à visualiser, un élément optique holographique, un objectif relais qui produit une image intermédiaire de l'image lumineuse dans le plan focal de l'élément optique holographique lequel joue le rôle d'optique de
10 combinaison pour que l'observateur voit à la fois l'image lumineuse collimatée réfléchiée par cet élément et le monde extérieur à travers cet élément. En outre, une optique de repli pourvue d'une face réfléchissante est disposée entre l'optique relais et l'élément optique holographique. Ce dernier est
15 réalisé avantageusement sur un support sphérique comportant un hologramme, et qui est utilisé hors-axe.

Une structure viseur de ce type est décrite notamment dans la publication proceedings of the IEEE 1982 National Aerospace and Electronics Conference NAECON 1982, volume 2
20 page 752 à 759, article de JEROLD H.GARD intitulé HOLOGRAPHIC HUDS DE-MYSTIFIED ; dans cette publication on pourra se reporter notamment à la figure 15 et au texte afférent.

Ce genre de dispositif présente de nombreuses aberrations dues à l'utilisation d'une optique holographique hors-axe. Pour corriger ces défauts on utilise une optique
25 relais qui produit une image intermédiaire mais cette optique relais est généralement complexe, délicate à définir et son pouvoir correcteur reste limité.

La tendance générale et le but de l'invention est de simplifier dans la mesure du possible cette optique relais et d'en accroître les performances.

5 Une solution connue décrite dans le brevet US 4 218 111 ou dans le brevet européen correspondant EP-B1-0 007 039 montre une optique relais réduite à neuf éléments composés d'un élément plan qui est l'écran du tube à rayons cathodiques lui-même, de sept lentilles dont certaines sont inclinées ou décentrées et d'un filtre optique ; en outre, un dixième élément
10 jouant un rôle correcteur est constitué par un prisme de repli formant miroir de MANGIN.

L'invention a pour but également de remédier à la complexité de l'optique relais en proposant une formule simplifiée réduite à six lentilles optiques. D'autres
15 particularités et avantages résultent notamment de ce que l'élément optique holographique et l'optique relais sont calculés en tenant compte de la courbure moyenne du pare-brise, ce qui permet de fabriquer une optique relais standard qui présente des aspects d'interchangeabilité sur des avions d'un
20 même type ; l'adaptation précise de cet ensemble s'effectue sur un élément optique intermédiaire, sans puissance optique, constitué par une glace de fermeture disposée sur le trajet entre l'élément optique de repli et l'élément holographique de combinaison.

25 Les particularités de l'invention apparaîtront dans la description qui suit donnée à titre d'exemple à l'aide des figures annexées qui représentent :

- Fig.1, un schéma général d'un dispositif de visualisation tête haute conforme à l'invention ;
- 30 - Fig.2, un schéma plus détaillé du dispositif de visualisation tête haute et, en particulier, de l'optique relais ;
- Fig.3, un schéma simplifié montrant la déviation introduite par la courbure du pare-brise de l'avion ou du véhicule dans lequel le dispositif de visualisation tête haute est monté.

En se reportant à la figure 1, le dispositif de visualisation tête haute placé à l'arrière d'un pare-brise du véhicule porteur, généralement un aéronef, comporte un générateur 1 d'une image lumineuse à visualiser, par exemple un tube à rayons cathodiques comme représenté, ou une matrice à cristaux liquides, ou tout autre dispositif équivalent qui produit une image lumineuse dans un plan ou sensiblement plane. Cette image est collimatée par un élément optique holographique 2 à travers lequel un observateur en P voit également le paysage extérieur par transparence. Un objectif ou optique relais 3 produit une image intermédiaire de l'image lumineuse dans le plan focal de l'élément optique holographique 2. Un quatrième élément constitué par un miroir de repli 4 est disposé entre la sortie de l'optique relais 3 et l'optique holographique 2. Le miroir de repli permet de renvoyer le trajet optique suivant une autre direction de manière à pouvoir positionner plus commodément les éléments 1 et 3 à l'intérieur du véhicule porteur. L'ensemble des éléments 1,3,4 sont disposés à l'intérieur d'un boîtier ou d'un tableau de bord 7. Pour assurer une protection contre l'environnement et notamment les poussières une lame de fermeture 5 est utilisée, disposée sur le trajet optique entre le miroir de repli 4 et le miroir holographique 2.

L'optique relais 3 est constituée de six lentilles 31 à 36 et d'un hublot terminal 37 du côté tube cathodique 1. La première lentille 31 du côté miroir de repli 4 comporte une face de sortie plane. L'ensemble des lentilles 33 et 34 constitue un doublet de correction d'achromatisme. Les caractéristiques optiques des éléments de l'optique relais 3 sont détaillés ultérieurement à l'aide de la figure 2.

L'ensemble des éléments optiques constituant la formule optique relais est monté dans un boîtier 30 dans lequel on peut introduire un gaz neutre, par exemple de l'azote. Le boîtier 30 est terminé à l'entrée par une face plane du hublot 37, et à la sortie par une face plane de la lentille 31. L'ensemble 3 ainsi

équipé peut être démonté et déplacé aisément, d'un véhicule à un autre par exemple.

5 L'élément optique de repli utilisé est un miroir plan et non un miroir de MANGIN. Ceci rend un peu plus difficile le calcul de l'optique relais mais permet une bien plus grande souplesse d'exploitation, l'optique relais 3 pouvant être déplacée aisément d'un véhicule à un autre véhicule de même type sans que les qualités optiques soient dégradées.

10 Sur la figure 3 est représenté le trajet optique d'un rayon R1 provenant de la cible, celle-ci étant considérée éloignée et située selon la direction de l'axe X. Le rayon R2 représente cette direction vue à travers la visualisation tête haute. Les rayons de sortie du viseur tête haute ne doivent plus être parallèles entre eux puisque le pilote doit les percevoir
15 comme il perçoit les rayons de cible déviés par le pare-brise dont la courbure varie. La déviation angulaire des rayons R1 et R2 due au pare-brise au point considéré est indiquée par l'angle δp .

20 Le calcul de l'optique relais 3 et de l'élément holographique 2 intègre les caractéristiques de courbure d'un pare-brise moyen. On entend par pare-brise moyen un modèle de pare-brise prévu pour équiper un type donné de véhicule, c'est-à-dire qui ont une même configuration et sensiblement la même courbure. Toutefois il existe des différences mineures d'un
25 pare-brise à un autre.

Conformément à l'invention ces différences sont compensées par un élément optique intermédiaire, sans puissance optique disposé sur le trajet optique et qui est simplement constitué par la lame de fermeture 5. La compensation s'effectue
30 en jouant sur l'épaisseur e de la lame de fermeture.

35 La figure 2 représente plus en détail les éléments de l'optique relais 3 comportant une lentille plan-convexe 31, deux lentilles convexes 32 et 34, une lentille divergente 33, une lentille cylindro-convexe 35 et un ménisque 36. Le hublot 37 est une lame à faces parallèles.

Les tableaux ci-après indiquent respectivement la position des lentilles et du hublot et les rayons de courbure et épaisseur.

POSITION DES LENTILLES ET HUBLOT -

5

Elément	Sommet/X	Sommet/Y	Sommet/Z	Angle θ	Angle φ
31	67.2052	-112.3536	0	-18.65939	0
32	93	-185.4922	0	9.008556	0
33-34	160.5	-151.5743	0	-4.583662	0
35	201.5	-147.6652	0	-3.415327	0
36	221	-180	0	5.825859	0
37	318.7698	-175.6418	0	-39.82057	0

10

15

RAYONS DE COURBURE ET EPAISSEURS

20

25

30

Elément	Rayon	Epaisseur
31	99999 -179.16	24
32	161.53 4720	30
33	-55.08 84	5.5
34	-85.77	37.5
35	492.2894 -159.23	18
36	101.12 292.6	30
37	99999 99999	5

35

L'axe des X est celui correspondant à la direction normale de visée de l'observateur en P. Cet axe coupe le miroir holographique 2 au point O qui se trouve sensiblement au centre de la surface courbe de ce miroir. La direction X est
5 généralement parallèle à la direction de l'axe longitudinal avion, ou du véhicule porteur. L'axe Y est compris dans le plan de figure et perpendiculaire à l'axe X en O. L'angle φ de basculement des lentilles et du hublot autour de l'axe OY est nul pour tous ces éléments.

10 Les angles θ de basculement autour de l'axe OZ perpendiculaire au plan de figure sont exprimés en degrés.

Les distances et les rayons de courbure sont exprimés en millimètres.

On entend par sommet le point de la face de sortie de
15 l'élément considéré situé sur l'axe du trajet optique. La face de sortie est celle orientée côté miroir de repli 4. Ainsi pour l'élément 31 le sommet est indiqué par S1. De même on a repéré les sommets S3, S6 des éléments 33 et 36 à titre indicatif. Les différents sommets des sept éléments sont tous compris dans le
20 plan de figure c'est-à-dire que leur coordonnée est nulle selon l'axe OZ est nulle. La lentille 35 comporte pour face de sortie, sa face cylindrique. Les surfaces planes de la lentille 31 et du hublot 37 sont indiquées par la valeur 9999 qui est à traduire par un rayon de courbure de valeur infinie. La valeur 0 pour
25 l'angle θ correspond à un alignement avec l'axe des X, c'est-à-dire que l'axe optique de l'élément est parallèle à la direction OX.

Dans cette configuration de l'optique relais 3, il y a lieu de mentionner également les caractéristiques de l'élément
30 holographique 2 associé. L'hologramme est porté par une surface sphérique d'axe CO. Il est monté, de manière connue, en sandwich entre deux plaques de verre. Le rayon de la sphère $R=CO$, C étant le centre de courbure, est égal à 370,37 mm et l'inclinaison du rayon CO par rapport à l'axe X est donnée par
35 l'angle α égal à $30^{\circ} 40'$.

Les pare-brise des avions d'armes modernes ne sont pas plans et provoquent donc une déviation des rayons provenant de l'extérieur. Le dispositif de visualisation tête haute doit superposer une image collimatée avec la direction perçue par le pilote et qui est donc déviée par le pare-brise lorsque celui-ci est courbe. Cet effet est illustré par la figure 3 décrite précédemment.

La lame de fermeture 5 permet d'isoler l'intérieur du boîtier 7 où se trouvent les éléments 1,3 et 4 du viseur tête haute des agressions extérieures de toutes sortes, notamment des poussières et des rayures. Elle assure également le passage des rayons lumineux entre les miroirs 4 et 2. En outre, cette lame 5 est conçue de manière à rattraper les écarts de déviation entre le pare-brise moyen utilisé pour le calcul de l'ensemble holographique 2 et optique relais 3, et le pare-brise réel monté sur le véhicule porteur, étant entendu que ces pare-brise sont toutefois de forme sensiblement voisine, prévus pour un même type de véhicule. Pour cela, on donne à la lame 5 une épaisseur variable. A titre d'exemple, on a représenté cette épaisseur croissante ce qui donne à la lame 5 une allure prismatique mais l'épaisseur pourrait varier de manière plus complexe.

Le dispositif de visualisation tête haute conforme à l'invention présente ainsi une optique relais ayant un faible nombre de lentilles puisqu'il se chiffre à six. Le couple 33-34 de ces lentilles constitue un doublet d'achromatisation. De plus, avec les particularités indiquées, l'optique relais peut être constituée sous forme standard pour un certain nombre d'équipements voisins destinés à être montés sur un même genre de véhicule ou ayant un pare-brise de courbure comparable.

30

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de visualisation tête haute comprenant un générateur d'une image lumineuse à visualiser, un élément optique holographique, un objectif relais qui produit une image intermédiaire de l'image lumineuse dans le plan focal de
5 l'élément optique holographique, lequel joue le rôle d'optique de combinaison pour que l'observateur voit à la fois l'image lumineuse collimatée et réfléchi sur cet élément et le monde extérieur à travers cet élément, et un élément de repli avec une surface réfléchissante disposé entre l'optique relais et
10 l'élément optique holographique, caractérisé en ce que l'optique relais (3) est constituée de six lentilles (31 à 36) élémentaires numérotées dans leur ordre d'interposition sur le trajet optique en partant de l'élément de repli (4) et en aboutissant au générateur d'images lumineuses (1) et ayant les
15 caractéristiques techniques indiquées dans les tableaux qui suivent et où les rayons de courbure et épaisseur et les coordonnées du sommet sont exprimés en millimètres et les angles en degrés, le sommet étant l'intersection de l'axe du trajet optique avec la face de l'élément orientée du côté optique de
20 repli, les angles indiqués étant ceux de basculement de l'élément optique autour de deux axes perpendiculaires (OY et OZ) formant un trièdre de référence avec une troisième direction (OX) correspondant à la direction normale de visée de l'observateur :

POSITION DES LENTILLES ET HUBLOT -

	Elément	Sommet/X	Sommet/Y	Sommet/Z	Angle θ	Angle φ
5	31	67.2052	-112.3536	0	-18.65939	0
	32	93	-185.4922	0	9.008556	0
	33-34	160.5	-151.5743	0	-4.583662	0
	35	201.5	-147.6652	0	-3.415327	0
	36	221	-180	0	5.825859	0
10	37	318.7698	-175.6418	0	-39.82057	0

RAYONS DE COURBURE ET EPAISSEURS

	Elément	Rayon	Epaisseur
15	31	99999 -179.16	24
	32	161.53 4720	30
20	33	-55.08 84	5.5
	34	-85.77	37.5
	35	492.2894 -159.23	18
25	36	101.12 292.6	30
	37	99999 99999	5
30			

2. Dispositif de visualisation selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'optique relais se compose de six lentilles (31 à 36) et d'un hublot terminal 37, les lentilles comportant successivement une lentille plan-convexe (31) dont la face plane est orientée du côté élément de repli (4), une
5 lentille convexe (32), une lentille concave (33), un doublet d'achromatisme groupant une lentille convexe (34) et une lentille cylindro-convexe (35), et un ménisque (36), le hublot étant une lame à faces parallèles (37) positionnée parallèlement
10 dans un plan dudit générateur (1) où se forme ladite image lumineuse.

3. Dispositif de visualisation selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'ensemble des six lentilles (31 à 36) et du hublot (37) est monté dans un boîtier (30) doté d'une lame de fermeture (5) sur le trajet optique entre l'élément de repli (4) et l'élément optique holographique (2).

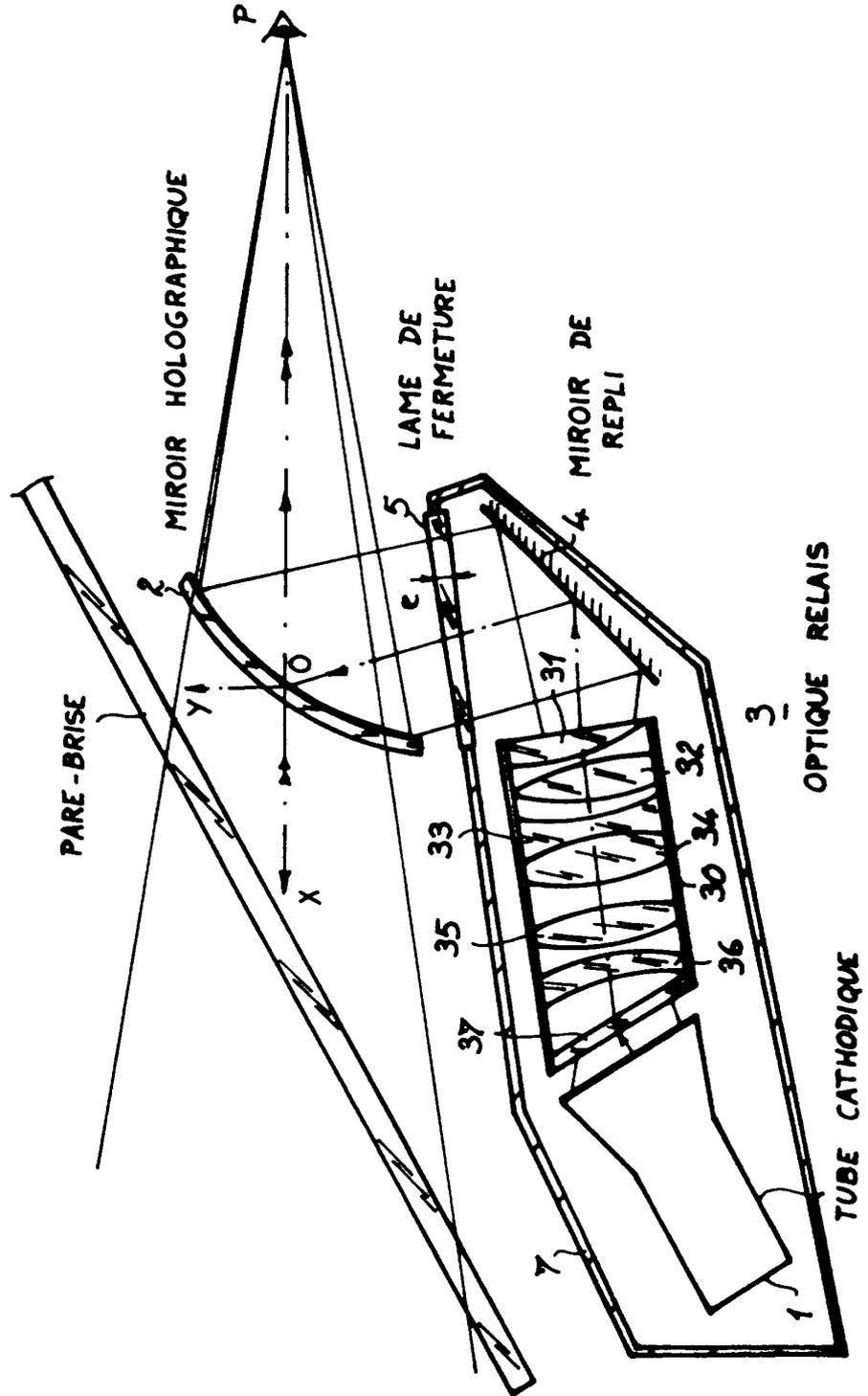
4. Dispositif de visualisation selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'élément optique holographique (2) et l'optique relais (3) sont déterminés en tenant compte de l'épaisseur d'un pare-brise moyen monté sur le véhicule porteur du dispositif et à travers lequel s'effectue la vision par
20 l'observateur du monde extérieur, ladite optique relais (3) étant réalisée de manière standard et constituant un élément interchangeable.

5. Dispositif de visualisation selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'élément optique de repli (4) est
30 constitué par un simple miroir plan réfléchissant.

6. Dispositif de visualisation selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que les écarts de courbure entre le
35 pare-brise moyen défini pour le calcul de l'optique

holographique (2) et de l'optique relais (3) et le pare-brise réel monté sur le véhicule sont compensés par la lame de fermeture (5) dont l'épaisseur (e) est variable et modifiée en conséquence.

FIG. 1



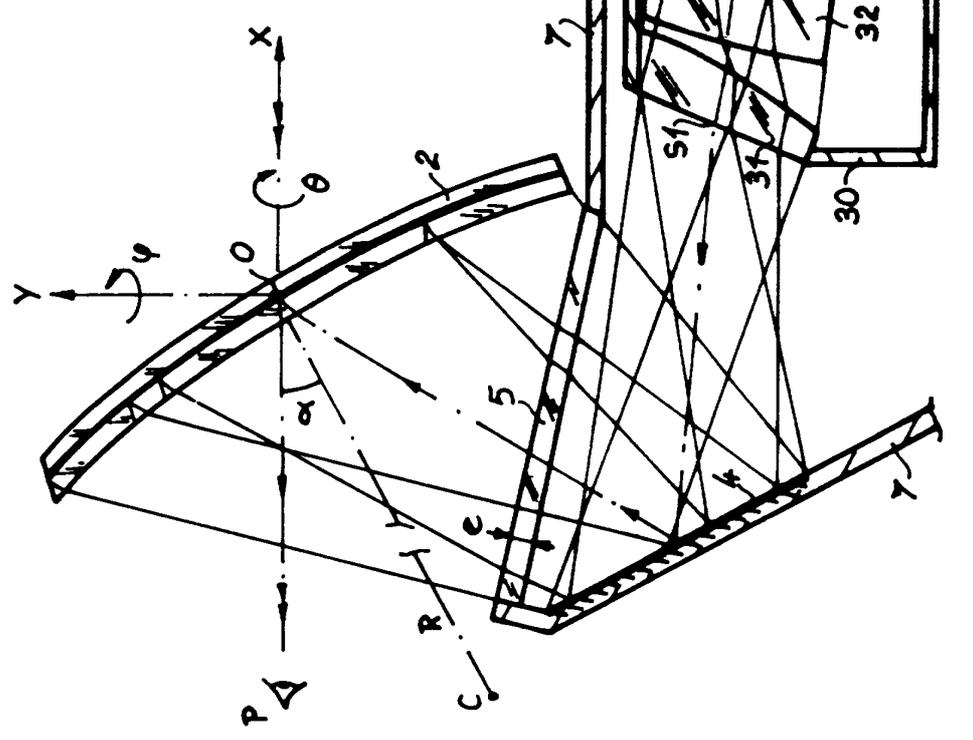
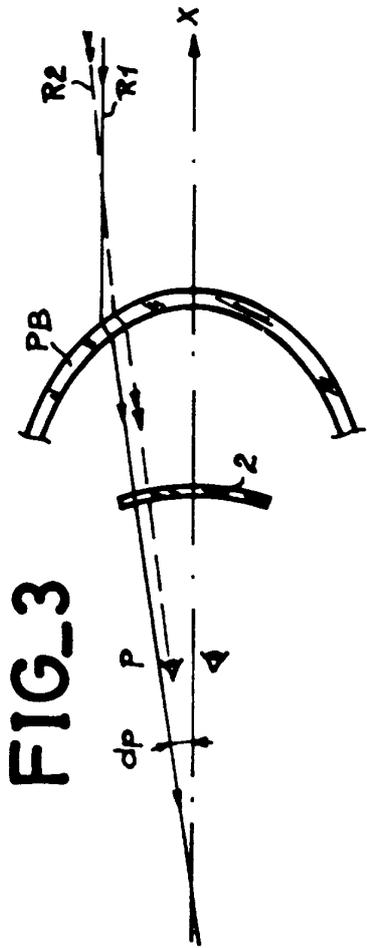


FIG. 3

FIG. 2