

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 05810

(54) Circuit optique à réponse sélective en fonction de l'angle d'incidence d'un faisceau.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 02 B 27/14; G 01 P 3/36; G 02 F 1/29.

(22) Date de dépôt..... 14 mars 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 38 du 18-9-1981.

(71) Déposant : UMDENSTOCK Eric, résidant en France.

(72) Invention de : Eric Umdenstock.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Martinet,
62, rue des Mathurins, 75008 Paris.

CIRCUIT OPTIQUE A REPONSE SELECTIVE EN FONCTION DE L'ANGLE
D'INCIDENCE D'UN FAISCEAU

La présente invention concerne un circuit optique recevant un faisceau lumineux d'entrée de direction variable et produisant un signal de sortie quand le faisceau présente l'une d'une pluralité de directions d'incidence privilégiées.

5 Ce circuit comprend essentiellement deux miroirs complètement ou partiellement réfléchissants parallèles l'un à l'autre et formant entre eux un domaine dans lequel le faisceau subit séquentiellement des réflexions multiples sur l'un puis sur l'autre miroir. Dans ce domaine ou à la sortie de celui-ci
10 est situé un photorécepteur. On montrera dans la suite que le faisceau sortant du domaine à réflexions multiples tombe ou ne tombe pas sur le photorécepteur selon que le faisceau d'entrée a ou n'a pas l'une d'une pluralité de directions d'incidence privilégiées.

15 L'invention fait usage de deux miroirs parallèles qui forment un domaine ayant une certaine ressemblance avec une lame de Lummer-Gehreke qui est une lame à faces parallèles, transparente et polie utilisée comme domaine de réflexions totales multiples et dans laquelle le nombre de réfractions
20 et de réflexions totales dépend de l'angle d'incidence du faisceau lumineux entrant dans le domaine.

Il a été proposé par R. Daly et S.D. Sims dans Applied Optics, Vol. 3, N° 9, Septembre 1964, pages 1063 à 1066 de réaliser un commutateur rapide à surtension pour laser faisant
25 usage d'un miroir tournant et d'une lame de Lummer-Gehreke. La réflectivité ou l'affaiblissement de l'intensité d'un faisceau entrant dépend de l'écart de l'angle d'incidence de ce faisceau avec l'angle de réflexion totale de la lame et du nombre de réflexions totales c'est-à-dire de la longueur de la
30 lame.

- 2 -

Dans l'invention, les deux miroirs parallèles complètement ou partiellement réfléchissants sont attaqués par un faisceau entrant d'incidence donnée qui tombe, après un nombre entier de réflexions sur un photorécepteur de position
5 fixe. Le faisceau sortant ne tombe sur le photorécepteur que si le faisceau entrant présente un certain nombre d'angles d'incidence privilégiés. Employé avec un faisceau lumineux de balayage le circuit optique de l'invention est donc essentiellement un goniomètre qui "marque" un certain nombre
10 de directions angulaires dudit faisceau de balayage ou un mesureur de vitesse qui mesure la vitesse de rotation d'un faisceau lumineux tournant. Employé avec des faisceaux fixes voisins, chacun d'eux entrant suivant l'une des directions angulaires privilégiées du circuit, il peut servir de mélangeur optique ou de circuit logique OU.

L'invention va maintenant être décrite en détail en relation avec les dessins annexés dans lesquels ;

- la Fig. 1 représente le circuit optique de l'invention sous forme schématique pour en expliquer le fonctionnement ;
- 20 - la Fig. 2 représente sous une forme plus complète le circuit optique de l'invention ;
- la Fig. 3 représente un premier dispositif de visée associé au circuit optique de l'invention pour faire en sorte que le point d'impact du faisceau entrant dans le domaine à réflexions
25 multiples soit indépendant de l'angle d'incidence ;
- la Fig. 4 représente un autre dispositif de visée ;
- la Fig. 5 représente un circuit optique logique de type OU ;
- la Fig. 6 représente un mélangeur optique ;
- la Fig. 7 représente un appareil de mesure de la vitesse de
30 rotation d'un faisceau ; et
- la Fig. 8 représente un commutateur optique à positions angulaires stabilisées.

En se référant à la Fig. 1, on a représenté le circuit optique de base de l'invention. Il comprend deux miroirs

- 3 -

parallèles 1 et 2, complètement ou partiellement réfléchissants, une source de faisceau 3 et un récepteur photoélectrique quasi ponctuel 4. Il est clair sur la Fig. 1 qu'il existe un certain nombre de directions privilégiées du faisceau d'entrée pour lesquelles le faisceau de sortie tombe sur le photorécepteur 4.

Soit I_i l'intensité du faisceau d'incident, I_o l'intensité du faisceau émergent, R_1 et R_2 les coefficients de réflexion des miroirs et $N_1(i)$ et $N_2(i)$ les nombres de réflexions respectives sur les miroirs 1 et 2, on a, étant l'angle d'incidence :

$$I_o = I_i R_1^{N_1(i)} \times R_2^{N_2(i)} \quad (1)$$

$$N(i) = N_1(i) = N_2(i) = \frac{L}{2H} \times \frac{1}{\operatorname{tg} i} \quad (2)$$

15

Si N est grand, si $N_1 = N_2 = k$ (k entier) et si l'on suppose de plus $R_1 = R_2$ on a :

$$\operatorname{tg} i_k = \frac{L}{2kH} \quad (3)$$

20 i_k désignant la k ième incidence privilégiée et

$$I_o = I_i R^{2k} \quad (4)$$

On voit sur la Fig. 1 que si le photorécepteur 4 est au point R, les prolongations des rayons entrants d'incidences privilégiées coupent la verticale de R aux points $R_1, R_2, \dots$ R_k tels que

$$RR_k = 2kH$$

L'intervalle entre deux angles d'incidence privilégiés successifs $\delta i_k = i_{k+1} - i_k$ est donné par

$$\operatorname{tg} i_k = \frac{L}{2kH} \quad (5)$$

30

$$\operatorname{tg} i_{k+1} = \frac{L}{2(k+1)H}$$

$$\delta i_k = \arctg \left[\frac{2 LH}{4k(k+1) H^2 + L^2} \right]$$

- 4 -

Ainsi qu'on le verra, il est difficile de traverser le système avec un faisceau exactement parallèle très étroit et d'incidence variable. En fait le faisceau incident est rendu conique divergent et la surface sensible du photorécepteur 5 s est reliée à l'angle du cône Oc de façon qu'elle soit égale à la section du faisceau après un nombre moyen k_m de réflexions. La longueur du trajet optique dans le domaine de réflexions multiples est, pour un nombre de réflexions k_m

$$2k_m = \frac{H}{\cos i_m}$$

donc

$$s = \left(Oc \times \frac{2k_m H}{\cos i_m} \right)^2 \times \pi/4 \quad (6)$$

En se référant à la Fig. 2, on a représenté le circuit optique de base de l'invention. Il peut être décomposé en trois parties :

- un dispositif de visée (Fig. 3 ou 4) destiné à adapter la plage angulaire du faisceau incident à l'ouverture du domaine à réflexions multiples. Ce dispositif est tel que, quelle que soit l'incidence du faisceau dans une gamme angulaire donnée, le point d'impact sur le miroir où se produit la première réflexion est sensiblement invariant ;
- un domaine de propagation dans lequel le faisceau se propage par réflexions multiples ;
- 25 - un photorécepteur associé à un dispositif électronique dépendant de l'usage de l'appareil.

L'appareil (Fig. 2) comprend un boîtier 10, deux miroirs, ici complètement réfléchissants 1 et 2 et un photorécepteur 4. Ces miroirs sont rigoureusement parallèles l'un à l'autre et le bouton 5 commande un dispositif à croisillons 6 qui permet de régler l'écartement H entre les miroirs. Le miroir 1 est légèrement décalé vers la gauche par rapport au miroir 2, ce petit décalage étant appelé dans la suite largeur de débord. La première réflexion des faisceaux d'inci-

- 5 -

dence variable sur l se produit dans une zone de ce débord, de centre Q.

Le boîtier 10 est prolongé sur la gauche par un tube 7 de longueur réglable, qui porte une lentille 8 et un iris 9. C'est à ce tube qu'est connecté le dispositif de visée de la Fig. 3. Un photodétecteur mobile 4 est placé à l'intérieur du boîtier et grâce à la vis 12, il peut être plus ou moins avancé dans le domaine intérieur au boîtier tout en restant parallèle à lui-même.

10 Le boîtier comporte une partie transparente 13 pour laisser passer le faisceau émergent.

Un premier dispositif de visée est représenté sur la Fig. 3. Ce dispositif de visée a un double rôle. D'une part il focalise le faisceau dans une zone de débord d'un diamètre d plus petit que la diamètre D du faisceau initial, d'autre part il augmente la plage angulaire $\Delta'i$ des rayons sortant du dispositif de visée par rapport à la plage angulaire Δi des rayons y entrant. On a

$$d = \rho D$$

20 $\Delta'i = \Delta i / \rho$

où ρ est un rapport inférieur à l'unité.

On suppose que le faisceau incident est un faisceau à rayons parallèles de diamètre D émanant d'une source 14 (par exemple un cristal acousto-optique) et que l'angle d'incidence peut varier dans une gamme Δi . On associe à la lentille 8 une lentille 15 de grande distance focale et on appelle :

f la distance focale de la lentille 8 ;

M le centre optique de la lentille 8 ;

F la distance focale de la lentille 15 ;

30 P le centre optique de la lentille 15 ;

Z_1 la distance de la source 14 à la lentille 15 ;

Z_0 la distance entre les deux lentilles 8 et 15.

A titre d'exemple

$$D = 18 \text{ mm}$$

- 6 -

$$Z_i = 100 \text{ mm}$$

$$Z_o = 930 \text{ mm}$$

$$f = 70 \text{ mm}$$

$$F = 1000 \text{ mm}$$

5 On voit que

$$F = Z_o + f$$

et que Z_i est petit devant F et Z_o .

On a représenté deux faisceaux de la
plage angulaire Δi . L'un traverse le doublet 15-8 et tombe
10 sur le débord incident au point Q.

Comme D est petit devant Z_i , on peut assimiler le fais-
ceau à un rayon d'une onde divergente de 14 sur 15. Comme
néanmoins chaque faisceau est un faisceau à rayons parallèles,
il y a réduction du diamètre de faisceau qui passe de D à

$$15 \quad D' = \left(1 - \frac{Z_o}{F}\right) D = \rho D \quad (7)$$

où

$$\rho = 1 - \frac{Z_o}{F} \simeq f/F = 7 \%$$

Comme Z_i est petit devant F , la lentille 15 n'a à peu
près aucun rôle grossissant de sorte que l'on peut écrire

20

$$\frac{1}{Z_i + Z_o} + \frac{1}{MQ} \simeq \frac{1}{f}$$

et comme f est beaucoup plus petit que Z_o

$$MQ = f$$

25

L'image de 14 est donc sensiblement dans le plan focal
de la lentille 8. Elle a un diamètre

$$d = \frac{f}{Z_i + Z_o} D \simeq \rho D$$

Dans un appareil de visée du type de la Fig. 3 construit
par le demandeur, on a pris, outre les valeurs déjà indiquées

30

pour D , F , f , Z_i , Z_o , les valeurs suivantes

$$L = 10 \text{ mm}$$

$$H = 1 \text{ mm}$$

$$i = 16 \text{ mrd}$$

$$i_o \text{ (angle de garde)} = 15^\circ$$

- 7 -

De ces valeurs on déduit

$$OC = \frac{D'}{f} = (1 - \frac{Z_0}{F}) \frac{D}{f} = (1 - \frac{930}{1000}) \frac{18}{70} = 18 \text{ mrd}$$

$$\Delta i = \frac{F}{f} \Delta i = \frac{1000}{70} \times 18 = 257 \text{ mrd} \approx 8^\circ$$

5

$$k_{\max} = \frac{L}{2H \operatorname{tg} 15^\circ} \approx 18$$

$$k_{\min} = \frac{L}{2H \operatorname{tg}(i_0 + \Delta i)} = \frac{L}{2H \operatorname{tg} 23^\circ} \approx 11$$

Nombre de directions privilégiées : $18 - 11 = 7$

10 Intervalle angulaire entre directions privilégiées :

$$257/7 \approx 37 \text{ mrd}$$

Dans la Fig. 4 on a représenté de nouveau les miroirs semi-réfléchissants 1 et 2 mais le dispositif de visée est maintenant un prisme 20. Ce prisme a une face perpendiculaire au plan des miroirs 1 et 2 et une seconde face utile faisant un angle θ avec la face précédente. L'angle θ est très voisin de $\Pi/2$.

Les équations du prisme sont les suivantes

$$\left. \begin{aligned} \sin \left(\frac{\Pi}{2} - i \right) &= \cos i = n \sin r \\ n \sin r' &= \sin \left(\frac{\Pi}{2} - \eta \right) = \cos \eta \\ r + r' &= \theta \approx \Pi/2 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

On tire des équations (8)

$$\cos^2 i + \cos^2 \eta = n^2$$

25 Prenons $n = \sqrt{2} - \Delta n$, les angles i et η étant petits on peut écrire, en négligeant $(\Delta n)^2$:

$$\left(1 - \frac{i^2}{2}\right)^2 + \left(1 - \frac{\eta^2}{2}\right)^2 = n^2$$

$$i^2 + \eta^2 = 2\sqrt{2} \Delta n$$

30

On voit que i et η jouent des rôles symétriques et qu'ils ont même amplitude maximale, à savoir $\sqrt{2} \sqrt{2} \Delta n$.

Si l'indice n est bien égal à $\sqrt{2}$, $\Delta n = 0$ et

$$i = \eta \quad (\text{déviation de } \Pi/2)$$

- 8 -

En se référant maintenant à la Fig. 5 qui représente un circuit optique logique à fonction OU inclusif, le bloc 50 représente l'appareil optique à directions d'incidence privilégiées décrit dans les Figs. 2 et 3. Une pluralité de faisceaux optiques 51, 52, 53,... provenant de sources non représentées tombent sur une lentille divergente 54 et les rayons divergents tombent sur la lentille 15 de la Fig. 3.

A la suite du photorécepteur 4, on trouve les circuits suivants : un amplificateur 55, un comparateur 56 comparant la tension de sortie de l'amplificateur 55 à une tension de référence et un circuit de sortie 57, par exemple un circuit d'alarme.

Chaque faisceau parallèle entrant donne naissance à un faisceau divergent dont les rayons occupent une incidence privilégiée ou plusieurs, voisines, selon sa divergence. Il s'ensuit un signal sur le photorécepteur 4 quand au moins un des faisceaux d'entrée est présent.

La Fig. 6 représente un mélangeur optique. Il comprend le bloc 60 représentant le circuit optique des Figs. 2 et 3 à l'exception du photorécepteur 4. Une pluralité de fibres optiques 61, 62, 63,... ont leurs extrémités ouvertes faisant face à une lentille divergente 64 qui est suivie de la lentille 15 déjà vue. On a remplacé le photorécepteur 4 par une lentille 65 suivie d'une lentille 66 à distance focale très courte qui focalise le faisceau sortant dans l'embouchure d'une fibre optique 67.

La Fig. 7 représente un appareil de mesure de la vitesse de rotation d'un faisceau.

Le numéro de référence 71 désigne un faisceau tournant qui tombe sur la lentille 15 et le numéro de référence 70 désigne le circuit optique des Figs. 2 et 3. Sur le trajet du faisceau entrant est interposée une lame semi-réfléchissante 72 servant de diviseur de faisceau.

L'un des faisceaux 73 tombe sur un photorécepteur 74

- 9 -

qui commande une bascule 75. Cette bascule commande une horloge 76. L'horloge 76 commence donc à produire des impulsions d'horloge dès que le faisceau entre dans le champ de la lentille 15 et s'arrête d'en produire dès que le faisceau sort de ce champ. Le faisceau 77 entre dans le circuit optique 70 de l'invention, ce dernier produit sur son photorécepteur 4 une impulsion chaque fois que le faisceau 71 passe par une direction privilégiée. L'amplificateur 76' adapte le photorécepteur 4 au compteur 78. L'une de ces impulsions met en marche le compteur 78 qui reçoit des impulsions d'horloge de l'horloge 76. L'impulsion suivante arrête le compteur 78. Ce dernier compte donc le temps que met le faisceau pour aller d'une direction privilégiée à la suivante. Ce temps est, moyennant un calibrage, proportionnel à la vitesse de rotation du faisceau.

L'afficheur numérique 79 affiche cette vitesse de rotation.

La Fig. 8 représente un commutateur optique à positions angulaires stabilisées qui permet de connecter une fibre optique d'entrée à une fibre optique de sortie choisie parmi plusieurs fibres.

81 désigne la fibre optique d'entrée et 82, 83, 84, ... une pluralité de fibres optiques de sortie. La fibre d'entrée 81 produit à son extrémité libre un faisceau dont le diamètre est augmenté par le circuit optique afocal 85. Le faisceau sortant de 85 est défléchi par un défecteur optoélectronique 86 qui le projette dans le circuit optique à directions d'incidence privilégiées 80 qui est du type des Figs 2 et 4.

Le photorécepteur 4 de la Fig. 2 est remplacé par deux photorécepteurs 4' et 4'' dont les dimensions sont déterminées pour que l'un donne la réponse 91 en fonction de l'angle d'incidence i et l'autre la réponse 92. En effet la réponse du circuit optique dépend du rapport entre l'intervalle entre deux directions privilégiées et de la conicité O_c du faisceau

- 10 -

d'entrée et, selon la valeur de O_c , cette réponse peut être soit des pics séparés, soit la courbe exponentielle 91 soit la courbe ondulée 92.

Le comparateur 87 compare le signal 91 et le signal 92
5 à une tension de référence V_{ref} . . On obtient ainsi deux signaux d'erreur qui sont soustraits et le signal résultant est appliqué au déflecteur optoélectronique 86 en même temps q'une tension continue dont l'amplitude correspond au
10 décalage entre une fibre de sortie correspondant à une direction d'incidence privilégiée et une autre fibre optique à une distance prédéterminée de cette dernière.

Un diviseur de faisceau 88 renvoie le faisceau entrant sur l'une des fibres de sortie.

Revendications du brevet

- 1 - Circuit optique recevant un faisceau lumineux d'entrée et produisant une réponse quand le faisceau d'entrée occupe l'une d'une pluralité de directions d'incidence privilégiées, comprenant deux miroirs parallèles et se faisant
- 5 face délimitant un domaine à réflexions multiples, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un dispositif de visée introduisant le faisceau d'entrée dans ledit domaine sous un angle variable et un photorécepteur relié à la sortie de ce domaine.
- 10 2 - Circuit optique conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que l'un des miroirs dépasse légèrement l'autre dans la direction de leur plan commun et que le point d'impact du faisceau d'entrée se trouve dans cette zone de dépassement.
- 15 3 - Circuit optique conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de visée est un doublet formé d'une lentille à grande distance focale proche de la source d'émission du faisceau d'entrée et dont le foyer est sensiblement au point d'impact du faisceau entrant sur un
- 20 miroir et d'une lentille à courte distance focale dont le foyer est sensiblement confondu avec le foyer de la lentille à grande distance focale.
- 4 - Circuit optique conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de visée est un prisme
- 25 ayant un angle presque droit dont une face est perpendiculaire au plan des miroirs et l'autre face presque parallèle à ce plan et formé d'un matériau d'indice de réfraction voisin de $\sqrt{2}$.
- 5 - Circuit optique conforme à la revendication 1,
- 30 et présentant une fonction logique OU, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une lentille divergente située devant le dispositif de visée, des moyens de produire une pluralité de faisceaux parallèles qui tombent sur la lentil-

- 12 -

le divergente et divergent à la traversée de celle-ci en occupant chacun un champ angulaire comprenant au moins une direction d'incidence privilégiée, un comparateur recevant le signal recueilli sur ledit photorécepteur ainsi qu'une
5 tension de référence et un circuit d'affichage ou d'alarme relié audit comparateur d'où il résulte que ledit dispositif d'affichage ou d'alarme reçoit un signal quand au moins l'un des faisceaux parallèles est présent.

6 - Circuit optique conforme à la revendication 1
10 fonctionnant en mélangeur de canaux optiques, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une lentille divergente située devant le dispositif de visée et une pluralité de fibres optiques d'entrée débouchant parallèlement devant la lentille divergente, lesdites fibres optiques produisant des faisceaux
15 qui divergent à la traversée de la lentille divergente et occupent chacun un champ angulaire comprenant au moins une direction d'incidence privilégiée et une lentille focalisant le faisceau de sortie du domaine à réflexions multiples dans une fibre optique de sortie.

20 7 - Circuit optique conforme à la revendication 1, fonctionnant en dispositif de mesure de la vitesse de rotation d'un faisceau tournant, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de produire un faisceau d'entrée tournant devant ledit dispositif de visée, ledit faisceau d'entrée
25 tournant occupant, successivement, les directions d'incidence privilégiées, un séparateur du faisceau d'entrée tournant en un premier et un second faisceau, le premier faisceau étant appliqué audit domaine à réflexions multiples, et le second faisceau commandant une horloge et un compteur
30 d'impulsions d'horloge déclenché par ledit photorécepteur d'où il résulte que le compteur compte l'intervalle angulaire entre deux directions d'incidence privilégiées du faisceau tournant d'entrée.

- 13 -

8 - Circuit optique conforme à la revendication 1,
fonctionnant en commutateur optique entre une fibre optique
entrante et une fibre optique sortante choisie dans une
pluralité de telles fibres optiques sortantes, caractérisé
5 en ce qu'il comprend au moins une fibre optique entrante et
des fibres optiques sortantes, la fibre optique entrante
produisant un faisceau d'entrée, un déflecteur optoélectroni-
que dudit faisceau, un séparateur du faisceau défléchi en un
premier et un second faisceaux, le premier faisceau étant
10 appliqué au domaine à réflexions multiples et le second
faisceau tombant sur une fibre optique de sortie, un
générateur de signal d'erreur de direction recevant le
signal du photorécepteur et une tension de référence, le
signal d'erreur ainsi produit étant appliqué au déflecteur
15 optoélectronique.

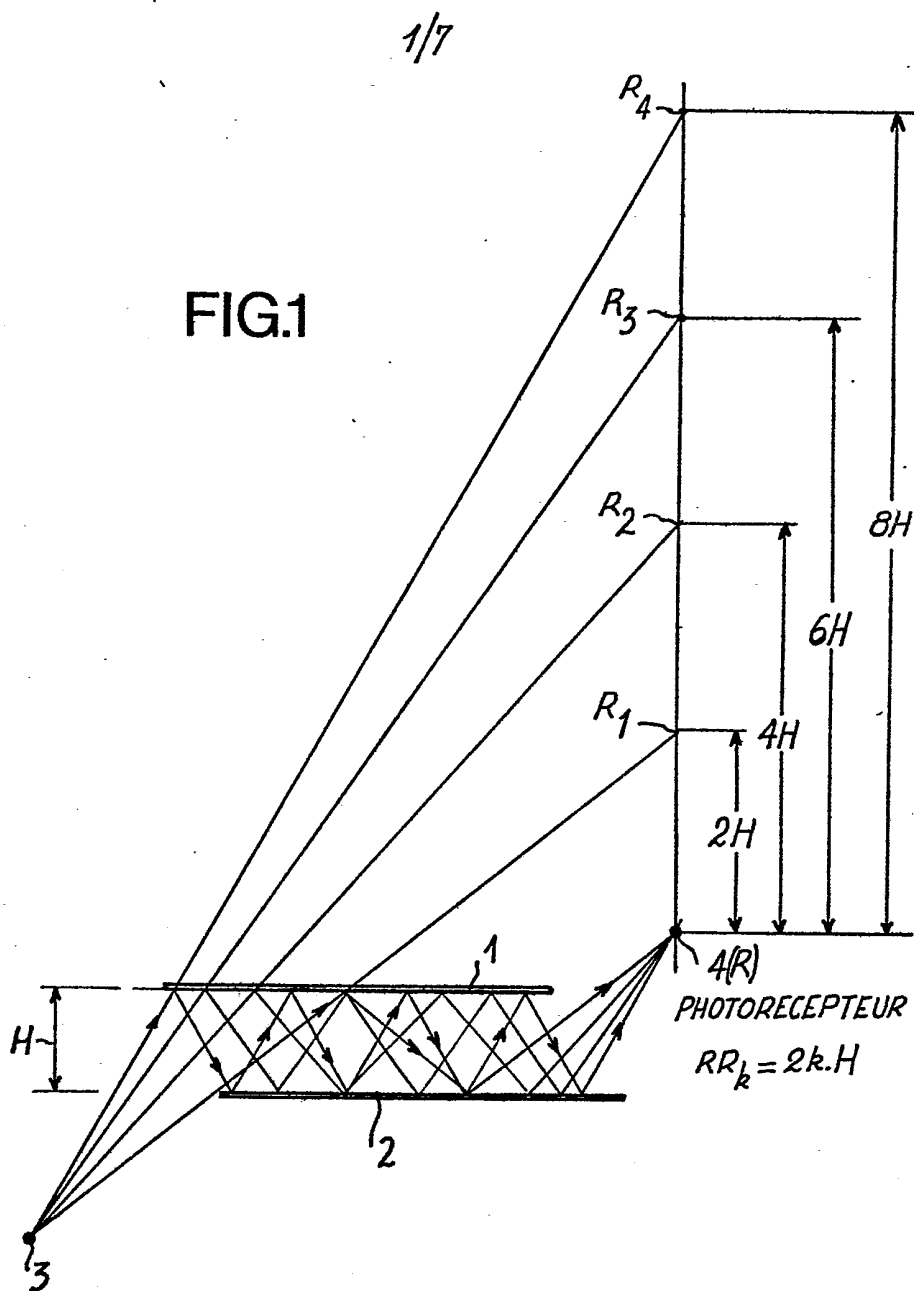
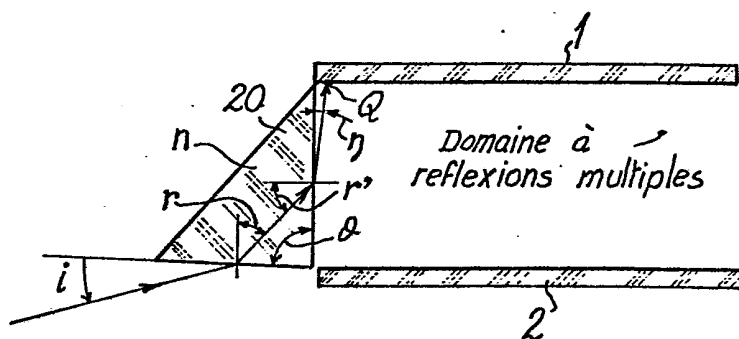
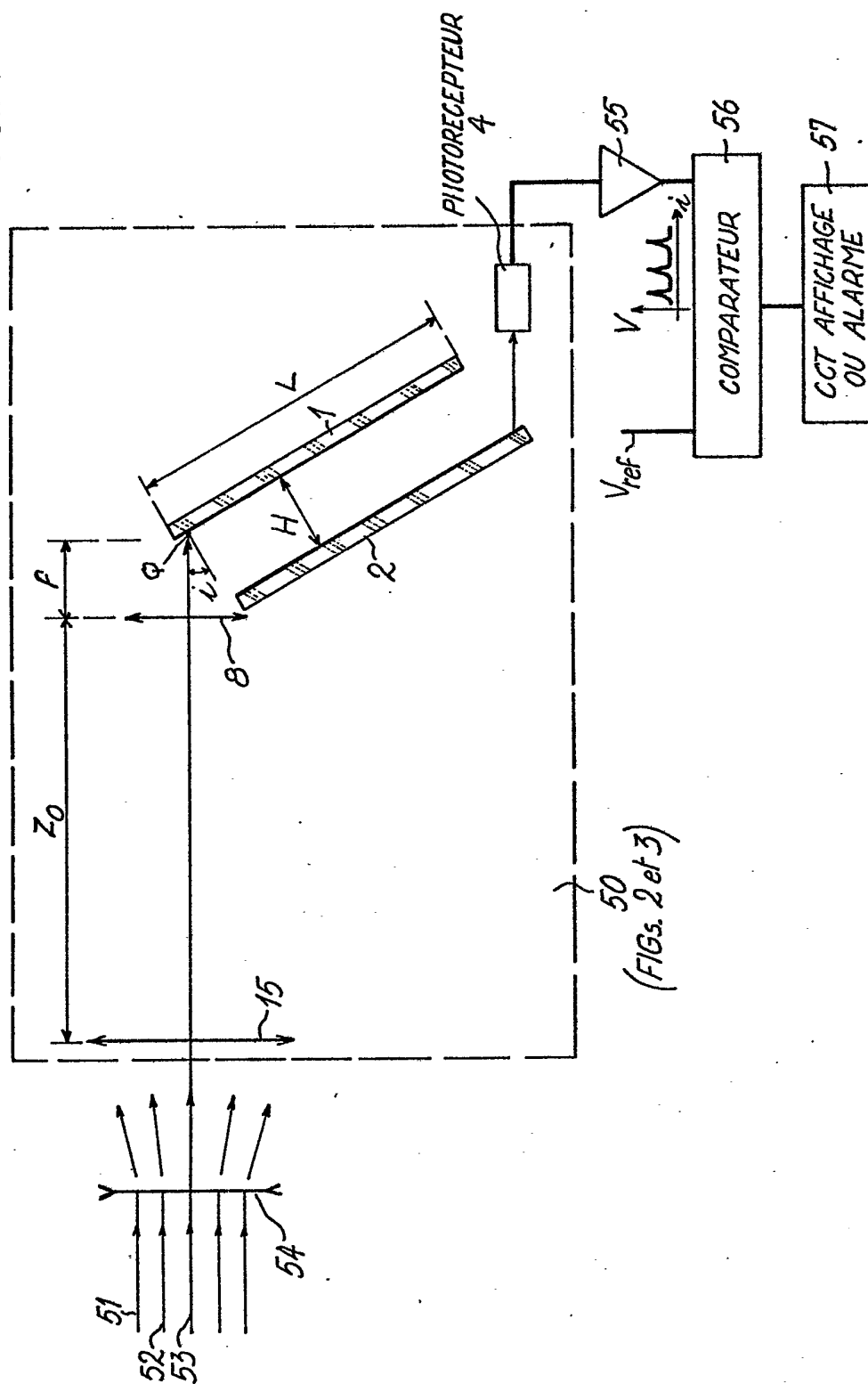


FIG.4



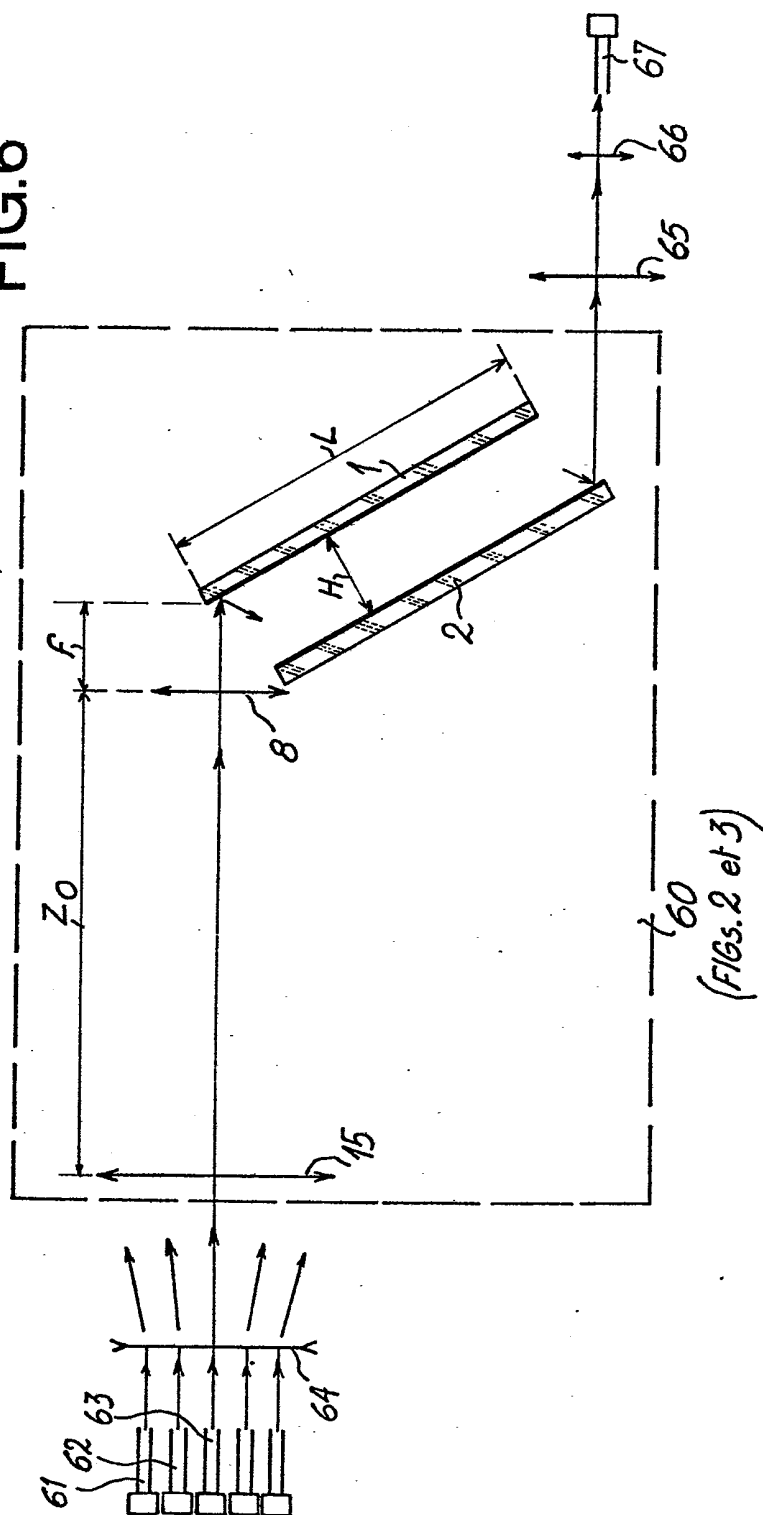
4/7

FIG. 5

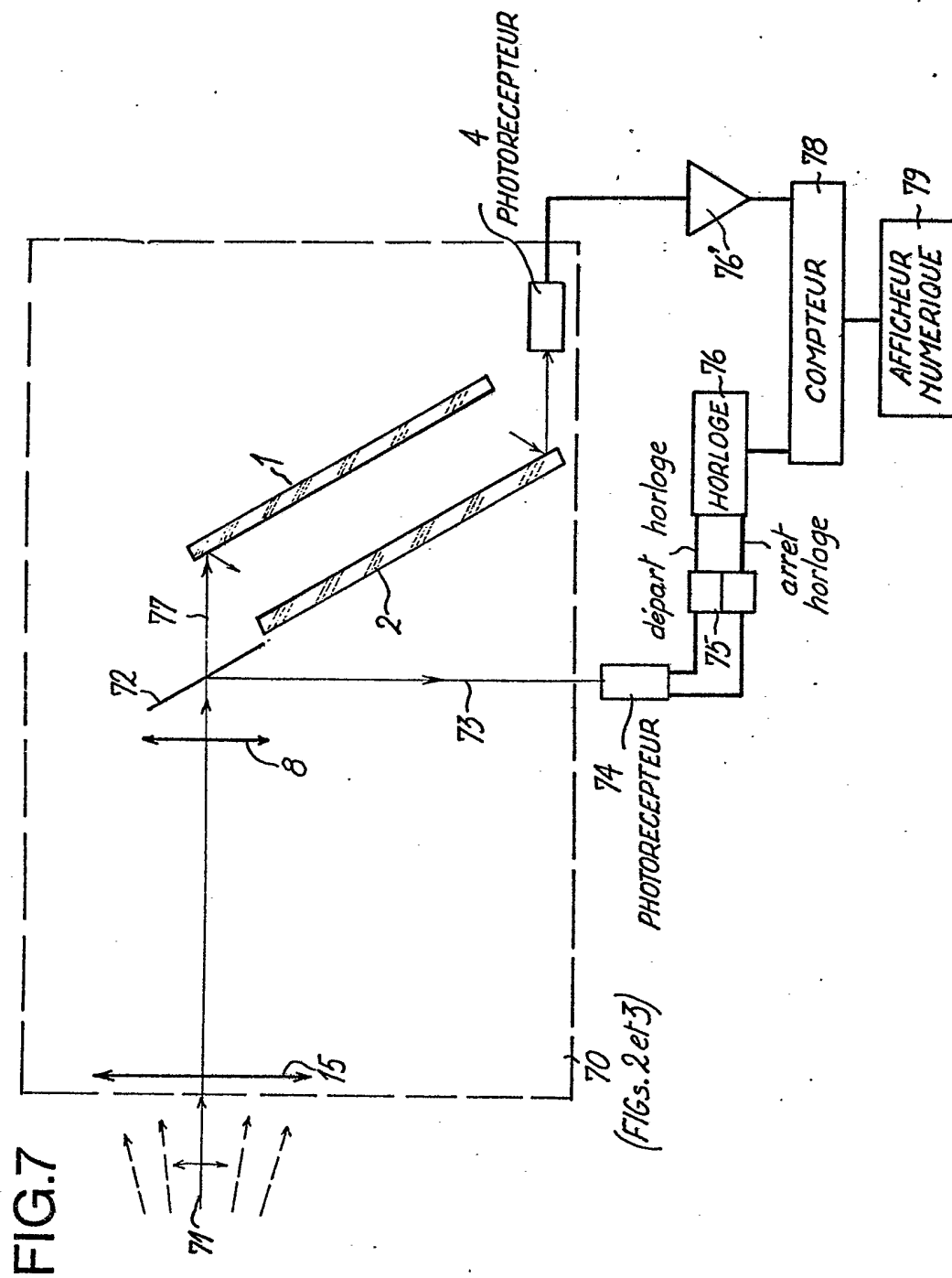


5/7

FIG.6



6/7



7/7

FIG. 8

