

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

**N° 80 20526**

---

⑮ Capteur mobile d'énergie solaire, à concentration par lentille de Fresnel.

⑯ Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). F 24 J 3/02.

⑰ Date de dépôt..... 24 septembre 1980.

⑱ ⑳ ㉑ Priorité revendiquée :

㉒ Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 12 du 26-3-1982.

---

㉓ Déposant : Société anonyme dite : SAUNIER DUVAL EAU CHAUDE CHAUFFAGE, SDECC,  
résidant en France.

㉔ Invention de : André Paymal et Alain Maillard.

㉕ Titulaire : *Idem* ㉓

㉖ Mandataire : Cabinet Brot,  
83, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

- 1 -

La présente invention concerne un capteur d'énergie solaire susceptible de suivre le soleil dans son mouvement diurne.

On connaît par la demande de brevet n° 78 33609,  
5 déposée le 28 Novembre 1978, au nom de la Société Saint-Gobain Industries un capteur fixe d'énergie solaire utilisant une lentille de Fresnel pour assurer la concentration du flux lumineux. Ce capteur comprend au moins une lentille optique de Fresnel à zone de focalisation rectiligne et  
10 au moins un miroir cylindrique parabolique réfléchissant, de largeur sensiblement égale à celle de la lentille et qui est disposé entre la lentille et la ligne focale de celle-ci, de façon à renvoyer la lumière transmise par la lentille sur au moins un élément absorbeur rectiligne,  
15 disposé entre la lentille optique et le miroir parabolique, la dimension longitudinale dudit ensemble étant orientée dans la direction Est-Ouest de façon que l'axe optique du système formé par la lentille et le miroir parabolique soit placé dans la position moyenne du soleil pendant la  
20 période d'utilisation.

On a constaté qu'avec un tel capteur fixe, le rendement géométrique, défini comme étant la fraction de la surface de la lentille dont les rayons émergents sont captés par l'élément absorbeur, est de l'ordre de 90 % pour des  
25 incidences horaires ou longitudinales variant dans une même journée entre  $\pm 40^\circ$  (correspondant à une durée de  $\pm 2$  h 40 mn) et entre  $\pm 10^\circ$  pour des variations saisonnières ou transversales par rapport au plan médiateur du système optique. Cette deuxième limitation montre que si le capteur  
30 peut être maintenu fixe pendant une même journée, il reste nécessaire de faire varier son inclinaison d'une saison à l'autre, si l'on veut obtenir un bon rendement géométrique tout au long de l'année. L'expérience montre qu'en pratique, on obtient de bons résultats en adoptant deux positions  
35 seulement, une position moyenne pour l'été et une position moyenne pour l'hiver.

- 2 -

Cette nécessité de modifier l'inclinaison du capteur entraîne une série d'inconvénients préjudiciables à son utilisation : les capteurs étant en effet généralement montés sur le toit des bâtiments ou en des endroits d'accès difficile, leur réglage est une source de frais d'entretien non négligeables.

On pourrait certes pallier cet inconvénient en animant le capteur susmentionné d'un mouvement de rotation tel que le miroir réfléchisse en permanence les rayons solaires sur l'élément absorbeur, mais un tel capteur ne permettrait pas de dépasser un rapport de concentration effective de l'ordre de 2 à 3. Ce rapport est en effet limité par le principe même qui consiste à réfléchir les rayons solaires qui ont traversé la lentille de Fresnel sur l'élément absorbeur, au moyen du miroir parabolique, quelle que soit l'incidence de ces rayons à l'intérieur des limites angulaires mentionnées ci-dessus. L'adjonction d'un miroir parabolique à la lentille est rendue nécessaire en raison de l'impossibilité qu'il y a à obtenir une image fixe du soleil. Le miroir permet de compenser en quelque sorte la tendance qu'a l'image à se déplacer, en concentrant ladite image dans une zone relativement restreinte. Cependant, l'action du miroir reste insuffisante, de sorte que l'élément absorbeur doit malgré tout être relativement large pour couvrir toute la zone de formation de l'image. Il en résulte une diminution notable du rapport de concentration par rapport au cas d'un capteur suiveur ayant respectivement  $0^\circ$  pour incidence horaire et  $\pm 23^\circ$  pour incidence saisonnière.

En raison de ce rapport de concentration limité à 2 ou 3, il est impossible, même en rendant ce capteur mobile autour d'un axe, d'obtenir des niveaux de températures de fonctionnement de l'ordre de  $150^\circ\text{C}$ , car la surface de l'élément absorbeur étant importante, les pertes par rayonnement seraient élevées.

La présente invention a pour but d'éliminer tous ces

- 3 -

inconvenients et a pour objet un capteur mobile capable de suivre le soleil dans son mouvement diurne et qui a un rendement géométrique de 100 % sur pratiquement toute l'année, un rapport de concentration élevé et qui permet  
5 d'atteindre des températures de fonctionnement de l'ordre de 150°C.

Le capteur suiveur selon l'invention qui est du type comprenant au moins une lentille de Fresnel, à zone de focalisation rectiligne, se caractérise en ce qu'il comporte  
10 au moins un élément absorbeur rectiligne, tel qu'un tube, disposé le long de ladite zone de focalisation et deux miroirs plans disposés de manière à renvoyer sur l'absorbeur le rayonnement correspondant aux parties marginales de la zone de concentration, le capteur étant entraîné en rotation  
15 à raison d'un tour en vingt quatre heures, par des moyens moteurs appropriés, autour d'un axe parallèle aux prismes de la lentille, ledit axe étant orienté dans la direction Nord-Sud et incliné sur le plan horizontal d'un angle sensiblement égal à celui de la latitude du lieu où le  
20 capteur est installé.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, les miroirs encadrent l'élément absorbeur par leur bord inférieur et sont inclinés symétriquement par rapport au plan médiateur de la lentille d'un angle égal ou un peu  
25 supérieur au demi-angle d'ouverture de la lentille, vue à partir de l'élément absorbeur.

Les pertes par convection du capteur sont limitées par un vitrage pelliculaire transparent qui repose sur les bords supérieurs des miroirs. Ce vitrage laisse passer  
30 librement les rayons solaires incidents mais il limite les pertes par convection vers l'extérieur de l'enceinte qu'il définit avec les deux miroirs.

Etant donné que le capteur selon l'invention ne comporte plus de miroir parabolique et qu'il suit le soleil  
35 dans sa course diurne, la zone de formation de l'image dans le plan focal est extrêmement étroite, de sorte que

l'élément absorbeur peut avoir une faible largeur. Le rapport de concentration défini précédemment est donc fort et l'on peut ainsi atteindre des températures relativement élevées.

5 Un mode de réalisation de l'invention sera décrit à présent en regard des dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 est une vue en coupe transversale d'un capteur mobile selon l'invention, le mécanisme d'entraînement n'étant pas représenté pour la clarté de la figure ;

10 La figure 2 est une vue en coupe du système optique du capteur ;

La figure 3 est une vue en perspective avec arrachement partiel d'un mode de réalisation pratique du capteur ;

15 La figure 4 est une vue partielle en perspective d'une variante de réalisation du capteur ;

La figure 5 est un graphique représentant le profil d'éclairement dans le plan focal de la lentille ; et

La figure 6 est une vue en perspective schématique du capteur.

20 Le capteur solaire illustré sur les figures 1 et 3 comprend deux systèmes optiques associés, mais il est évident qu'il peut n'en comporter qu'un seul ou encore un nombre supérieur à deux.

25 Comme on peut le voir sur ces figures, le capteur comprend deux lentilles de Fresnel 10, 12 de forme rectangulaire allongée, dont la face supérieure est plane et dont la face inférieure présente des prismes 14 orientés dans le sens longitudinal des lentilles.

30 Les lentilles sont disposées côte-à-côte dans le même plan et sont assemblées le long de leurs côtés longitudinaux adjacents par un joint en élastomère 16. L'ensemble des deux lentilles est fixé à l'ouverture supérieure ouverte d'un boîtier 18 de forme sensiblement parallélépipédique, par l'intermédiaire d'un cadre rigide 20, par exemple en aluminium et d'un joint périphérique 22 du même type que le joint 16, assurant ainsi l'étanchéité du boîtier.

35

- 5 -

Le boîtier 18 est autoporteur et pourra être réalisé en un matériau composite ou bien en tout autre produit en fonction des impératifs industriels.

Les éléments absorbeurs sont constitués par deux tubes  
5 métalliques 24, 26 avec revêtement absorbant sélectif, qui véhiculent un fluide caloporteur. Les tubes sont disposés le long de la zone focale linéaire de chacune des lentilles. Dans la réalisation des figures 1 et 3 à deux lentilles, les tubes sont reliés en série et forment  
10 une épingle à cheveux dont les extrémités libres sont tournées vers le haut à une extrémité du boîtier 18.

A chaque lentille de Fresnel sont associés deux miroirs plans 28, 30 et 32, 34 profilés à partir d'une bande d'aluminium poli et anodisé.

15 Comme le montre en particulier la figure 2, les miroirs plans, par exemple 28, 30 associés à chacune des lentilles, encadrent le tube absorbeur 24 par leur bord inférieur et sont inclinés symétriquement par rapport au plan médiateur P de la lentille d'un angle égal ou un peu supérieur au  
20 demi-angle d'ouverture de la lentille, vue à partir du tube 24. Il en résulte que la zone de focalisation de la lentille, située au niveau du tube, est entièrement comprise entre les deux miroirs plans. Ces derniers ont pour effet de réfléchir les parties marginales de la zone de focalisa-  
25 tion vers le tube 24.

Les bords inférieurs des miroirs sont avantageusement reliés entre eux par l'intermédiaire d'une rigole semi-cylindrique réfléchissante 35 destinée à renvoyer vers le tube le propre rayonnement de celui-ci.

30 Ainsi qu'on peut le voir sur la figure 3, le boîtier 18 est divisé par des cloisons transversales 36 pourvues chacune de deux profondes découpes 38 en V, au fond desquelles reposent les branches 24 et 26 du tube absorbeur. Dans leur portion inférieure, les côtés de ces découpes  
35 sont inclinés par rapport au plan médiateur de la lentille correspondante d'un angle égal ou un peu supérieur à l'angle

- 6 -

d'ouverture de la lentille. Les miroirs plans 28, 30, 32 et 34 s'appliquent contre lesdites portions et reposent, par leur bord supérieur 40 qui est plié, sur des épaulements taillés dans les cloisons.

5            Sous chacune des lentilles, est prévu un vitrage pelliculaire transparent 42, 44 qui repose sur les bords pliés précités. En raison de sa faible épaisseur, le vitrage n'absorbe pratiquement pas le rayonnement incident, mais il limite les pertes par convection vers l'extérieur de  
10 l'enceinte qu'il délimite avec les deux miroirs associés et la rigole 35.

          Comme le montre la figure 1, les pertes par conduction et par rayonnement de ladite enceinte sont limitées par une matière isolante 46, capable de supporter les tempé-  
15 tures de pointe du capteur, qui sont de l'ordre de 250°C.

          Suivant un autre mode de réalisation du capteur, le vitrage pelliculaire transparent 42, 44 est remplacé par un tube de verre mince et transparent 47 (figure 4) coaxial au tube absorbeur 24, 26, de diamètre supérieur à celui  
20 de l'absorbeur et sans contact avec celui-ci. Ce tube 47 a pour effet de limiter les pertes thermiques de l'absorbeur, par rayonnement et par convection, au même titre que le vitrage pelliculaire 44 associé aux deux miroirs plans 28, 30 et à la rigole 35. Avantagusement, l'espace compris  
25 entre l'absorbeur 24 et le tube 47 est vide d'air, ce qui réduit encore les pertes thermiques de l'absorbeur.

          Le boîtier 18 est monté tournant autour de deux demi-axes longitudinaux 48, 50 (figure 6) confondus avec l'axe de gravité longitudinal  $x$  du capteur (figure 1), pour un  
30 équilibre indifférent du capteur en rotation. Ledit axe est orienté dans la direction Nord-Sud et est incliné sur le plan horizontal d'un angle  $\lambda$  égal à celui de la latitude du lieu où le capteur est installé. Le capteur est monté sur une structure métallique non représentée, portant  
35 également le mécanisme suiveur, de tout type connu. Le

- 7 -

suivi du soleil dans son mouvement diurne s'effectue, soit en continu, soit pas à pas, par exemple par pas de 1° d'angle, la récurrence des pas pouvant être pilotée par un calculateur qui tient compte de l'heure, de la date et de la position du lieu. Ce procédé évite les inconvénients de l'asservissement direct, en particulier lors de passages nuageux.

Le capteur, suivant le soleil de l'Est à l'Ouest, on peut considérer que l'image du soleil reste toujours dans le plan médiateur longitudinal de la lentille et qu'il n'y a pratiquement pas de déplacement latéral de l'image. Les légers déplacements latéraux dus à l'imprécision du mécanisme suiveur sont compensés par les miroirs plans, de sorte que l'on peut considérer que tout au long de l'année, l'image du soleil se projette en totalité sur le tube absorbeur.

La figure 5 montre d'ailleurs le profil d'éclairement dans le plan focal de la lentille de Fresnel. On constate que la presque totalité de l'éclairement est concentrée sur une bande de largeur  $d$  extrêmement étroite. L'éclairement extérieur à ladite bande est ramené à l'intérieur de celle-ci par les miroirs.

A titre d'exemple non limitatif, on a réalisé un capteur ayant les caractéristiques suivantes :

25	<u>lentille</u>	focale	400 mm
		largeur	300 mm
		longueur	2000 mm
		épaisseur	8 mm
		hauteur des prismes	2 mm

Les lentilles peuvent être fabriquées en verre coulé laminé. Dans les capteurs à plusieurs lentilles de Fresnel, celles-ci peuvent être produites en juxtaposition sur la même feuille de verre laminée.

On utilise généralement des lentilles ayant une distance focale comprise entre 20 et 75 cm et de préférence entre 30 et 60 cm. En outre, le choix se porte sur des distances

- 8 -

focales supérieures à la demi-largeur de la lentille, de façon que les angles des prismes latéraux ne soient pas trop grands, ce qui provoquerait la réflexion totale des rayons incidents sur ces prismes.

5	<u>miroir</u>	largeur	120 mm
		longueur	2000 mm
		inclinaison	20° par rapport au plan médiateur du système
10	<u>tube absorbeur</u>	diamètre	20 mm
		longueur	2000 mm
	<u>vitrage pelliculaire</u>	épaisseur inférieure à	1 mm
		largeur	100 mm
15		longueur	2000 mm

On obtient avec ce capteur un rendement de 50 % avec une température de 150°C.

Bien entendu, plusieurs capteurs peuvent être montés en batteries, les entrées et sorties du fluide caloporteur étant placées de manière à ce que l'on puisse utiliser des raccords hydrauliques flexibles.

Selon une variante de réalisation de l'invention, on utilise comme élément absorbeur un caloduc qui peut avantageusement présenter un effet de diode thermique. De façon connue en soi, le caloduc se présente sous forme d'un tube métallique fermé à ses deux extrémités, vide d'air, qui contient une petite quantité de fluide caloporteur et qui est éventuellement tapissé intérieurement d'un matériau capillaire.

Le caloduc est placé entièrement dans la zone de focalisation de la lentille de Fresnel, à l'exception de l'une de ses extrémités qui est équipée d'un échangeur de chaleur. En raison du vide qui règne dans le caloduc et sous l'effet de l'échauffement provoqué par le rayonnement solaire concentré dans la zone de focalisation, le fluide se vaporise et la vapeur se dirige vers l'extrémité la moins chaude du tube située hors de la zone de focalisation

- 9 -

où elle se condense en cédant ses calories à l'échangeur de chaleur. Le condensat rejoint par gravité, ou à travers le matériau capillaire, la partie chauffée du caloduc où il s'évapore à nouveau comme décrit ci-dessus. Ainsi, le  
5 fluide véhicule la chaleur de la partie chaude du caloduc vers la partie moins chaude de celui-ci.

Parmi les nombreuses applications du capteur selon l'invention on indiquera à titre d'exemples non limitatifs les industries agro-alimentaires, la pasteurisation, la  
10 stérilisation et la cuisson des aliments, l'industrie du froid, les machines frigorifiques à absorption, la distillation des liquides, notamment celle des alcools, le dessalement de l'eau de mer, le chauffage et la climatisation par air conditionné des locaux, ainsi que la production  
15 d'énergie mécanique par cycle thermodynamique.

Le capteur selon l'invention, utilisant des lentilles en verre coulé brut ne nécessitant aucune rectification de leurs surfaces, un boîtier de structure simple et robuste et des miroirs plans découpés sur une bande métallique, est  
20 relativement économique, tout en permettant d'extraire les calories du rayonnement solaire avec un rendement voisin de 50 % à une température voisine de 150°C.

- 10 -

## REVENDEICATIONS

1.- Capteur d'énergie solaire, du type comprenant au moins une lentille de Fresnel à zone de focalisation rectiligne, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un élément absorbeur 24, 26 rectiligne, tel qu'un tube, disposé le long de ladite zone de focalisation et deux miroirs plans 28, 30 ou 32, 34 disposés de manière à renvoyer sur l'absorbeur le rayonnement correspondant aux parties marginales de la zone de concentration, le capteur étant entraîné en rotation à raison d'un tour en vingt quatre heures, par des moyens moteurs appropriés, autour d'un axe 48, 50 parallèle aux prismes 14 de la lentille 10, 12, ledit axe étant orienté dans la direction Nord-Sud et incliné sur le plan horizontal d'un angle  $\lambda$  sensiblement égal à celui de la latitude du lieu où le capteur est installé.

2.- Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les miroirs 28, 30 ou 32, 34 encadrent l'élément absorbeur par leur bord inférieur et sont inclinés symétriquement par rapport au plan médiateur P de la lentille 10, 12 d'un angle égal ou un peu supérieur au demi-angle d'ouverture de la lentille, vue à partir de l'élément absorbeur.

3.- Capteur selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les bords inférieurs des miroirs plans sont reliés par l'intermédiaire d'une rigole réflectrice semi-cylindrique destinée à renvoyer vers le tube son propre rayonnement.

4.- Capteur selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les pertes par convection du capteur sont limitées par un vitrage pelliculaire transparent qui repose sur les bords supérieurs des miroirs.

5.- Capteur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'élément absorbeur 24 est entouré par un tube de verre mince 47 coaxial, de diamètre supérieur à l'élément absorbeur et sans contact avec celui-ci.

- 11 -

6.- Capteur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'élément absorbeur est constitué par un caloduc dont l'extrémité chaude est disposée dans la zone de focalisation de la lentille et dont l'autre  
5 extrémité cède la chaleur du fluide caloporteur vaporisé au fluide d'un échangeur thermique.

7.- Capteur selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'élément absorbeur, tel que tube ou caloduc, comporte un revêtement absorbant sélectif.

10 8.- Capteur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins un système optique formé d'une lentille de Fresnel 10, de deux miroirs plans inclinés 28, 30 et d'un vitrage pelliculaire 42 et d'au moins un tube absorbeur 24 ou d'un caloduc sont montés dans  
15 un boîtier 18 de forme parallélépipédique monté tournant autour d'un axe parallèle aux prismes 14 de la lentille et confondu avec l'axe de gravité  $x$  de l'ensemble.

9.- Capteur selon la revendication 8, caractérisé en ce que la lentille 10 est fixée à l'ouverture supérieure  
20 ouverte du boîtier par l'intermédiaire d'un joint périphérique d'étanchéité 22 et en ce que les miroirs, le vitrage pelliculaire et le tube absorbeur reposent sur des supports solidaires du boîtier 18.

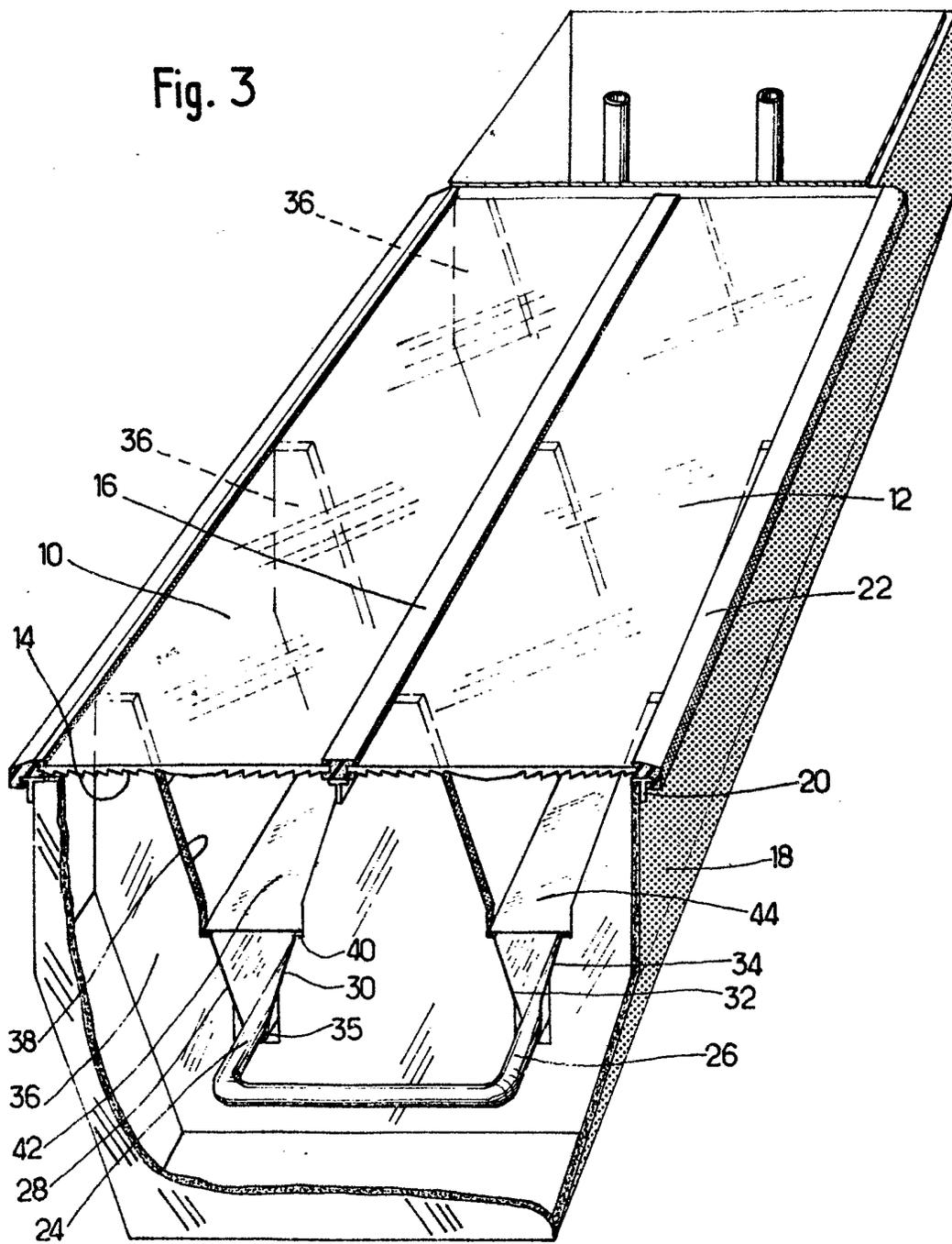
10.- Capteur selon la revendication 9, caractérisé en  
25 ce que lesdits supports sont constitués par des cloisons transversales 36 pourvues de découpes 38 en V, le tube absorbeur 24 reposant au fond des encoches et les miroirs et le vitrage pelliculaire reposant sur des épaulements formés sur les flancs des découpes.

30 11.- Capteur selon l'une des revendications 1 et 9, caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux lentilles de Fresnel 10, 12 juxtaposées dans un même plan et assemblées par un joint.

12.- Capteur selon l'une des revendications 1 et 9,  
35 caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux lentilles de Fresnel produites en juxtaposition sur une même feuille de verre laminée.



Fig. 3



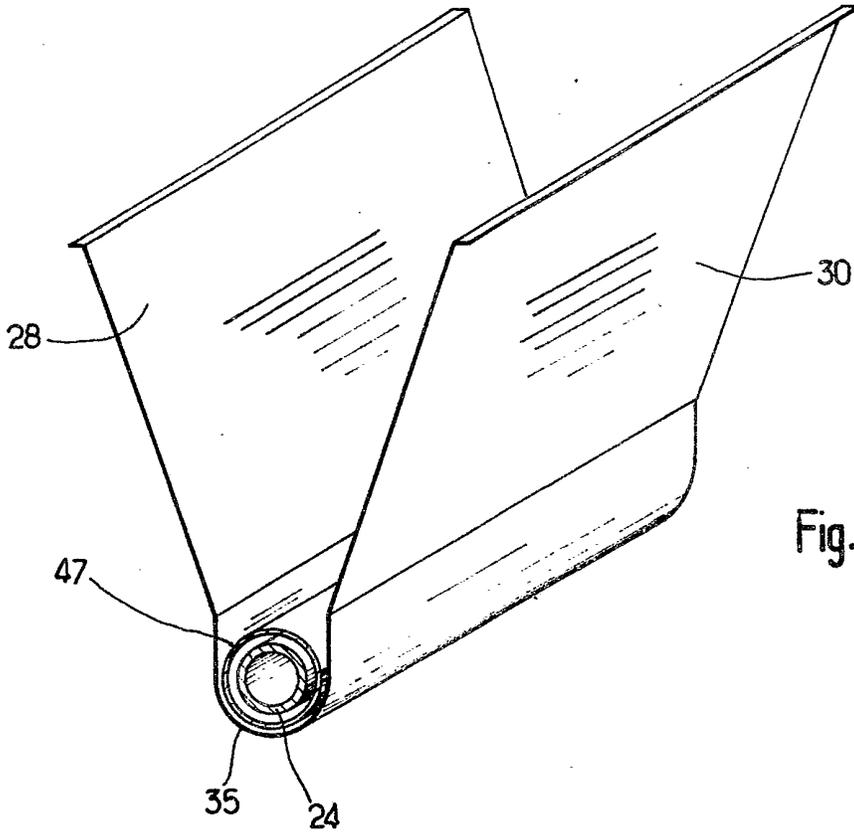


Fig. 4

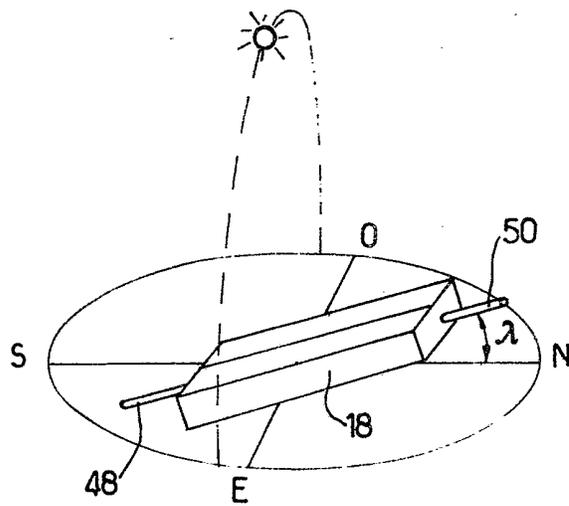


Fig. 6