



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 35349 B1** (51) Cl. internationale : **F24J 2/10; F24J 2/14**  
(43) Date de publication : **01.08.2014**

- 
- (21) N° Dépôt : **36753**  
(22) Date de Dépôt : **12.02.2014**  
(30) Données de Priorité : **13.07.2011 FR 11/02215**  
(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/FR2012/000292 13.07.2012**  
(71) Demandeur(s) :  
• **UNIVERSITÉ NICE SOPHIA ANTIPOLIS, 28, Avenue Valrose Grand Château 06103 Nice Cedex (FR)**  
• **CENTRAL NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, 3, Rue Michel-Angel 75794 Paris Cedex 16 (FR)**  
(72) Inventeur(s) : **XIAO, Gang**  
(74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

- 
- (54) Titre : **MIROIR COLLECTEUR D'UN CONCENTRATEUR SOLAIRE À MIROIRS DE FRESNEL LINÉAIRES**  
(57) Abrégé : L'invention a pour objet un miroir collecteur (2) constitutif d'un concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires. Le miroir collecteur (2) comprend une bande réfléchissante. Le miroir collecteur (2) est pourvu d'un dispositif apte à générer une dépression (٤j) à l'arrière de la bande réfléchissante (6).

**Abrège**

L'invention a pour objet un miroir collecteur (2) constitutif d'un concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires. Le miroir collecteur (2) comprend une bande réfléchissante. Le miroir collecteur (2) est pourvu d'un dispositif apte à générer une dépression ( $\Delta P$ ) à l'arrière de la bande réfléchissante (6).

**Miroir collecteur d'un concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires.****Domaine technique de l'invention.**

5 L'invention relève du domaine des dispositifs collecteurs de chaleur solaire et plus particulièrement du domaine des concentrateurs solaires à miroirs de Fresnel linéaires. Elle a pour objet un miroir collecteur constitutif d'un tel concentrateur solaire.

**10 Etat de la technique.**

Le document WO 2010/083292 (Skyfuel, Inc) décrit un concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires. Le concentrateur solaire comprend une pluralité de miroirs collecteurs et un receveur. Les miroirs collecteurs sont destinés à recevoir  
15 des rayons solaires et à renvoyer ces derniers vers le receveur. Ainsi, les miroirs collecteurs concentrent les rayons solaires sur le receveur.

Les miroirs collecteurs sont par exemple des miroirs comportant une courbure variable. Une telle variation de courbure est obtenue à partir d'un dispositif  
20 comprenant des poulies et des sangles qui, par leur manœuvre, sont aptes à déformer le miroir collecteur.

Un tel miroir collecteur mérite d'être amélioré pour augmenter un taux de concentration des rayons solaires sur le receveur. De plus, un tel miroir collecteur  
25 s'avère complexe et peu fiable. Enfin, un tel miroir collecteur présente une précision optique qui mérite d'être améliorée.

**Objet de l'invention.**

30 Le but de la présente invention est de proposer un miroir collecteur constitutif d'un concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires qui soit léger, simple à réaliser, fiable et robuste, un tel miroir collecteur étant apte à augmenter un taux de

concentration de rayons solaires sur un receveur constitutif du concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires, un tel miroir collecteur offrant une précision optique idoine.

5 Un miroir de la présente invention est un miroir collecteur constitutif d'un concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires. Le miroir collecteur comprend une bande réfléchissante.

Selon la présente invention, le miroir collecteur est pourvu d'un dispositif apte à  
10 générer une dépression à l'arrière de la bande réfléchissante.

Le dispositif comprend avantageusement la bande réfléchissante et une membrane qui délimite conjointement et au moins partiellement une chambre à l'intérieur de laquelle règne la dépression.

15

Le dispositif comprend avantageusement des moyens d'aspiration d'air contenu à l'intérieur de la chambre, de tels moyens d'aspiration d'air équipant la membrane.

20

Les moyens d'aspirations d'air sont avantageusement équipés de moyens de contrôle d'une vitesse d'aspiration.

La bande réfléchissante est préférentiellement portée par deux supports longitudinaux et un support médian.

25 De préférence, au moins un câble relie un pied du support médian et le support longitudinal auquel le câble est affecté.

De préférence, au moins un bandeau élastique est interposé entre le câble et le support longitudinal auquel le bandeau élastique est affecté.

30

De préférence, au moins un support accessoire s'étend parallèlement aux supports longitudinaux.

De préférence, au moins un support complémentaire s'étend entre les supports longitudinaux.

- 5 Le miroir collecteur est avantageusement mobile en rotation autour d'un axe de rotation parallèle à un axe de bande selon lequel la bande réfléchissante est longitudinalement étendue.

- 10 Un concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires de la présente invention est principalement reconnaissable en ce que le concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires comprend au moins un tel miroir collecteur.

- Le concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires comprend avantageusement un receveur qui surplombe le miroir collecteur.
- 15

#### **Description des figures.**

- D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va en être faite d'exemples de réalisation, en relation
- 20 avec les figures des planches annexées, dans lesquelles :

La figure 1 est une vue schématique en perspective d'un concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires de la présente invention.

- La figure 2 est une vue schématique de dessus d'un miroir collecteur constitutif du concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires illustré sur la figure
- 25 précédente.

La figure 3 est une vue schématique partielle et en perspective du miroir collecteur illustré sur la figure précédente.

La figure 4 est une vue schématique en coupe du miroir collecteur représenté sur les figures 2 et 3 selon deux positions distinctes.

- 30 Les figures 5 à 7 sont des vues partielles en perspective du miroir collecteur représenté sur les figures 2 à 4.

La figure 8 est une vue en perspective du miroir collecteur représenté sur les figures 2 à 7 ;

La figure 9A montre la face arrière d'une bande réfléchissante d'un miroir collecteur selon l'invention, munie de profilés de conformation ; et

5 La figure 9B détaille un profilé de conformation d'un miroir collecteur selon l'invention.

Sur la figure 1, un concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires 1 comprend une pluralité de miroirs collecteurs 2 et un receveur 3. Les miroirs collecteurs 2  
10 sont destinés à recevoir des rayons solaires et à renvoyer ces derniers vers le receveur 3. Ce dernier est par exemple conformé en un tube cylindrique à l'intérieur duquel circule un fluide caloporteur. Le tube cylindrique est globalement linéaire et s'étend selon un axe de tube A1. Les rayons solaires concentrés sur le receveur 2 permettent une élévation de température du fluide caloporteur. Une  
15 telle élévation de température est soit directement exploitable comme source énergétique, soit transformable en énergie électrique par l'intermédiaire d'une turbine ou analogue.

Les miroirs collecteurs 2 sont portés par une structure 4 agencée en un cadre que  
20 surplombe le receveur 3. Le cadre est globalement conformé selon un plan de cadre P1 qui est parallèle à l'axe de tube A1. La structure 4 comprend des poteaux 5 qui émergent au-dessus de la structure 4, sensiblement perpendiculairement au plan de cadre P1. Les poteaux 5 constituent des soutiens du receveur 3. Chaque miroir collecteur 2 est mobile en rotation autour d'un  
25 unique axe de rotation A2 qui est sensiblement parallèle à l'axe de tube A1.

Sur la figure 2, le miroir collecteur 2 comprend une bande réfléchissante 6 qui est allongée selon un axe de bande A3 qui est parallèle à l'axe de rotation A2. La bande réfléchissante 6 comprend deux bords longitudinaux 7,7' qui sont parallèles  
30 entre eux et parallèle à l'axe de bande A3. La bande réfléchissante 6 comprend aussi deux bords transversaux 8,8' qui sont parallèles entre eux et orthogonaux à l'axe de bande A3. La bande réfléchissante 6 est portée par deux supports

longitudinaux 9,9' qui sont respectivement affectés aux bords longitudinaux 7,7'. La bande réfléchissante 6 est également portée par au moins un support médian 10 qui est ménagé parallèlement aux supports longitudinaux 9,9'. Le support médian est ménagé à une première distance D1 de l'un et de l'autre des supports longitudinaux 9,9'. Préférentiellement, la bande réfléchissante 6 est aussi portée par deux supports accessoires 11,11' qui sont ménagés parallèlement au support médian 10 et de part et d'autre de ce dernier. Chaque support accessoire 11,11' est placé à une deuxième distance D2 du support médian 10 qui est inférieure à 20% de la première distance D1, et qui est préférentiellement de l'ordre de 10% de la première distance D1.

Selon la présente invention, une force d'aspiration F est appliquée à la bande réfléchissante 6 de manière à déformer cette dernière. Une telle déformation confère à la bande réfléchissante 6 une courbure telle que la bande réfléchissante 6 constitue une lentille convergente de point focal P, ce dernier étant confondu avec le receveur 3, comme illustré sur la figure 3. Autrement dit, la force d'aspiration F confère à la bande réfléchissante 6 une géométrie telle que des rayons solaires incidents 12 sont transformés en rayons réfléchis 13 qui sont concentrés sur le receveur 3, quelque soit la position du miroir collecteur 2 au cours de sa rotation autour de l'axe de rotation A2. A cet effet, la force d'aspiration F est d'une amplitude variable pour être à même d'adapter le point focal P sur le receveur 3. Ces dispositions sont telles, que le miroir collecteur 2 est à même de suivre la course du soleil, producteur des rayons incidents 12, pour concentrer les rayons incidents 12 sur le receveur 3. Il en découle une amélioration d'une précision optique d'un tel concentrateur solaire 1.

Une force d'aspiration F générée par un niveau de dépression à l'arrière d'une bande réfléchissante dans un miroir selon l'invention ne permet pas l'obtention d'un rayon de courbure circulaire de cette bande, soit un rayon de courbure en arc de cercle. Or, une telle courbure est requise afin que la ligne focale des miroirs se confonde avec l'axe du tube receveur et ce, dynamiquement. De ce fait, les miroirs selon l'invention sont avantageusement munis de moyens qui permettent

de contrôler dynamiquement la courbure des bandes réfléchissantes de manière que celle-ci soit en arc de cercle et le reste même lorsque la dépression créée à l'arrière de la bande réfléchissante varie dynamiquement, en fonction de la course du soleil.

5

En se reportant à nouveau sur la figure 3, le support médian 10 est conformé en « Y » comportant deux bras 14 qui sont en relation avec la bande réfléchissante 6 et un pied 15 qui est muni d'une pluralité de couple de câbles 16,16'. Les câbles 16,16' sont respectivement en relation avec les supports longitudinaux 9,9' de manière à augmenter la courbature de la bande réfléchissante 6 sur les bords longitudinaux 7,7'. Les câbles 16,16' sont susceptibles de comporter une élasticité respective distincte l'une de l'autre pour pouvoir ajuster une traction du support longitudinal 9,9' auquel il est affecté, en vue d'homogénéiser une courbure de la bande réfléchissante 6 sur l'entièreté de sa largeur, c'est-à-dire parallèlement aux bords transversaux 8,8'. Ces dispositions sont telles qu'il est possible de concentrer les rayons réfléchis 13 sur le receveur 3, y compris lorsque le miroir collecteur 2 n'est pas perpendiculairement disposé face au receveur 3.

Sur la figure 5 et la figure 6, des bandeaux élastiques 17,17' sont interposés entre le bord longitudinal 7,7' auquel ils sont respectivement affectés et le câble 16,16' qui relit ledit bord longitudinal 7,7' et le pied 15 du support médian 10. Les bandeaux élastiques 17,17' permettent d'adapter la courbature de la bande réfléchissante 6 sur le bord longitudinal 7,7' que les bandeaux élastiques 17,17' équipent respectivement.

25

Sur la figure 7, une membrane 18 délimite une chambre 19 à l'intérieur de laquelle est logé le support médian 10. Autrement dit, la chambre 19 est délimitée par la bande réfléchissante 6 et la membrane 18 qui sont jointes l'une à l'autre par l'intermédiaire des bords longitudinaux 7,7' et des bords transversaux 8,8'. On notera que, selon l'invention, la bande réfléchissante 6 de chaque miroir 2 est soumise à un unique niveau de différence de pression par rapport à la pression atmosphérique – un unique niveau de dépression. Ce niveau de dépression est

30



formé à l'arrière de la bande réfléchissante. A l'avant de celle-ci, c'est-à-dire à la face de la bande qui réfléchit les rayons incidents du soleil, il n'existe pas de chambre de dépression et la pression est égale à la pression du milieu extérieur, soit la pression atmosphérique.

5

Selon l'invention, la courbure des bandes réfléchissantes 6 des miroirs 2 est modifiée dynamiquement, selon l'angle incident des rayons solaires, donc en fonction de la course du soleil. Compte tenu du fait que la bande réfléchissante 6 n'est soumise qu'à un unique niveau de dépression, la modification dynamique de la courbure de cette bande réfléchissante peut être réalisée de manière immédiate, en réglant la dépression dans la chambre de dépression, unique, à l'arrière de la bande 6. En outre, dans les miroirs selon l'invention, rien n'interfère avec les rayons incidents du soleil. Ceux-ci ne subissent aucune réflexion ou diffraction ou absorption en traversant un élément qui serait placé à l'avant de la bande réfléchissante. Les pertes sont ainsi nulles.

15

Sur la figure 8, la membrane 18 est pourvue de moyens d'aspiration 20 d'air contenu à l'intérieur de la chambre 19, pour créer une dépression  $\Delta P$  à l'intérieur de cette dernière. Les moyens d'aspiration 20 sont par exemple constitués d'un ventilateur, d'une pompe à air ou analogue. Les moyens d'aspiration 20 sont aptes à faire circuler un flux d'air depuis la chambre 19 vers un environnement extérieur à la chambre 19. Une telle dépression  $\Delta P$  est générée à l'arrière de la bande réfléchissante 6, c'est-à-dire contre une face arrière 21 de la bande réfléchissante 6 qui est la face opposée à celle recevant les rayons incidents 12. Une telle dépression  $\Delta P$  crée la force d'aspiration  $F$  qui provoque l'agencement courbe de la bande réfléchissante 6. Les moyens d'aspiration 20 sont équipés de moyens de contrôle d'une vitesse d'aspiration d'air, de telle sorte que la dépression  $\Delta P$  régnant à l'intérieur de la chambre 19 est contrôlée pour définir avec précision la courbure de la bande réfléchissante 6.

20

25

30

Les câbles 16,16' et/ou les bandeaux élastiques 17,17' présentent une élasticité telle que le support médian 10 absorbe environ 20% à 40% d'une contrainte qui

lui est appliquée. Dans le cas préféré où la distance entre les bras 14 est de l'ordre de 20% de la première distance D1, une aberration optique d'une réflexion des rayons incidents sur la bande réfléchissante 6 en raison d'une imperfection de courbure est inférieure à 1,5 % d'une largeur de la bande réfléchissante 6, une telle largeur étant égale au double de la première distance D1.

Un tel miroir collecteur 2 présente l'avantage d'être peu sensible à une action néfaste du vent en raison d'une rigidité des supports longitudinaux 9,9', du support médian 10 et des supports accessoires 11,11'.

En se reportant à nouveau sur la figure 6, une telle résistance au vent est confortée par au moins un support complémentaire 22 qui est ménagé sensiblement perpendiculairement à l'axe de rotation A2 de chaque miroir collecteur 2. Le support complémentaire 22 s'étend de part et d'autre du support médian 10 entre les supports longitudinaux 9,9'. Le support complémentaire 22 comprend préférentiellement un moment d'inertie maximal en son milieu. Dans le cas où les supports complémentaires 22 sont en pluralité, les supports complémentaires 22 comportent une rigidité et un espacement entre eux tels que le miroir collecteur 2 présente une courbure uniforme. Il en résulte alors une dépression  $\Delta P$  qui est notamment comprise entre 2 mbar et 50 mbar, une dépression  $\Delta P$  maximale offrant une résistance au vent maximale.

Dans le mode de réalisation présenté à la figure 9A, la bande réfléchissante 6 est munie, à sa face arrière 23, c'est-à-dire la face opposée à celle qui réfléchit la lumière incidente du soleil, d'une pluralité de profilés de conformation 24, par exemple une dizaine de profilés, sensiblement linéaires, disposés sensiblement parallèles les uns aux autres, à égale distance les uns des autres, sensiblement parallèlement aux bords transversaux 8,8', soit sensiblement orthogonalement aux bords longitudinaux 9,9'. Ainsi que cela est détaillé à la figure 9B, chaque profilé de conformation 24 présente un épaulement 25 qui assure la fixation du profilé à la face arrière 23 de la bande réfléchissante 6. Il comporte en outre, un élément de conformation 26, dans l'exemple de la figure 9B, un profilé

sensiblement perpendiculaire à l'épaulement, qui est plus haut en sa partie médiane, qu'en ses extrémités. De ce fait, les profilés de conformation présentent une rigidité plus importante en leur centre qu'en leurs extrémités. Cette rigidité décroît du centre vers les extrémités selon une courbe de décroissance qui permet de corriger le profil de courbure non circulaire de la bande réfléchissante. En l'absence de moyens de correction de la courbure de la bande réfléchissante, celle-ci présente un rayon de courbure plus important en son milieu qu'en ses extrémités. La rigidité des profilés de conformation étant plus importante en leur milieu qu'en leurs extrémités, les rayons de courbure sont corrigés et deviennent sensiblement les mêmes le long de la surface de la bande réfléchissante. En outre, les profilés renforcent la résistance des miroirs à l'action du vent.

Selon une forme de réalisation, le concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires 1 de la présente invention comprend huit miroirs collecteurs 2 d'une largeur de un mètre. Chaque bande réfléchissante 6 est constituée d'une lame de verre d'une épaisseur de l'ordre de 4 mm. Une distance entre le receveur 3 et un miroir collecteur 2 est de l'ordre de huit mètres et un angle de quarante-deux degrés est formé entre une verticale et une droite reliant le receveur 3 et l'axe de bande A3. La bande réfléchissante 6 comporte un rayon de courbure de seize mètres quand la bande réfléchissante 6 fait face au receveur 3 et un rayon de courbure de vingt-cinq mètres quand le soleil est à trente degrés au-dessus de l'horizon. La première distance D1 est de l'ordre de dix centimètres. La dépression est de l'ordre de 0,5 mbar à 5 mbar. Dans ce cas-là, la variation du rayon de courbure de seize mètres à vingt-cinq mètres est possible avec une déviation maximale des rayons réfléchis 13 de l'ordre de 1%.

L'ensemble de ces dispositions est telle qu'une aberration optique du miroir collecteur 2 est inférieure à 2% d'une largeur de la bande réfléchissante 6. L'ensemble de ces dispositions est encore telle qu'une ouverture du receveur 3 est inférieure à 16% de ladite largeur. Il en résulte une réduction de pertes thermiques par radiation et par conduction au niveau du receveur 3. Il en résulte aussi un concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires 1 de coût modique à

partir d'un receveur 3 présentant une ouverture de petite dimension, à partir d'un nombre réduit de miroirs collecteurs 2.

**Revendications**

- 5 1.- Miroir collecteur (2) constitutif d'un concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires (1), le miroir collecteur (2) comprenant une bande réfléchissante (6), caractérisé en ce que le miroir collecteur (2) est pourvu d'un dispositif (6,18,20) apte à générer une dépression ( $\Delta P$ ) contrôlée à l'arrière de la bande réfléchissante (6), en vue d'appliquer une force d'aspiration  $F$  à ladite bande, cette force étant d'amplitude variable.
- 10 2.- Miroir collecteur (2) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le dispositif (6,18,20) comprend la bande réfléchissante (6) et une membrane (18) qui délimite conjointement et au moins partiellement une chambre (19) à l'intérieur de laquelle règne la dépression ( $\Delta P$ ).
- 15 3.- Miroir collecteur (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (6,18,20) comprend des moyens d'aspiration d'air (20) contenu à l'intérieur de la chambre (19), de tels moyens d'aspiration d'air (20) équipant la membrane (18).
- 20 4.- Miroir collecteur (2) selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens d'aspirations d'air (20) sont avantageusement équipés de moyens de contrôle d'une vitesse d'aspiration.
- 25 5.- Miroir collecteur (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la bande réfléchissante (6) est portée par deux supports longitudinaux (9,9') et un support médian (10).
- 30 6.- Miroir collecteur (2) selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'au moins un câble (16,16') relie un pied (15) du support médian (10) et le support longitudinal (9,9') auquel le câble (16,16') est affecté.

- 7.- Miroir collecteur (2) selon la revendication 6 caractérisé en ce qu'au moins un bandeau élastique (17,17') est interposé entre le câble (16,16') et le support longitudinal (9,9') auquel le bandeau élastique (17,17') est affecté.
- 5 8.- Miroir collecteur (2) selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, caractérisé en ce qu'au moins un support accessoire (11,11') s'étend parallèlement aux supports longitudinaux (9,9').
- 9.- Miroir collecteur (2) selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce qu'au moins un support complémentaire (22) s'étend entre les supports longitudinaux (9,9').
- 10 10.- Miroir collecteur (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le miroir collecteur (2) est mobile en rotation autour d'un axe de rotation (A2) parallèle à un axe de bande (A3) selon lequel la bande réfléchissante (6) est longitudinalement étendue.
- 15 11. Miroir collecteur (2) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la bande réfléchissante (6) est soumise à un unique niveau de différence de pression par rapport à la pression atmosphérique, en ce que ce niveau de différence de pression est un niveau de dépression et en ce que la dépression est appliquée à la face arrière de la bande réfléchissante, la pression à la face avant de cette bande étant égale à la pression atmosphérique.
- 20 25 12. Miroir collecteur (2) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de correction de la courbure non circulaire de la bande réfléchissante.
- 30 13. Miroir collecteur (2) selon la revendication 12, caractérisé en ce que ces moyens de correction comprennent des profilés de conformation (24) qui présentent une rigidité plus importante en leur milieu qu'en leurs extrémités.

14. Miroir collecteur (2) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la courbure de la bande réfléchissante (6) varie dynamiquement dans le temps selon la course du soleil.
- 5
- 15.- Concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires (1) comprenant au moins un miroir collecteur (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- 10 16.- Concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires (1) selon la revendication 15, caractérisé en ce que le concentrateur solaire à miroirs de Fresnel linéaires (1) comprend un receveur (3) qui surplombe le miroir collecteur (2).

1/5

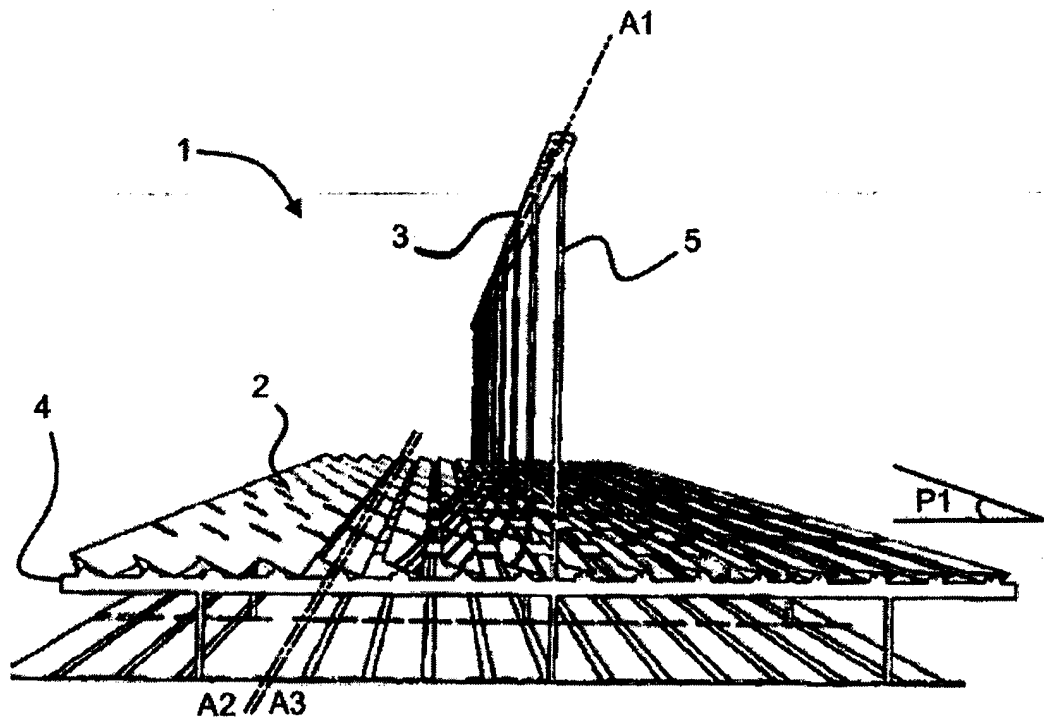


Fig. 1

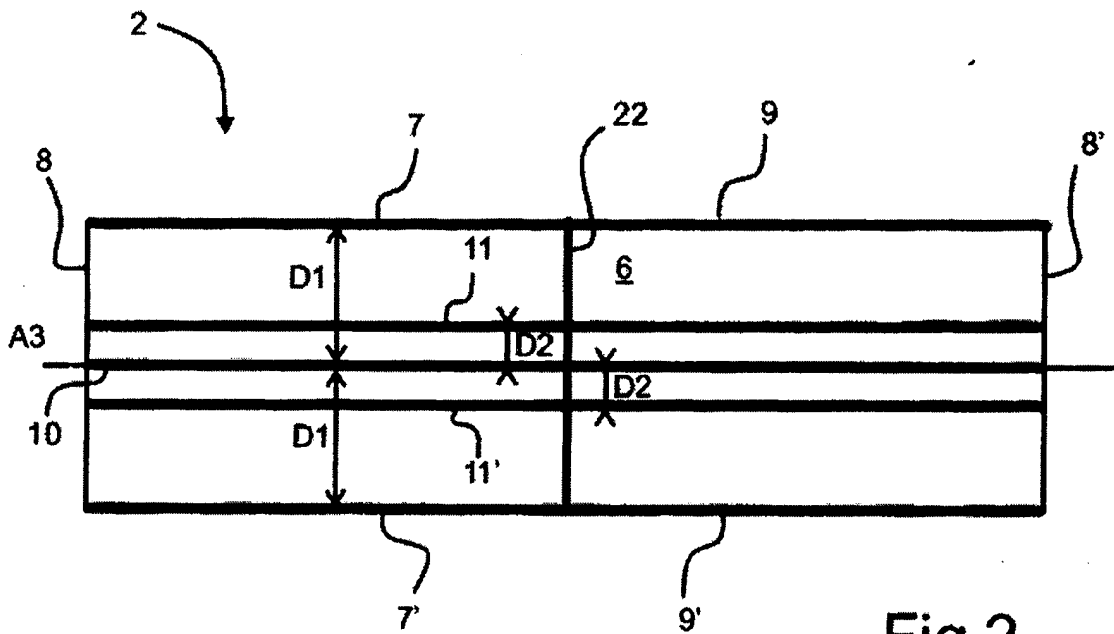


Fig. 2



2/5

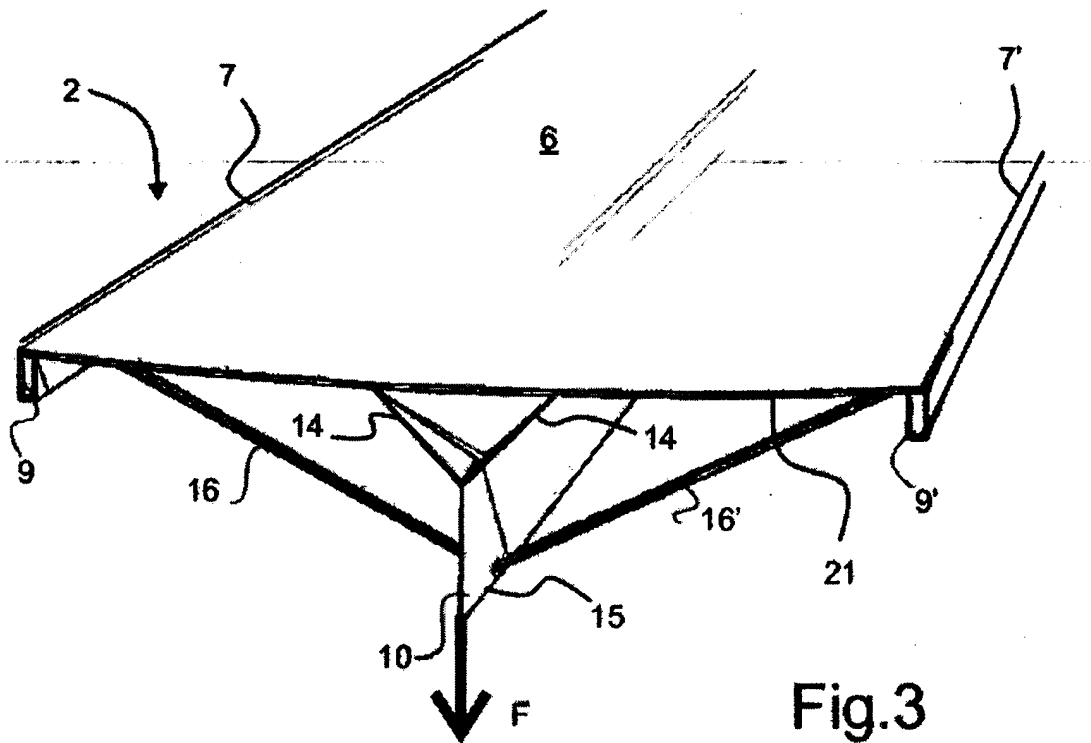


Fig.3

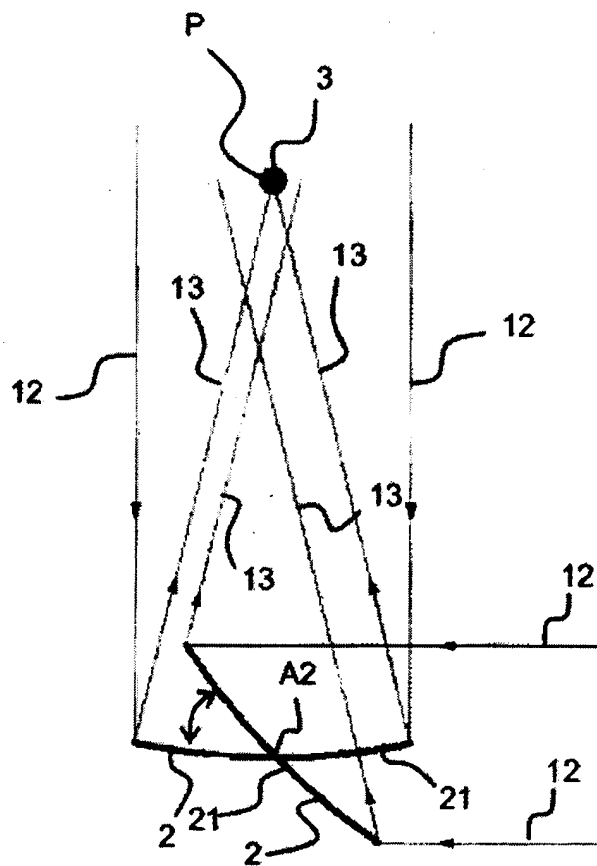


Fig.4

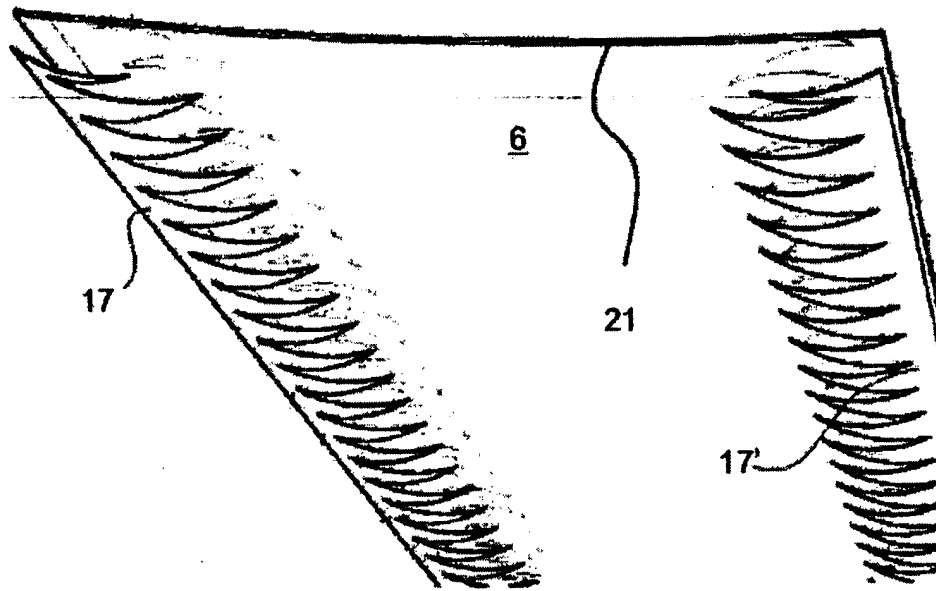


Fig.5

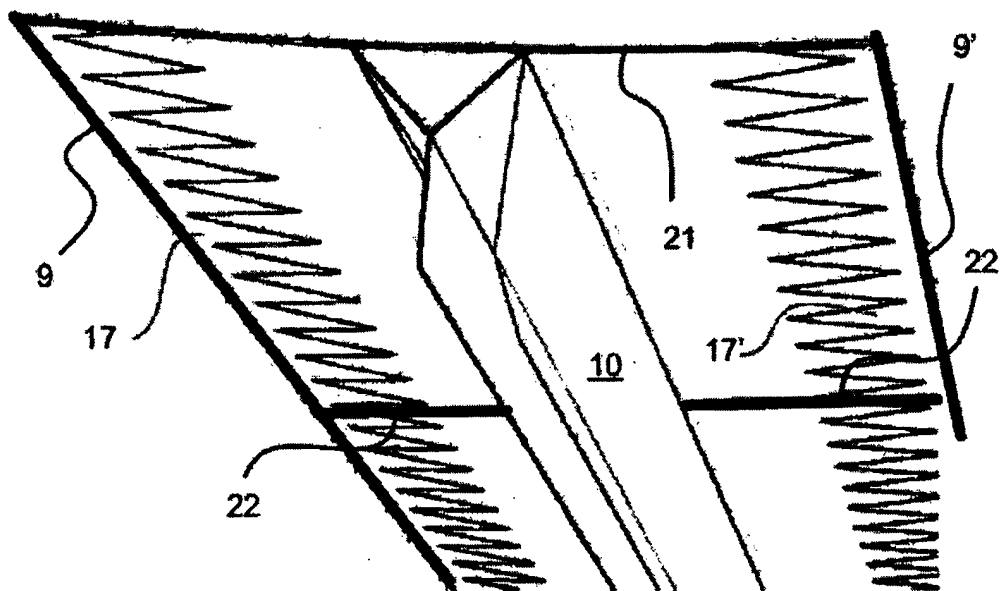


Fig.6

4/5

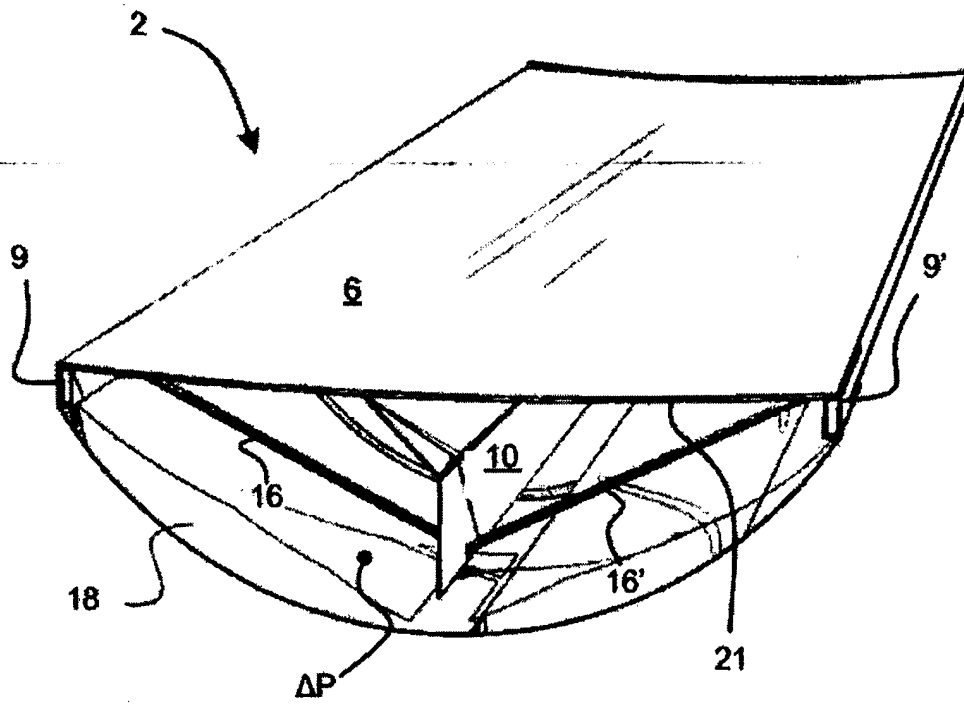


Fig.7

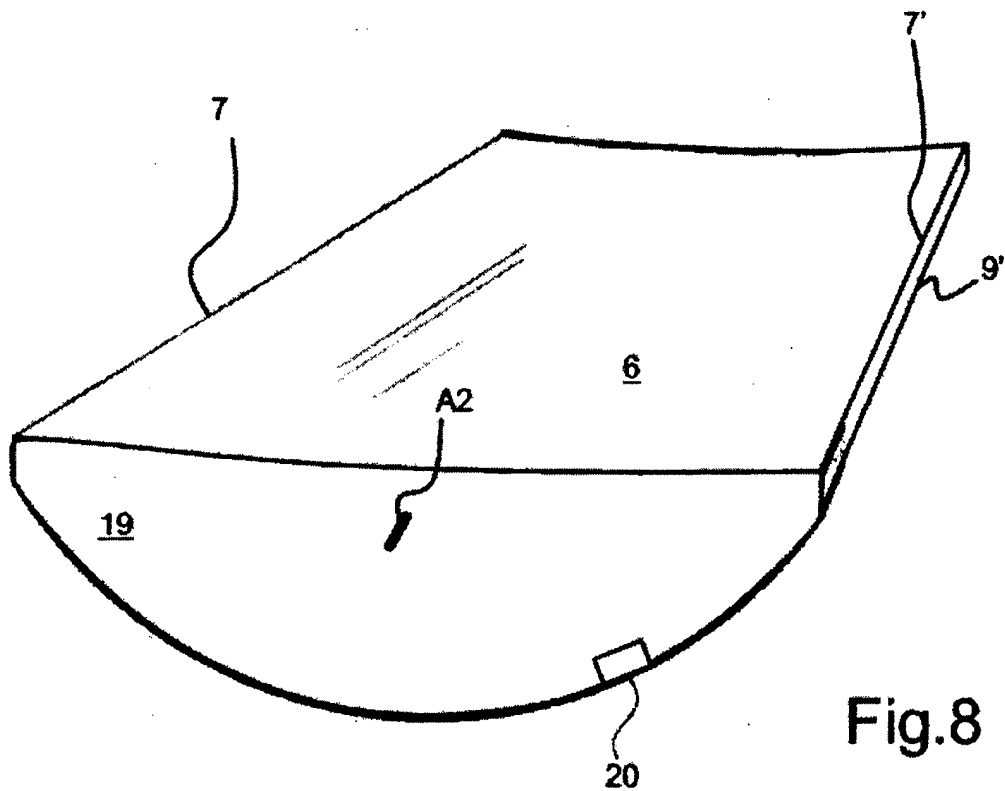


Fig.8

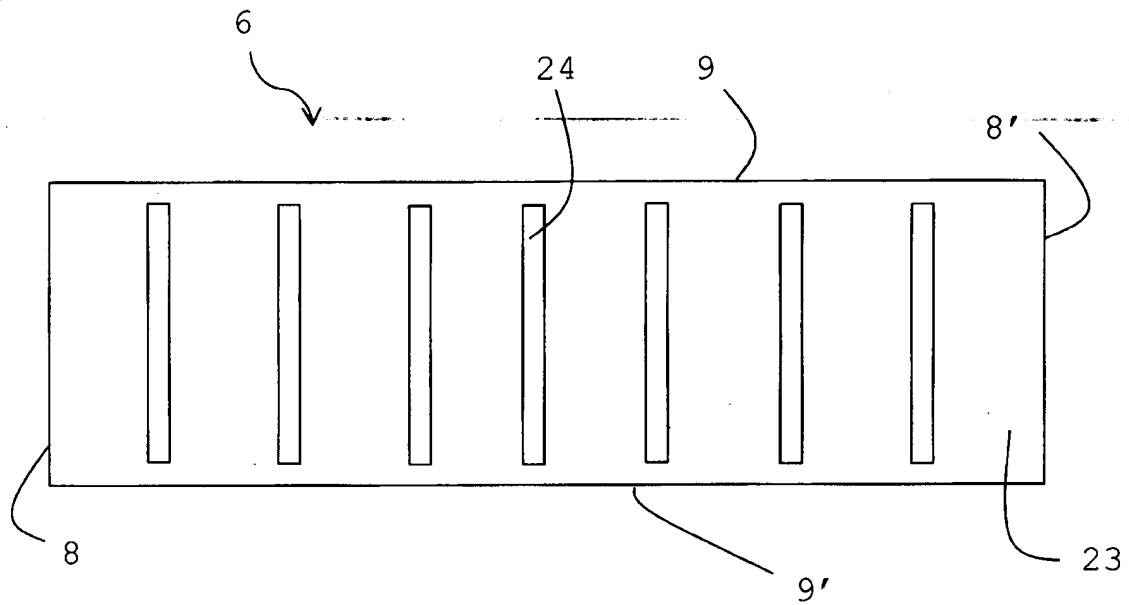


Fig. 9A

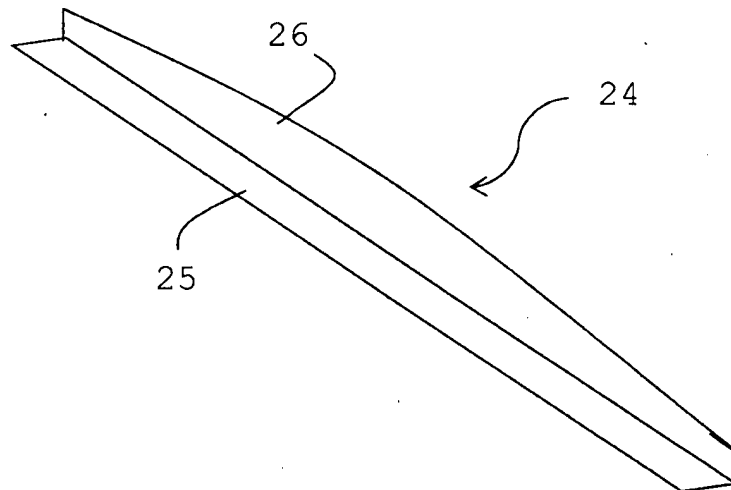


Fig. 9B