



(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 33843 B1** (51) Cl. internationale : **F24J 2/10; G02B 5/10**

(43) Date de publication :
03.12.2012

(21) N° Dépôt :
34998

(22) Date de Dépôt :
25.06.2012

(30) Données de Priorité :
30.12.2009 ES P200902422

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
PCT/ES2010/000529 29.12.2010

(71) Demandeur(s) :
**ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A., AVENIDA. DE LA BUHAIRA 2. 41018
- SEVILLA (ES)**

(72) Inventeur(s) :
NUÑEZ BOOTELLO, Juan Pablo

(74) Mandataire :
CABINET PATENTMARK

(54) Titre : **CAPTEUR SOLAIRE CYLINDRO-PARAMETRIQUE AVEC RECONCENTRATEUR
SECONDAIRE OPTIMISE ET SA PROCEDURE DE CONCEPTION**

(57) Abrégé : L'invention concerne un collecteur cylindrique paramétrique à reconcentrateur secondaire optimisé et son procédé de conception, la géométrie du réflecteur primaire étant une évolution du concept du collecteur Helmet vers une courbe discontinue qui permet d'augmenter la concentration C/Cmax à plus de 0,52 et de réduire les charges de vent. La structure est optimisée pour supporter les différentes charges auxquelles le collecteur est soumis. Le centre de gravité du collecteur est proche de l'axe de rotation du collecteur. La géométrie du reconcentrateur secondaire est optimisée et l'efficacité de collecte du collecteur est de 100 %. Le reconcentrateur secondaire est obtenu par réflexion partielle du tube de verre qui maintient le vide dans le tube absorbeur.

**CAPTEUR SOLAIRE CYLINDRO-PARAMÉTRIQUE AVEC RECONCENTRATEUR
SECONDAIRE OPTIMISÉ ET SA PROCÉDURE DE CONCEPTION**

ABRÉGÉ

5 Capteur cylindro-paramétrique avec reconcentrateur secondaire optimisé et sa
procédure de conception, où la géométrie du réflecteur primaire est une évolution
du concept de capteur Helmet vers une courbe discontinue qui permet d'augmenter
la concentration C/C_{max} à plus de 0.52 ainsi que de réduire les charges de vent. La
structure est optimisée pour supporter les différentes charges auxquelles le capteur
est soumis. Le centre de gravité du capteur se rapproche de l'axe de rotation du
10 capteur. La géométrie du reconcentrateur secondaire est optimisée et l'efficacité de
captage du capteur est de 100 %. Le reconcentrateur secondaire est obtenu en
miroitant partiellement le tube en verre qui maintient le vide dans le tube absorbeur.
(Figure 3)

03 DEC 2012

CAPTEUR SOLAIRE CYLINDRO-PARAMÉTRIQUE AVEC RECONCENTRATEUR SECONDAIRE OPTIMISÉ ET SA PROCÉDURE DE CONCEPTION

5 Secteur technique de l'invention

L'invention relève du secteur technique de la technologie thermosolaire, plus précisément des systèmes à concentrateurs linéaires de type cylindrique.

Antécédents de l'invention

- 10 Le principe général de la technologie thermosolaire repose sur le concept de la concentration du rayonnement solaire pour chauffer un fluide caloporteur et générer de l'électricité.
- Le captage d'énergie solaire et sa concentration est l'un des plus grands défis dans le développement de centrales thermosolaires. Il existe principalement deux types
- 15 de technologies à concentrateurs : la concentration ponctuelle et la concentration linéaire. La concentration linéaire est plus facile à installer du fait qu'elle a moins de degrés de liberté, mais elle possède un moindre facteur de concentration et par conséquent les températures qu'elle peut atteindre sont inférieures à celles de la technologie à concentration ponctuelle.
- 20 Parmi les concentrateurs ponctuels, on distingue les concentrateurs à disque parabolique et les centrales à tour. Dans la technologie linéaire, le Concentrateur Cylindro-Parabolique (CCP) est le système de concentration le plus avancé et les nouveaux Capteurs Linéaires de type Fresnel (CLF) commencent maintenant à apparaître.
- 25 Les capteurs Fresnel sont composés d'un système primaire et d'un secondaire. Le primaire est formé d'une série de rangées parallèles de miroirs réflecteurs, plats ou légèrement incurvés, avec des structures mobiles qui sont celles qui se chargent d'émettre et d'orienter le rayonnement solaire vers le secondaire. Le rayonnement arrive à l'ouverture du secondaire et il est redirigé par des miroirs dans un "tube"
- 30 focal imaginaire qui est le lieu où est placé le tube absorbeur.
- Ce système secondaire est élevé au-dessus du champ de miroirs à plusieurs mètres de hauteur et il se charge de reconcentrer le rayonnement solaire qui est émis par le primaire et de le diriger vers un tube absorbeur.
- La technologie cylindro-parabolique est une technologie plus avancée et dont la
- 35 longue histoire démontre qu'elle est prête à être installée à grande échelle. Cette

technologie est implantée au niveau commercial depuis les années 80 et avec un comportement exceptionnel. Depuis cette époque, elle a bénéficié d'importantes améliorations au niveau des coûts et des rendements. Actuellement, 300 MWs sont en fonctionnement, 400 en construction et environ 6 GWs sont en promotion au niveau mondial.

Le fonctionnement de la technologie cylindro-parabolique repose sur le suivi solaire et la concentration des rayons solaires dans des tubes récepteurs de haute efficacité thermique localisés sur la ligne focale des capteurs cylindro-paraboliques. Dans ces tubes, un fluide transmetteur de chaleur, tel que l'huile synthétique, est chauffé à 400 °C approximativement par les rayons solaires concentrés. Cette huile est pompée à travers une série d'échangeurs de chaleur pour produire de la vapeur surchauffée. La chaleur présente dans cette vapeur, se transforme en énergie électrique via une turbine à vapeur conventionnelle et un alternateur.

Les composants principaux du parc solaire de la technologie cylindro-parabolique sont :

- Le réflecteur cylindro-parabolique : La mission du réflecteur cylindro-parabolique est de réfléchir et de concentrer sur le tube absorbeur le rayonnement solaire direct qui tombe sur la surface. La surface spéculaire est obtenue au moyen de films d'argent ou d'aluminium déposés sur un support qui lui confère la rigidité suffisante. Actuellement les matériaux de support les plus utilisés sont la tôle métallique, le verre et le plastique. Il est appelé réflecteur primaire.
- Le tube absorbeur : En général, le tube absorbeur comporte deux tubes concentriques séparés par une couche de vide. L'intérieur, où circule le fluide qu'on chauffe est métallique et l'extérieur en verre. Le fluide de travail qui circule dans le tube intérieur est différent selon la technologie. Pour de basses températures (< 200 °C) on utilise généralement de l'eau déminéralisée avec de l'Éthylène-Glycol alors que pour des températures plus élevées (200 °C $< T < 450$ °C) on utilise de l'huile synthétique. Les dernières technologies permettent la génération directe de vapeur en soumettant les tubes à une haute pression ou bien l'utilisation de sels comme fluide caloporteur.
- Le système de suivi du soleil : Le système de suivi le plus courant consiste en un dispositif qui fait tourner les réflecteurs cylindro-paraboliques du

"B"

3

capteur autour d'un axe longitudinal, de façon à ce que les rayons tombent toujours perpendiculairement à cet axe et parallèles à l'axe optique de la parabole.

- La structure métallique : La mission de la structure du capteur est de conférer de la rigidité à l'ensemble des éléments qui le composent.

5 Dans le cas du capteur cylindro-parabolique actuel, tous les rayons qui arrivent à la parabole dans l'angle d'incidence de conception, sont réfléchis dans le tube absorbeur. L'efficacité de captage de ce concentrateur, définie comme la fraction de puissance incidente dans l'angle d'acceptance du primaire, qui atteint le tube absorbeur est de 100 %. On peut vérifier que la concentration du capteur cylindro-
10 parabolique actuel est d'environ 26 soleils tandis que le second principe de la thermodynamique permet d'affirmer qu'il est possible d'atteindre les 83 soleils. Cela signifie que, théoriquement, la concentration du capteur actuel pourrait encore être augmentée 3.19 fois en conservant le même angle d'acceptance.

15 Tout au long de l'histoire récente, il y a eu différentes tentatives pour augmenter la concentration des capteurs cylindro-paraboliques par l'utilisation de reconcentrateurs secondaires. Avec certaines de ces tentatives, il a été démontré qu'il est possible d'atteindre la concentration maximale avec une efficacité de captage de 100 % avec le reconcentrateur de type CPC (Compound Parabolic
20 Concentrator) pour récepteur tubulaire. Cependant, du point de vue pratique, ce reconcentrateur présente quelques inconvénients importants qui pénalisent son utilisation. Dans certains cas, le secondaire conjointement avec le tube absorbeur doivent être éloignés de la parabole primaire ; et dans d'autres, des géométries de secondaire complexes et difficiles à fabriquer sont produites. L'inconvénient le plus
25 importante, toutefois, est que le reconcentrateur doit être maintenu en contact ou très près du tube absorbeur ce qui oblige les concepteurs à localiser le reconcentrateur dans le tube en verre qui maintient le vide ou à se diriger vers des solutions sans vide et sans tube en verre, des concepts déjà testés dans quelques concentrateurs de type Fresnel. Quelque chose de similaire se produirait avec des
30 reconcentrateurs de type TERC (Tailored Edge Ray Concentrator).

L'utilisation de reconcentrateurs de type CPC ou de type TERC se justifie davantage, par conséquent, du point de vue de capteurs Fresnel sur lesquels le secondaire est statique et non lié mécaniquement au primaire, sur lesquels il est possible de se diriger vers de plus grandes séparations entre le primaire et le
35 secondaire et/ou sur lesquels il est possible d'isoler thermiquement l'ensemble sans

"B"

4

utiliser de vide en se servant, en partie, du reconcentrateur secondaire lui-même. D'autres avantages traditionnellement présentés en faveur du capteur Fresnel tiennent au fait que ce type de capteurs permettent de réduire le coût en structure, entre autres, en raison d'une réduction des charges de vent agissant sur les miroirs primaires après la discrétisation du primaire en tronçons plus petits et du fait que le rayonnement solaire arrive au tube sur tout son périmètre en réduisant les tensions thermiques auxquelles il est soumis.

Pour en revenir aux capteurs cylindro-paraboliques, une autre des améliorations et qui implique l'antécédent le plus proche de l'invention revendiquée, est une publication (Benitez et al., 1997) dans laquelle sont présentés deux nouveaux types de concentrateurs solaires pour récepteurs tubulaires, appelés "Snail concentrator" et "Helmet concentrator", dont la caractéristique principale est qu'il existe un espace ou trou entre le reconcentrateur secondaire et le tube absorbeur, ce qui permet d'exploiter le tube en verre pour miroiter une partie de son périmètre intérieur et de créer le reconcentrateur secondaire. L'une des différences entre le capteur Snail (ainsi nommé en raison de la forme d'escargot du reconcentrateur secondaire) et le capteur Helmet (ainsi nommé en raison de la forme de casque du secondaire) est que ce dernier est symétrique (comme les concentrateurs paraboliques conventionnels) alors que le premier ne l'est pas.

L'aspect différentiel et innovant de ces conceptions tient au fait que le réflecteur primaire n'est plus obligé d'avoir une géométrie parabolique ; mais le procédé n'est pas décrit (tout du moins les inventeurs ne l'ont pas localisé) pour concevoir la nouvelle géométrie et la rendre plus efficiente.

En ce sens, Benitez et al. signalent dans leur article "Contactless two-stage concentrators for a tubulaire absorber" qu'avec le capteur de type Helmet il est possible d'atteindre C/C_{max} de l'ordre de 72.8 % pour une acceptation de primaire de $\pm 0.73^\circ$, une séparation entre le secondaire et le tube absorbeur de 12.1 fois le rayon du tube absorbeur, un semi-angle d'ouverture de $\pm 86.2^\circ$, une efficacité de captage de 96.8 % et un nombre de réflexions moyen dans le secondaire de l'ordre de 0.40.

Du fait de l'expérience accumulée dans la construction de centrales à capteurs cylindro-paraboliques il est possible de prouver que la structure est l'élément qui pèse le plus du point de vue des coûts du capteur.

Le concept de capteur Helmet a un inconvénient qui est que, si nous ne réduisons pas le diamètre du tube absorbeur – ce qui est nécessaire pour garder sous

contrôle les pertes de charge du point de vue du procédé – l'augmentation précédemment mentionnée dans la concentration par rapport au capteur actuel implique une augmentation de l'ouverture du primaire. Si le réflecteur primaire commence à gagner en ouverture, la dépense dans la structure du capteur est pénalisée, car les charges de vent commencent à devenir si grandes que l'optimisation économique indique qu'il est nécessaire de passer à une solution avec primaire discrétisé ou de type Fresnel. De plus, dans les conditions antérieures, le concept Helmet, même en ayant des semi-angles d'ouverture semblables aux semi-angles actuels, implique l'augmentation de la séparation actuelle entre le tube absorbeur et le réflecteur primaire, ce qui revient à pénaliser une seconde fois la structure du capteur.

Ainsi, la présente invention est centrée sur le développement d'un capteur cylindrique paramétrique qui, partant du concept Helmet le fait évoluer, par l'optimisation de la géométrie du réflecteur primaire, en s'éloignant de la géométrie parabolique conventionnelle actuelle, mais en conservant les exigences de structure et avec un coût similaire ou inférieur au coût actuel.

Description de l'invention

La présente invention concerne un concentrateur linéaire qu'on appellera, désormais, concentrateur cylindro-paramétrique et qui dispose d'un reconcentrateur secondaire optimisé.

Il s'agit d'un capteur solaire innovant et symétrique formé d'un miroir primaire à géométrie optimisée optiquement pour maximiser la concentration totale, d'un reconcentrateur secondaire et d'un tube absorbeur.

La géométrie du réflecteur primaire est une courbe discontinue qui permet d'augmenter la concentration C/C_{max} à plus de 0.52 – de 65 % supérieure à la concentration actuelle – et de réduire les charges de vent. La structure est optimisée pour supporter les différentes charges auxquelles le capteur est soumis, de plus, le centre de gravité du capteur est situé très près de l'axe de rotation du propre capteur.

La géométrie du reconcentrateur secondaire est optimisée et l'efficiencia de captage du capteur est de 100 %. Le nombre de réflexions moyen dans le secondaire est minimisé et inférieur à 0.15.

Le procédé de conception du capteur est décrit pas à pas dans la réalisation détaillée de l'invention.

Le réflecteur primaire est discontinu et il est constitué de deux ou plusieurs tronçons – deux d'entre eux paramétriques et symétriques et un autre tronçon parabolique avec une ou plusieurs sections, situé centralement entre les tronçons paramétriques antérieurs, - et avec un semi-angle d'ouverture similaire à celui du capteur cylindro-parabolique actuel. La discontinuité génère une petite perte dans la concentration nette de 1 ou 2 points en pourcentage par rapport au cas où il n'y aurait pas de discontinuité et qui sera d'autant plus grande que le tronçon parabolique se rapprochera du tube absorbeur. En contrepartie, l'efficacité de captage du capteur est maintenue à 100 %, la distance moyenne des points du réflecteur primaire jusqu'au centre du tube absorbeur est réduite de 15 % par rapport au cas où il n'y aurait pas de discontinuité, et le nombre moyen de réflexions dans le secondaire est minimisé.

Le corps central de la structure du capteur est ajusté dans ladite discontinuité ce qui permet de rapprocher le tube absorbeur de la structure, de réduire les charges de vent et de rapprocher le centre de gravité du capteur de l'axe de rotation du propre capteur. Éventuellement, on peut compenser l'effet de la double réflexion par une augmentation de l'acceptance de conception du capteur en sacrifiant quelque peu le gain en ouverture.

Le tronçon parabolique peut être divisé, si l'on considère que c'est plus approprié, en plusieurs tronçons créant un plus grand nombre de discontinuités.

Le reconcentrateur secondaire est fabriqué en miroitant une partie du tube en verre qui conserve le vide du tube absorbeur et assure que tous les rayons arrivent bien au tube à vide.

Le tube à vide comprend un tube intérieur de forme circulaire ou non circulaire, généralement en acier, et avec un revêtement absorbant sélectif qui maximise l'absorption de la lumière solaire et minimise son émissivité par température, et par un tube en verre partiellement miroité de géométrie circulaire ou non circulaire et optimisée optiquement pour augmenter la concentration de la lumière du soleil dans le tube en acier. Dans la partie non miroitée le tube en verre aura un revêtement anti-réfléchissant qui optimisera l'absorption de la lumière solaire. Le tube récepteur dans son ensemble aura une double fonction : il fonctionnera comme tube récepteur et comme reconcentrateur secondaire. Les deux tubes qui le constituent pourront être ou ne pas être coaxiaux et il pourra y avoir ou ne pas y avoir de vide entre eux. Le tube intérieur sera dimensionné pour accepter n'importe quel rang de pressions de fonctionnement, il sera constitué par des matériaux métalliques, ou des alliages,

ou des cermets, ou des matériaux aux propriétés fonctionnellement graduées FGMs ou d'autres de telle façon que le fluide caloporteur qui circule à l'intérieur du tube puisse être n'importe quel fluide : huile, eau, CO₂, sels, liquides ioniques ou autres. Par conséquent, le concept présenté cumule les avantages des deux capteurs

5 linéaires par excellence tels que :

- une efficacité optique élevée durant toute la journée solaire,
- l'augmentation de l'ouverture du réflecteur primaire et de la concentration,
- la réduction des charges de vent et du coût en structure du capteur par m² d'ouverture,
- 10 • amélioration du comportement face au stress thermique du fait que le tube absorbeur est illuminé sur tout son périmètre,
- une réduction des pertes thermiques du capteur, non seulement en raison d'une augmentation dans la concentration, mais aussi parce que le tube absorbeur cesse de regarder le ciel dans son échange rayonnant sur sa
- 15 • et la possibilité d'augmenter la température de travail du capteur et l'efficacité du bloc de puissance avec génération directe de vapeur ou avec de nouveaux fluides caloporteurs.

20 Description des dessins

Pour compléter la description, on joint un jeu de dessins où, avec un caractère illustratif et non limitatif, on a représenté ce qui suit :

Figura 1. Capteur Snail. État de la technique

Figura 2. Capteur Helmet. État de la technique

25 Figura 3. Concentrateur cylindro-paramétrique de l'invention

Figura 4. Tube absorbeur amélioré

Figura 5. Détail du tracé des rayons sur le reconcentrateur secondaire

Les éléments qui sont mentionnés dans les références représentent :

1. Réflecteur primaire
- 30 2. Reconcentrateur secondaire
3. Récepteur (tube en verre + tube absorbeur)
4. Rayonnement solaire
5. Reconcentrateur secondaire optimisé
6. Tube absorbeur
- 35 6'. Tube en verre

7. Corps central de la structure
8. Tronçon parabolique du réflecteur primaire de l'invention
9. Tronçons paramétriques du réflecteur primaire de l'invention
10. Zone miroitée

5

Réalisation détaillée de l'invention

La présente invention concerne un concentrateur solaire cylindro-paramétrique avec reconcentrateur secondaire optimisé.

La figure 1 et la figure 2 reflètent l'état de la technique considéré par les inventeurs
10 comme le plus proche de l'invention revendiquée. La figure 1 montre un capteur Snail et la figure 2 un capteur Helmet. Dans les deux cas le secondaire (2) se situe en dehors du récepteur (3) et au-dessus de lui. Dans le concentrateur Snail (figure 1) une géométrie en spirale est adoptée qui fait que les rayons du soleil (4) sont redirigés vers le récepteur (3). Dans le capteur Helmet (figure 2) le réflecteur
15 primaire (1) est discontinu et symétrique, laissant un trou ou espace libre intermédiaire et où est placé le secondaire (2) toutefois plus proche du récepteur (3) également pour que les rayons (4) soient redirigés sur lui.

La figure 3 montre le capteur de l'invention. La géométrie du réflecteur primaire est de type discontinu, ce qui implique l'existence d'un ou plusieurs trous ou espaces
20 et/ou discontinuités le long de ce dernier. Ledit récepteur est symétrique et avec une géométrie qui n'est pas parabolique sur toute sa longueur.

Concrètement, la géométrie du réflecteur primaire de l'invention dispose d'un premier tronçon parabolique (8), plus proche du tube absorbeur (6) et d'un second tronçon paramétrique (9) divisé en deux parties symétriques.

25 Le procédé de conception du capteur est le suivant (voir figure 3) :

- Soit ϕ le semi-angle d'acceptance du rayonnement incident sur le réflecteur primaire (1), en premier lieu on trace la courbe lieu géométrique des points depuis lesquels il est possible d'émettre de la lumière confinée dans un angle d'ouverture θ égal à 2ϕ de telle façon que les rayons d'extrémité du faisceau de
30 lumière mentionné (4) soient tangents au tube absorbeur (6), l'un d'eux sans aucune réflexion sur le reconcentrateur secondaire (5) et l'autre après une unique réflexion sur le reconcentrateur mentionné (5). Le point d'extrémité (11) de cette courbe, la géométrie complète du reconcentrateur secondaire (5) miroité (10) et la position relative entre le tube absorbeur (6) et le tube en verre (6'), sont
35 obtenus en imposant la condition de symétrie et en rendant obligatoire que, pour

le point en question (11), tous les rayons (4) intermédiaires situés entre les rayons d'extrémité mentionnés atteignent le tube absorbeur (6) après une ou aucune réflexion sur le reconcentrateur secondaire (5).

- En second lieu, on trace la courbe qui, passant par le point (11) garantit que les rayons incidents perpendiculaires au front d'ondes incliné à un angle ϕ par rapport à l'horizontale dans le sens des aiguilles d'une montre, sont réfléchis tangents au tube absorbeur (6). Les deux courbes antérieures se coupent aux points (11) et (11') et définissent les limites de la courbe du tronçon paramétrique droite (9) du réflecteur primaire. Le tronçon paramétrique gauche du réflecteur primaire est le symétrique du précédent.

Ainsi, on parvient à définir une géométrie qui permet que 100 % des rayons incidents sur la courbe paramétrique, avec angle d'incidence compris dans les limites de l'acceptance de conception, soient réfléchis en atteignant le tube absorbeur.

- Le second tronçon de la géométrie du réflecteur primaire est un tronçon parabolique (8). Les deux points d'extrémité (12) du tronçon parabolique (8) réunissent trois conditions : ils sont symétriques, regardent le tube (6) avec une acceptance égale ou supérieure à celle de conception et ne bloquent pas le faisceau de lumière réfléchi par le point (11') et par son symétrique. Sur ces deux points se manifestent les discontinuités respectives dans la géométrie du primaire.

Le corps central de la structure (7) du capteur est ajusté auxdites discontinuités ce qui permet de rapprocher le tube absorbeur (6) de la structure (7), de réduire les charges de vent et de rapprocher le centre de gravité du capteur de l'axe de rotation du propre capteur.

Bien que dans la réalisation préférée le tronçon parabolique (8) soit unique, il pourrait être divisé à son tour en plusieurs tronçons en créant un plus grand nombre de discontinuités.

Le reconcentrateur secondaire optimisé (5) est fabriqué en miroitant une partie du tube en verre qui maintient le vide du tube absorbeur et assure que tous les rayons arrivent au tube de vide.

Sur la figure 4 on peut voir le tube récepteur qui comprend un tube intérieur (6) de forme circulaire ou non et avec un matériau et revêtement spécial pour maximiser l'absorption de la lumière solaire et minimiser son émissivité par température et par un tube en verre (6') partiellement miroité (10) avec une géométrie circulaire ou non

- circulaire et optimisée optiquement pour augmenter la concentration de la lumière du soleil sur le tube en acier (6). La partie miroitée (10) se situe sur la partie extérieure ou sur la partie intérieure du tube en verre (6'). Dans la partie non miroitée le tube en verre (6') possèdera un revêtement anti-réfléchissant qui optimisera l'absorption de la lumière solaire. Le tube récepteur dans son ensemble aura une double fonction : il fonctionnera comme tube récepteur et comme reconcentrateur secondaire optimisé (5). Les deux tubes (6, 6') qui le constituent pourront être ou ne pas être coaxiaux et il pourra y avoir ou ne pas y avoir un vide entre eux.
- 5
- 10 Le tube intérieur (6') sera dimensionné pour accepter n'importe quel rang de pressions de fonctionnement et son matériau sera tel que le fluide caloporteur qui circulera à l'intérieur du tube puisse être n'importe lequel : huile, eau, CO₂, sels, liquides ioniques.
- Sur la figure 5 on montre un tracé de rayons avec différents angles d'incidence compris dans les limites de l'acceptance de conception du primaire. La figure montre comment les rayons solaires (4) tombent sur le reconcentrateur secondaire (5) pour aller finir sur le tube absorbeur (6).
- 15
- Ce modèle de récepteur solaire est spécialement conçu pour des capteurs linéaires pour technologie thermosolaire, mais son éventuelle application dans d'autres domaines n'est pas exclue, comme la technologie photovoltaïque ou des applications de production d'eau chaude sanitaire ou de chaleur industrielle en procédant aux adaptations appropriées.
- 20

REVENDEICATIONS

1. Capteur solaire cylindro-paramétrique avec reconcentrateur secondaire optimisé évolution du capteur Helmet, formé par un réflecteur primaire discontinu et symétrique de géométrie non parabolique dans sa totalité et par la structure de support, **caractérisé parce que** :
- le réflecteur primaire discontinu comprend au minimum deux tronçons symétriques de géométrie paramétrique (9), un tronçon parabolique (8) situé centralement entre les tronçons paramétriques, le tronçon parabolique étant situé plus près du tube absorbeur (6) que les tronçons symétriques de géométrie paramétrique (9) ;
 - le reconcentrateur secondaire optimisé (5) qui fonctionne aussi comme tube récepteur et comme reconcentrateur secondaire et qui comprend un tube absorbeur intérieur (6) avec revêtement absorbant sélectif et un tube en verre extérieur (6') partiellement miroité (10), avec la partie miroitée se situant soit sur la partie extérieure soit sur la partie intérieure du tube en verre ;
 - le corps central de la structure (7) du capteur est ajusté dans la discontinuité qui se forme entre les tronçons symétriques du réflecteur primaire (9), le centre de gravité du capteur étant très proche de l'axe de rotation du propre capteur.
2. Capteur solaire cylindro-paramétrique avec reconcentrateur secondaire optimisé selon la revendication 1, **caractérisé parce que** le tronçon parabolique (8) est divisé en plusieurs sections indépendantes.
3. Capteur solaire cylindro-paramétrique avec reconcentrateur secondaire optimisé selon la revendication 1, **caractérisé parce que** la partie non miroitée du tube en verre (6') possède un revêtement anti-réfléchissant qui optimisera l'absorption de la lumière solaire.
4. Capteur solaire cylindro-paramétrique avec reconcentrateur secondaire optimisé selon la revendication 1, **caractérisé parce que** le tube absorbeur intérieur (6) et le tube en verre extérieur (6') ne sont pas coaxiaux.
5. Capteur solaire cylindro-paramétrique avec reconcentrateur secondaire optimisé selon la revendication 1, **caractérisé parce que** le tube absorbeur intérieur (6) et le tube en verre extérieur (6') sont de géométrie non circulaire.

6. Procédure de conception d'un capteur solaire cylindro-paramétrique comme celui décrit dans les revendications précédentes **qui comprend** les étapes suivantes :

- Soit ϕ le semi-angle d'acceptance du rayonnement incident sur le réflecteur primaire (1), en premier lieu on trace la courbe lieu géométrique des points depuis lesquels il est possible d'émettre de la lumière confinée dans un angle d'ouverture θ égal à 2ϕ de telle façon que les rayons d'extrémité du faisceau de lumière mentionné (4) soient tangents au tube absorbeur (6), l'un d'eux sans aucune réflexion sur le reconcentrateur secondaire (5) et l'autre après une unique réflexion sur le reconcentrateur mentionné (5) ; le point d'extrémité (11) de cette courbe, la géométrie complète du reconcentrateur secondaire (5) miroité (10) et la position relative entre le tube absorbeur (6) et le tube en verre (6'), sont obtenus en imposant la condition de symétrie et en rendant obligatoire que, pour le point en question (11), tous les rayons (4) intermédiaires situés entre les rayons d'extrémité mentionnés atteignent le tube absorbeur (6) après une ou aucune réflexion sur le reconcentrateur secondaire (5).
- En second lieu on trace la courbe qui, passant par le point (11) assure que les rayons incidents perpendiculaires au front d'ondes incliné à un angle ϕ par rapport à l'horizontale dans le sens des aiguilles d'une montre, soient réfléchis tangents au tube absorbeur (6) ; les deux courbes antérieures se coupent aux points (11) et (11') et définissent les limites de la courbe du tronçon paramétrique droit (9) du réflecteur primaire ; le tronçon paramétrique gauche du réflecteur primaire est le symétrique du précédent.
- Le second tronçon de la géométrie du réflecteur primaire est un tronçon parabolique (8) ; les deux points d'extrémité (12) du tronçon parabolique (8) réunissent trois conditions : ils sont symétriques, regardent le tube (6) avec une acceptance égale ou supérieure à celle de conception et ne bloquent pas le faisceau de lumière réfléchi par le point (11') et par son symétrique ; sur ces deux points (12) se manifestent les discontinuités respectives dans la géométrie du primaire.

"B"

1

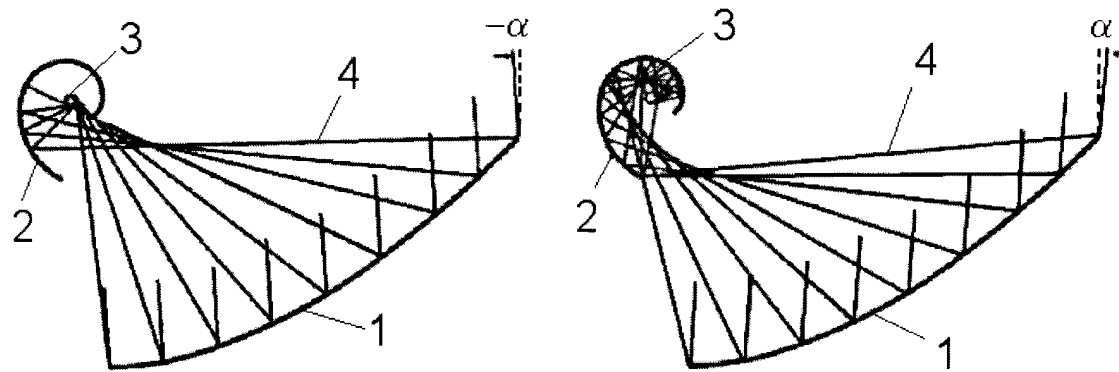


FIGURE 1
État de la technique

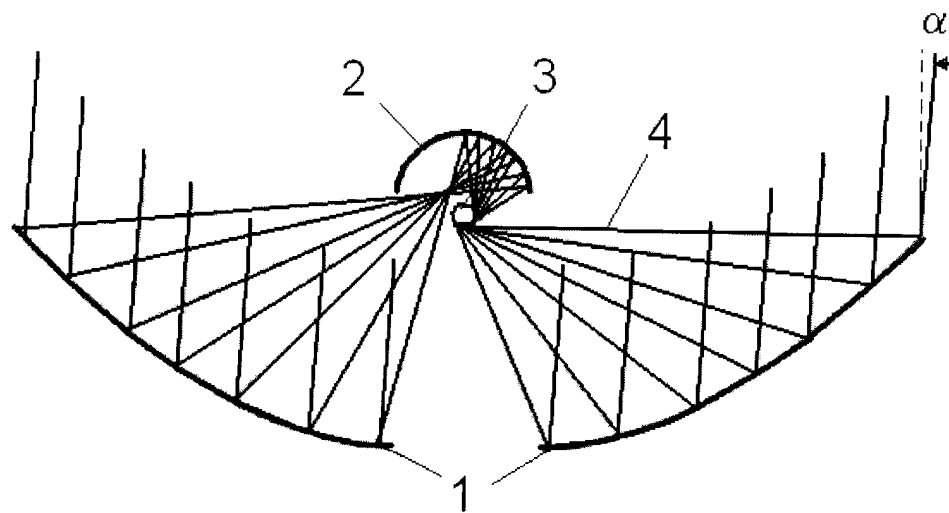


FIGURE 2
État de la technique

"B"

2

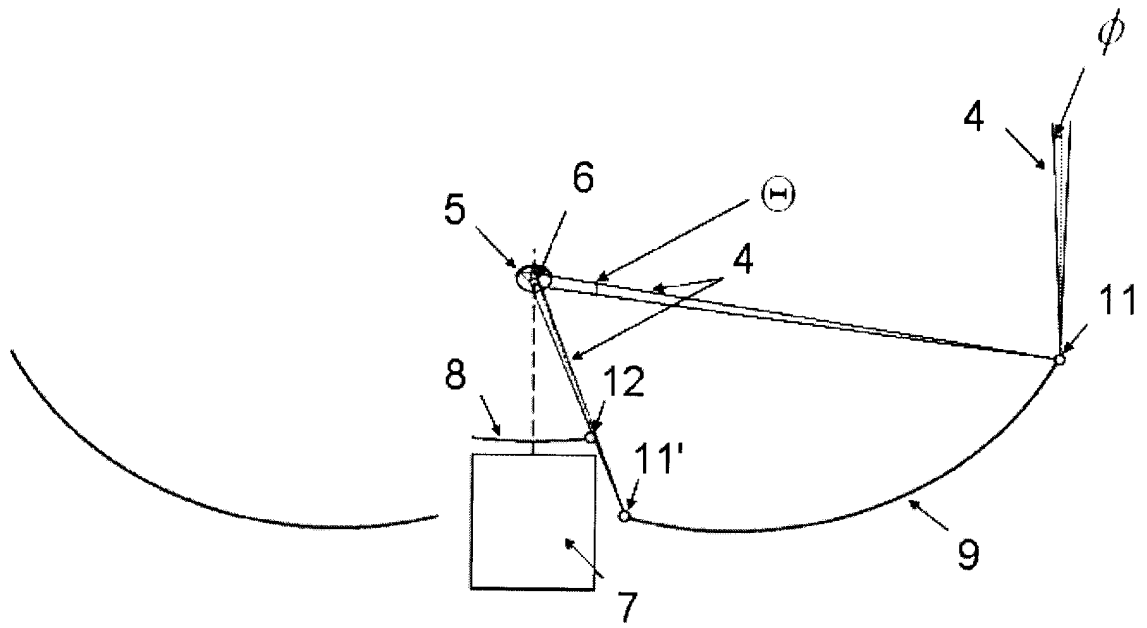


FIGURE 3

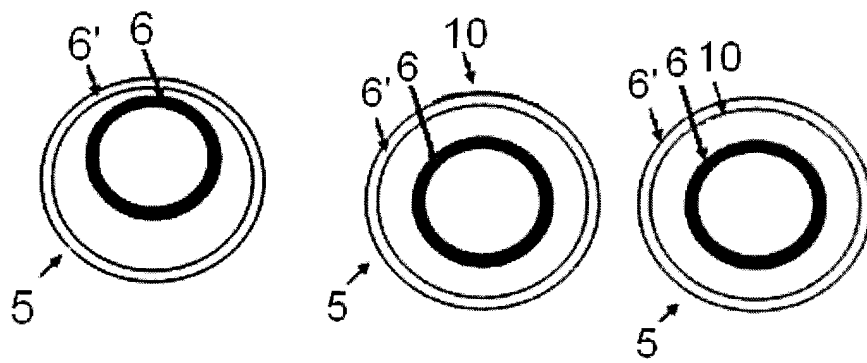


FIGURE 4

"B"

3

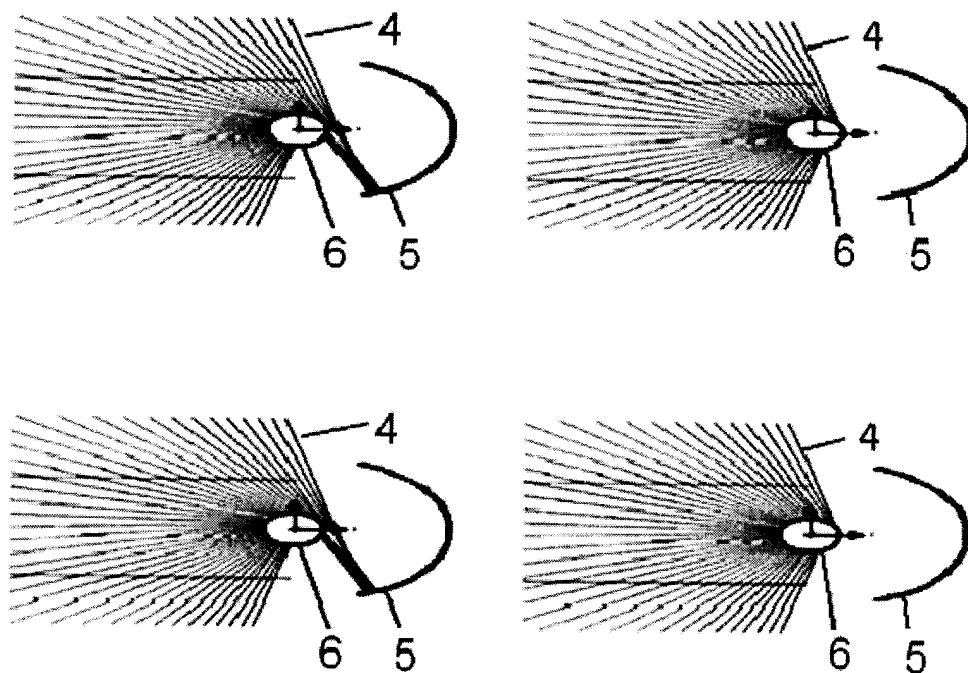


FIGURE 5

tb