



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 34947 B1** (51) Cl. internationale : **F24J 2/38; F24J 2/54; G05D 3/12**
- (43) Date de publication : **01.03.2014**

-
- (21) N° Dépôt : **36211**
- (22) Date de Dépôt : **02.09.2013**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/ES2011/070137 03.03.2011**
- (71) Demandeur(s) : **APLICACIONES RENOVABLES INTEGRADAS, S.L., c/Biología no. 12 Edificio Vilamar - 2ª planta Módulo 3 E-41015 Sevilla (ES)**
- (72) Inventeur(s) : **LÓPEZ GARRIDO, Julian ; ; MURCIA PACHECO, Emilio ; ; IÑESTA GONZÁLEZ, Daniel ; ; MURCIA PACHECO, Pedro José ;**
- (74) Mandataire : **ADM INTELLECTUAL PROPERTY**

-
- (54) Titre : **HÉLIOSTAT COMPRENANT UN AXE D'ACTIONNEMENT VISANT UNE CIBLE, CAPTEUR DE RÉFLEXION ET COMMANDE EN BOUCLE FERMÉE**
- (57) Abrégé : L'INVENTION CONCERNE UN HÉLIOSTAT COMPRENANT UN AXE D'ACTIONNEMENT VISANT UNE CIBLE, DEUX CAPTEURS SOLAIRES DE RÉFLEXION OU RÉFRACTION ET UN SYSTÈME DE COMMANDE EN BOUCLE FERMÉE, ET INDÉPENDANT DE LA SOLUTION DE L'OPTIQUE RÉFLÉCHISSANTE PRINCIPALE. LE PREMIER CAPTEUR SOLAIRE (14) DÉTECTE LA POSITION DU RAYON PRINCIPAL INCIDENT (22) PAR RAPPORT AU PLAN PRINCIPAL DE L'OPTIQUE (21), ALORS QUE LE DEUXIÈME CAPTEUR SOLAIRE (15) DÉTECTE LA POSITION DU RAYON PRINCIPAL RÉFLÉCHI (23) PAR RAPPORT AU PLAN D'ACTIONNEMENT (10). LE SYSTÈME DE COMMANDE EN BOUCLE FERMÉE EST ALIMENTÉ DE MANIÈRE RÉTROACTIVE PAR LES SIGNAUX DES DEUX CAPTEURS QUI COMPARENT À TOUT MOMENT LESDITS SIGNAUX ET COORDONNE LES ACTIONNEMENTS PRIMAIRE (4) ET SECONDAIRE (6) POUR OBTENIR À TOUT MOMENT L'ÉTAT DE VISÉE VERS LA CIBLE.

Abrégé

L'invention concerne un héliostat comprenant un axe d'actionnement visant une cible, deux capteurs solaires de réflexion ou réfraction et un système de commande en boucle fermée, et indépendant de la solution de l'optique réfléchissante principale. Le premier capteur solaire (14) détecte la position du rayon principal incident (22) par rapport au plan principal de l'optique (21), alors que le deuxième capteur solaire (15) détecte la position du rayon principal réfléchi (23) par rapport au plan d'actionnement (10). Le système de commande en boucle fermée est alimenté de manière rétroactive par les signaux des deux capteurs qui comparent à tout moment lesdits signaux et coordonne les actionnements primaires (4) et secondaires (6) pour obtenir à tout moment l'état de visée vers la cible.

34947B1
01 MARS 2014

Titre

**HELIOSTAT DOTÉ D'UN AXE D'ACTIONNEMENT POINTANT VERS L'OBJECTIF,
D'UN CAPTEUR A REFLEXION ET D'UN CONTRÔLE EN BOUCLE FERMÉE**

5 **Objet de l'invention**

L'invention a trait à un héliostat appartenant à une centrale solaire qui reflète les faisceaux de lumière qui y arrivent, doté d'un mécanisme de suivi solaire. Il s'agit d'une invention qui appartient, dans le cadre de la thermotechnique, au domaine de la production d'énergie à partir de la radiation solaire.

Cette invention n'a pas trait au type ou à la nature de la surface réfléchissante principale la supportant; cette surface pourra être plate, sphérique, parabolique, cylindrique, toroïdale, en quadrillage ou bien adopter toute autre configuration géométrique.

Cette invention ne spécifie pas l'exécution structurale définie du système mais englobe toutes les exécutions structurales respectant les conditions de mouvement et d'opération.

Etat de l'art

L'exploitation de l'énergie solaire comme source d'énergie a été réalisée par l'homme depuis l'antiquité. Le Soleil émet une grande quantité d'énergie dont une partie arrive sur la Terre sous forme de lumière et de chaleur. Depuis la moitié du XX^{ème} siècle on a fait des recherches pour essayer de transformer cette énergie en électricité ; on a donc conçu des plaques photovoltaïques qui produisent directement de l'électricité lorsque leur surface est convenablement activée par la lumière, ainsi que plusieurs types de collecteurs de chaleur qui concentrent des faisceaux de lumière sur une tuyauterie ou sur un récepteur central contenant un fluide et qui atteignent des températures suffisantes pour produire de grandes quantités de vapeur d'eau qui produit de l'électricité à travers une turbine, normalement dans un cycle de Rankine. C'est sur ce dernier type d'installation que porte cette invention.

Etant donnée la faible puissance spécifique par unité de surface de la radiation solaire, il est nécessaire de concentrer un grand nombre de faisceaux de lumière sur un même point afin d'exploiter cette énergie de façon adéquate, ce qui est réalisé de façon traditionnelle à l'aide de

5 miroirs orientés vers un réservoir ou sur une tuyauterie en guise de collecteur. Dans ce cas-ci, la radiation est faite par concentration indirecte puisque les rayons devront rebondir au préalable sur le miroir afin d'atteindre leur objectif.

L'état de l'art dispose de plusieurs systèmes brevetés internationalement qui visent à optimiser la concentration et l'exploitation de l'énergie solaire reflétée à l'aide de systèmes d'héliostats pour
10 la production d'énergie électrique, ainsi que d'accessoires et de compléments recueillis dans plusieurs codes du Classement International des Brevets.

La solution adoptée par le brevet publié sous le numéro ES 8100499 est une solution classique à axe vertical ou zénithal. Cette solution mécanique requière d'un contrôle et d'un actionnement
15 extrêmement précis et d'un calibrage initial complexe afin de maintenir le pointage durant une courte période de temps jusqu'au calibrage suivant. L'aberration astigmatique (phénomène non souhaité dans tous les objectifs lorsqu'on regarde à travers ceux-ci de façon oblique, et dans ce cas, la déformation de l'image reflétée du Soleil), tend à augmenter la taille apparente du Soleil en dehors des conditions d'opération optimales. Etant donné que le but est d'obtenir une image
20 du Soleil aussi petite que possible (concentration de l'énergie reçue), ce phénomène est indésirable. L'invention présentée apporte une solution à ces deux inconvénients puisque le système de contrôle en boucle fermée élimine le besoin de recalibrage continu et que, d'une façon constructive, l'aberration astigmatique est minimale dans des systèmes d'actionnement spin-levage.

25 Le brevet publié sous le numéro ES 2244339 propose une solution constructive différente de la configuration classique. Celui-ci, tout comme le brevet précédent, possède également un contrôle en boucle ouverte conditionné à de nombreux recalibrages du système qui, comme indiqué dans l'invention présentée, apporte une solution tout en ajoutant l'avantage de la réduction des coûts aussi bien dans le système de suivi que dans la maintenance.

30 Les premiers héliostats considérés comme éléments industriels furent conçus au début des années quatre-vingt pour des centrales expérimentales thermo-solaires à récepteur central, dans le but de prouver la viabilité de l'énergie solaire thermique dans les processus de production d'électricité à échelle industrielle. Le tableau 1 résume les projets réalisés grâce à l'initiative

internationale (Données, nom de l'installation, année d'installation, lieu d'installation, MWe de puissance électrique de l'installation, type d'héliostats installés, nombre d'héliostats et m²).

Nom	Année	Lieu	MWe	Type	N°/m ²
SSPS-CRS	1981	Almería	0.5	Martin-Marietta	93/3655
Eurelios	1981	Andrajo	0.7		182/6216
Sunshine	1981	Nio	0.8		807/12912
Themis	1982	Targassone	2.5		201/10800
Solar ONE	1982	Barstow	10	Martin-Marietta	1818/71447
CESA-1	1983	Almería	1	CASA y SEÑER	300/11880
SPP-5	1985	Crimen	5		1600/40000
WISS	1988	Rehovot	3	ASINEL	

5 Une fois les projets de démonstration finis, la plupart de ces centrales ont été fermées. Aux USA, la station Solar One a été remodelée et on a mis en marche dans le même champ d'héliostats la centrale solaire Solar Two qui a fonctionné jusqu'en avril 1999.

En Europe, seuls les champs d'héliostats correspondant aux centrales CRS et CESA-1 sont toujours en marche grâce à un accord de collaboration entre le gouvernement allemand et
10 espagnol, à travers la constitution de la Plateforme Solaire d'Almería (PSA).

La PSA opère toujours ces champs d'héliostats grâce à une grande diversité de projets menés à bout pendant ces dernières années. L'objectif de ces projets est de développer et d'évaluer les nouveaux composants solaires dans cette technologie, principalement les héliostats et les récepteurs solaires.

15 Aucun héliostat développé et appliqué dans ces centrales n'est semblable à celui présenté ici puisque ceux-ci se basent sur un mécanisme de suivi azimut-levage, tandis que celui présenté se base sur un mécanisme de rotation autour de l'axe de pointage et de levage.

Le système azimut-levage est composé d'un axe à tour vertical (constant) et d'un autre horizontal (qui tourne avec le premier) Ce montage implique des problèmes liés à l'optique dans
20 la réflexion, diminue la concentration solaire des rayons reflétés par le système et donc l'efficacité totale de la centrale solaire.

La différence essentielle de l'invention est la configuration des axes de tour qui permet, en plus, d'introduire le système de contrôle à boucle fermée.

5

L'invention décrite à la suite a été développée suite à plusieurs études et tests et à la compréhension des possibilités d'optimisation posées au préalable par plusieurs équipes de recherche.

- 10 L'objectif général de cette invention est le développement d'un dispositif d'économie dans son installation, minimisant les besoins et les frais de maintenance, exploitant au maximum la radiation solaire et facile et rapide à installer dans n'importe quelle situation.

Description de l'invention

- 15 Les dispositifs déjà existants reflètent l'énergie en provenance du soleil vers un objectif mais se retrouvent face à deux problèmes principaux :

Le système de contrôle est en boucle fermée puisqu'en raison de sa construction, ces dispositifs ne sont pas capables d'obtenir un signal indiquant dans quelle mesure ils se rapprochent ou éloignent de l'état de fonctionnement souhaité. Ceci est dû aux systèmes de contrôle coûteux,

- 20 outre une réduction de la précision.

L'énergie reflétée a un grand effet variable sur l'objectif avec le temps. Vu que l'angle avec lequel le Soleil se reflète sur l'héliostat varie beaucoup, l'optique de réflexion est touchée en variant la forme dans laquelle l'énergie reflétée a un effet sur l'objectif à long terme, pouvant même doubler la taille de la zone d'incidence des rayons reflétés.

- 25 L'invention proposée pour satisfaire les objectifs visés et pour résoudre ces problèmes consiste en un dispositif composé d'un héliostat qui reflète la radiation solaire avec une erreur astigmatique minimale (phénomène expliqué ci-dessus) en fonction du temps et dont l'opération est réalisée avec une configuration différente de celles déjà existantes, avec un contrôle en boucle fermée.

- 30 Tout cela est possible grâce à la cinétique du système substantiellement différente des dispositifs précédents.

De la même façon que dans ces dispositifs, le système est doté de deux tours orthogonaux tout le long des deux axes de tour dont l'un d'entre eux, le primaire, est fixe dans l'espace et l'autre, le secondaire, varie sa position en fonction du tour autour de l'axe primaire.

En revanche, dans l'invention proposée, l'axe primaire pointe vers l'objectif à tout moment et donc l'axe primaire contient l'objectif. Cette configuration est dénommée pointage vers l'objectif. Le plan composé par l'axe primaire et le Soleil est le plan de réflexion puisque c'est sur ce plan que se reflète l'énergie solaire vers l'objectif. L'axe secondaire est l'axe perpendiculaire au plan de réflexion.

Cette condition géométrique, dans laquelle le plan perpendiculaire à l'axe secondaire doit contenir le Soleil et donc les rayons en provenance du Soleil demeurant perpendiculaires à l'axe secondaire, permet de diminuer l'erreur astigmatique. La façon de le faire rentre dans le domaine d'application référé à la surface réfléchissante et vu qu'il est en dehors de la portée de ce brevet, on n'approfondira plus sur cette question.

La condition géométrique visée au paragraphe précédent est utilisée également pour obtenir le premier des deux signaux qui permettent le contrôle en boucle fermée. Pour cela, on placera un pointeur ou capteur solaire à l'extrémité extérieure de la surface réfléchissante et contenu sur le plan perpendiculaire à l'axe secondaire. Ce capteur solaire fournit un signal qui indique si le Soleil se trouve d'un côté ou d'un autre du plan perpendiculaire à l'axe secondaire. Ce signal permet de savoir si le tour de l'axe primaire est adéquat pour refléter l'énergie solaire sur l'objectif.

Le but final de l'invention est de refléter l'énergie vers l'objectif, et donc l'énergie reflétée se déplacera vers l'objectif selon la direction indiquée par l'axe primaire. Cela implique que le rayon principal reflété se trouve simultanément sur deux plans perpendiculaires et cela indique géométriquement que cette direction est celle de la ligne droite formée par l'intersection des deux plans.

Le premier capteur présenté vérifie la première de ces deux conditions. La deuxième condition implique que le rayon principal reflété se trouve contenu dans le plan composé par l'axe primaire et l'axe secondaire. Le plan composé par l'axe primaire et secondaire est le plan d'actionnement.

Il existe deux méthodes pour vérifier que la deuxième condition est respectée :

Mesure directe : on place un capteur sur le chemin de l'énergie reflétée sur l'objectif. On intercepte une petite quantité d'énergie parmi celle destinée à atteindre le récepteur afin de vérifier que le pointage est correct.

Mesure indirecte : on dévie une petite quantité de l'énergie destinée à atteindre le récepteur dans le sens inverse et de façon parallèle à sa direction de déplacement à l'aide d'un système optique.

5

Cette énergie sera vérifiée par le capteur.

Il existe deux types de système optique :

Réfléchi : il reflète l'énergie incidente au moyen d'une surface réfléchissante secondaire qui forme un angle de 90° avec la surface réfléchissante de l'héliostat. Par géométrie basique, l'angle
10 composé par les directions principales d'énergie reflétée par le système de réflexion principale et celui secondaire à 180° . Ce système est représenté dans la figure 10.

Holographe : il capture une partie de l'énergie incidente à l'aide d'une surface avec un traitement optique spécial qui forme derrière lui une image virtuelle du Soleil qui indique le moment d'arrivée de l'énergie reflétée au récepteur ou bien si le système n'est pas correctement aligné.

15 Afin de compléter le système de mesure, on placera sur l'axe primaire, derrière le système optique, un capteur égal à celui contrôlant la première condition, avec un plan de référence parallèle à celui formé par l'axe primaire et l'axe secondaire.

L'ensemble des éléments décrits et la stratégie de mouvement et de contrôle configurent l'invention objet de ce document.

20 Afin de mieux comprendre ce qui vient d'être exposé, on éclaircira tous les termes utilisés qui seront illustrés à l'aide d'images.

Description des dessins

Premièrement, on énumèrera et développera une série de termes avec leur signification et qui sont représentés à l'aide d'une série de figures.

- 25
- Energie solaire : énergie rayonnante qui provient du Soleil et qui arrive à la surface terrestre avec une intensité et une composition spectrale caractéristiques.
 - Héliostat : Miroir à grande distance focale, doté d'un mouvement dans deux axes et dont la mission est de refléter, concentrer et maintenir d'une façon statique l'image du Soleil sur un point déterminé tout au long de la journée.
- 30
- Champ d'héliostats : Dénommé également concentrateur primaire ou champ solaire : il s'agit d'un ensemble d'héliostats placés sur un terrain délimité dont la mission est de fournir de l'énergie rayonnante à un objectif ou récepteur.

- Récepteur solaire ou objectif : Dispositif interceptant et absorbant la radiation solaire fournie par un champ d'héliostats pour la transférer à l'aide d'un échangeur de chaleur au bloc de puissance de la centrale.
- 5 - Centrale thermosolaire à récepteur central : centrale de production d'énergie électrique basant sa stratégie d'opération sur l'apport de chaleur à un cycle thermodynamique conventionnel déterminé, au moyen de la concentration du rayonnement solaire par un nombre élevé d'héliostats sur un seul récepteur.
- Rayon principal incident : il provient du centre du disque solaire et coupe sur le point central de l'optique de l'héliostat.
- 10 - Rayon principal reflété : provient du point moyen central de l'optique de l'héliostat et est le résultat de la réflexion du rayon principal incident sur l'héliostat.
- Capteur solaire ou pointeur solaire : Dispositif qui est capable de discriminer la position du Soleil par rapport à un plan de référence à l'aide de phénomènes optiques, photovoltaïques, thermiques ou de toute sorte, et qui permet de savoir si le Soleil est d'un
- 15 côté ou d'un autre de celui-ci, dans le but de faire coïncider ce plan de référence avec la position du Soleil (condition de pointage).
- Système optique : dispositif installé sur l'héliostat dont le but est de dévier une petite partie de l'énergie incidente de façon à ce qu'il soit possible de contrôler grâce à celle-ci et à travers un capteur solaire, l'incidence du reste de l'énergie reflétée sur le récepteur
- 20 solaire ou l'objectif.
- Première condition ou condition 1 : Le plan perpendiculaire à l'axe secondaire doit contenir le Soleil. Il s'agit de l'une des deux conditions géométriques visant à ce que le rayon principal reflété se dirige correctement vers l'objectif, et cela est obtenu dans cette invention à travers une rotation adéquate de l'axe primaire.
- 25 - Capteur de condition 1 ou capteur 1 : Capteur solaire qui informe sur le respect de la condition 1.
- Deuxième condition ou condition 2 : Peut être énoncée de la façon suivante : « le rayon principal reflété est contenu dans un plan formé par l'axe primaire et l'axe secondaire ». Il s'agit de l'une des deux conditions géométriques visant à la réflexion correcte du rayon
- 30 principal vers l'objectif et cela est obtenu dans l'invention proposée à travers une rotation adéquate de l'axe secondaire.
- Capteur de condition 2 ou capteur 2 : Capteur solaire qui informe sur le respect de la condition 2.

- Rayon secondaire incident : provient du centre du disque solaire et coupe sur le point central du système optique.
- Rayon principal dévié : provient du point central du système optique et résulte de la réflexion du rayon secondaire incident.
- 5 - Plan de réflexion : contient le rayon principal incident et le rayon principal reflété.
- Axe primaire : axe à tour de l'héliostat qui demeure fixe dans l'espace pendant son opération et par rapport auquel tourne l'ensemble mobile.
- Plan principal de l'optique : plan de symétrie de la surface réfléchissante qui contient lui-même l'axe primaire.
- 10 - Axe secondaire : axe à tour de l'héliostat, orthogonal à l'axe primaire et au plan principal de l'optique.
- Axe optique d'un héliostat : ligne droite virtuelle qui passe par le centre de l'optique, coupe orthogonalement l'axe secondaire de l'héliostat et est contenu dans le plan principal de l'optique.
- 15 - Plan d'actionnement : plan contenant l'axe primaire et l'axe secondaire.
- Monture horizontale : dispositif mécanique d'orientation en deux axes d'un héliostat par rapport à un système topocentrique de coordonnées horizontales dénommées azimut et hauteur. Le plan fondamental est l'horizon de l'observateur et le point fondamental est le Nord véritable. L'orientation de l'héliostat, en fonction de l'évolution diurne du Soleil
- 20 dans ce même système de coordonnées, est obtenue à l'aide de tours azimutaux (arcs d'horizon depuis le point fondamental) et de hauteur ou zénithaux (arcs orthogonaux au plan horizontal vers le zénith de l'observateur). L'axe mécanique de tour azimutal est orthogonal au plan de l'horizon et a une orientation fixe. En revanche, l'axe de tour zénithal est parallèle au plan de l'horizon et a orientation fixe en raison de l'existence
- 25 d'un lien mécanique entre les deux mouvements, qui provoque le « déplacement » de l'axe zénithal à chaque fois que le tour azimutal se produit.
- Monture spin-levage : Dispositif mécanique semblable quant à sa construction à la monture horizontale mais dont l'axe primaire n'est pas vertical puisqu'il s'oriente de façon à ce que cet axe pointe vers l'objectif ou récepteur solaire. Le système d'axes est également orthogonal dans ce cas, ce qui implique que l'axe secondaire demeure
- 30 perpendiculaire à l'axe primaire à tout moment. L'orientation de l'héliostat est obtenue, en fonction de l'évaluation diurne du Soleil, à l'aide de tours autour de l'axe primaire et de l'inclinaison par rapport à l'axe de pointage.

- 5 - Facettes : éléments spéculaires individuels dont se compose la surface réfléchissante de certains héliostats.
- Déclinaison : variation de la hauteur du Soleil sur l'équateur céleste lorsque la terre parcourt tout au long de l'année sa trajectoire (elliptique) autour du Soleil.
- 10 - Stratégie de pointage : procédé d'opération d'une centrale thermosolaire qui définit un ensemble de coordonnées sur le récepteur vers lequel doit pointer chacun des héliostats du champ afin d'obtenir la distribution d'énergie souhaitée sur celui-ci.
- Stratégie dynamique de pointage : il s'agit d'une stratégie de pointage dans laquelle les coordonnées changent sur le récepteur avec le temps et suivent certains critères de contrôle.

15 Afin de compléter la description suivante et dans le but d'aider à une meilleure compréhension des caractéristiques de l'invention, on réalisera une description détaillée d'une réalisation préférentielle basée sur plusieurs dessins annexés à cette description, avec un caractère purement indicatif et non limitatif, qui représentent ce qui suit :

20 La figure 1 montre une centrale thermosolaire à récepteur central pouvant utiliser l'héliostat de l'invention. On peut également observer les éléments principaux de la centrale tels que la tour (13) où se situe le récepteur (11), les héliostats et d'autres installations annexes.

25 La figure 2 montre une vue en perspective arrière de la monture « horizontale » d'un héliostat. On observe dans cette figure un axe zénithal (9) qui coïncide dans ce cas avec l'axe primaire (3) et l'axe secondaire (5), horizontal dans ce cas. Cette configuration est la plus habituelle des configurations monoposte où la structure est supportée par un piédestal (7), où l'on observe également un élément commun à n'importe quel héliostat : le dispositif de contrôle.

30 La figure 3 montre une vue en perspective arrière d'une monture « spin-levage » d'une variante de l'héliostat de l'invention. Cette configuration est plus semblable à la configuration de monture « horizontale ». On soutient le poids de la structure à l'aide d'un piédestal (7) et elle est dotée également d'un dispositif de contrôle (8). Dans cette monture, l'axe primaire (3) varie son inclinaison et son orientation en fonction de la position relative à l'objectif (11). L'axe secondaire (5), qui se trouve en position horizontale, varie sa position dans un plan perpendiculaire à l'axe primaire (3). On observe également dans la figure les points de tour dans lesquels on règle l'inclinaison et l'orientation de l'axe primaire, dans le mécanisme d'union du piédestal (7) et de l'axe primaire (3).

La figure 4 montre une perspective de l'héliostat objet de l'invention dans une configuration générale. Il faut souligner que l'on y observe clairement l'axe primaire (3) et secondaire (5) ainsi qu'une façon de les actionner à l'aide d'un actionnement primaire (4) et secondaire (6). Elle représente également un système de contrôle (8) commun à tous les héliostats. Au centre de la surface réfléchissante se situe le système optique (17) devant le capteur de la condition 2 (15) qui fait partie, avec le capteur de la condition 1 (14) représenté dans la figure suivante, du système de captation nécessaire au contrôle en boucle fermée.

La figure 5 montre une vue latérale et une vue frontale de l'héliostat. Dans cette figure, en plus des éléments de la figure précédente tels que l'axe primaire (3), l'actionnement primaire (4), l'axe secondaire (5), l'actionnement secondaire (6) et le système de contrôle (8), on peut observer d'autres éléments. La surface réfléchissante (1) est montée sur le support mobile (2) et sur celui-ci se situe également le capteur de la condition 1 (14) sur une extrémité.

La figure 6 montre une vue du plan de réflexion. On observe dans cette vue les caractéristiques principales de la réflexion d'énergie solaire en position correcte de pointage. La surface réfléchissante (1) est orientée selon l'axe optique (18). Le rayon principal incident (22) et le rayon principal reflété (23) composent à chaque moment un angle γ' avec l'axe optique (18), conséquence directe de la loi de réflexion. Le rayon principal reflété (23) est le résultat de la réflexion du rayon principal incident (22) en provenance du Soleil (12) qui est reflété par la surface réfléchissante (1) ; afin que celui-ci atteigne l'objectif (11) situé sur la tour (13), il devra être coïncidant avec l'axe principal (3) et donc le système sera actionné à l'aide de l'axe principal (3) et secondaire (5) Bien que dans cette figure il ne soit pas représenté, le plan principal de l'optique (21) et le plan de référence du capteur de la condition 1 seront situés sur le plan de réflexion afin de respecter la condition 1.

La figure 7 montre de façon schématique et en perspective, la géométrie spatiale sur laquelle se base l'invention. Dans cette configuration on respecte les deux conditions de pointage permettant au rayon principal reflété (23) d'atteindre l'objectif (11). Cette représentation éclaire la participation de certains éléments qui n'apparaissent pas sur la figure précédente, tels que le plan d'actionnement (10).

La figure 8 est un tracé de la figure 6. Cette figure et les deux précédentes finissent d'éclaircir la position spatiale de tous les éléments intervenant dans la réflexion.

La figure 9 représente d'une façon détaillée une configuration possible du capteur 1 (14). Ce capteur est composé d'une surface opaque (24) comme représentation physique du plan de référence et de deux surfaces sensibles (25) à l'énergie solaire incidente. La surface sensible (25) du côté où se trouve le Soleil (12) produira un plus grand signal (on peut observer la partie pointée où la surface sensible ne s'illumine pas), ce qui indique le non-respect de la condition 1. Au moment où le Soleil (12) se trouvera contenu sur le plan de la référence, les surfaces sensibles (25) généreront le même signal et on saura que la position par rapport au tour de l'axe principal est correcte.

La figure 10 représente d'une façon détaillée une configuration possible du système optique 8(17) du capteur 2 (15). Dans ce cas, le capteur 2 (15) est égal au capteur 1 (14) sauf qu'il varie uniquement sa position par l'action de l'axe primaire (3) et la surface opaque (24) demeure parallèle à cet axe. La surface opaque (24) demeure également parallèle à l'axe secondaire (5) et donc cette surface se situe sur le plan d'actionnement (10) qui est perpendiculaire au plan principal de l'optique (21) qui est un plan auquel est parallèle la surface opaque (24) du capteur 1 (14). La surface réfléchissante secondaire (26) tourne autour de l'axe secondaire (5) et réoriente le rayon principal dévié vers le capteur 2 (15). A cause du même phénomène que dans le capteur 1 (14), lorsque les surfaces sensibles produiront le même signal, le rayon principal dévié (19) sera parallèle à l'axe primaire (3) et donc le rayon principal reflété (23) sera également parallèle à cet axe et se dirigera donc vers l'objectif (11).

La figure 11 présente une vue du plan de réflexion, une fois la condition 1 respectée, et donc le Soleil et l'objectif seront sur le plan de réflexion. Cette figure montre la disposition du capteur 2 (15) et son système optique (17) lorsque le tour autour de l'axe secondaire (5) mène à l'accomplissement de la condition 2. Il convient de souligner que l'actionnement du tour autour de l'axe secondaire (5) modifie l'orientation sur le plan de la figure de tous les éléments de l'héliostat représentés à l'exception du capteur 2 (15).

Cela se passe ainsi puisque le capteur 2 (15) est situé ou uni à la pièce en T qui articule le mouvement selon l'axe secondaire (5) et il ne subit donc aucun mouvement autour de cet axe.

Il faut noter que les figures 1 à 3 correspondent au domaine d'application de l'invention, l'état de l'art et le besoin de l'invention, les figures 4 à 6 correspondent à la description structurale de l'invention, les figures 7 et 8 correspondent à l'explication du mode de fonctionnement de l'invention, tandis que les figures 9 à 11 sont un détail de la réalisation préférentielle des capteurs du système.

5

Dans ces figures, les références numériques correspondent aux parties et éléments suivants :

1. Surface réfléchissante.
2. Support mobile.
- 10 3. Axe primaire.
4. Actionnement primaire
5. Axe secondaire.
6. Actionnement secondaire.
7. Piédestal.
- 15 8. Dispositif de contrôle.
9. Axe zénithal.
10. Plan d'actionnement.
11. Objectif ou récepteur solaire.
12. Soleil.
- 20 13. Tour.
14. Capteur condition 1.
15. Capteur condition 2.
16. Sol.
17. Système optique.
- 25 18. Axe optique.
19. Rayon principal dévié.
20. Plan de réflexion.
21. Plan principal de l'optique.
22. Rayon principal incident.
- 30 23. Rayon principal reflété.
24. Surface opaque.
25. Surface sensible.
26. Surface réfléchissante secondaire.
27. Rayon secondaire incident.

5

Réalisation préférentielle de l'invention

La figure 1 montre une centrale thermosolaire à récepteur central où l'on a représenté au détail la zone de la tour dans laquelle se situe le récepteur solaire.

10 La figure 2 montre le montage conventionnel d'un héliostat. Il faut observer comment l'axe primaire (3) s'introduit dans le piédestal (7) tandis que l'axe secondaire (5) est déplacé par l'axe primaire lui-même (3).

La solution proposée passe par incliner l'axe primaire afin qu'il pointe vers l'objectif (11).

La réalisation préférentielle est représentée dans la figure 3 où l'on observe que le système est
 15 doté d'une structure fixe composée d'un piédestal (7) qui peut être en acier ou en béton et d'un axe principal (3) réglable en levage et en orientation horizontale pour pointer vers l'objectif (11). Ce réglage est réalisé pour chaque héliostat et en une seule occasion lorsque le système est installé puisque c'est grâce à ce réglage initial que l'axe principal (3) demeure fixe dans l'espace tout au long du temps. Il est doté également d'une surface réfléchissante (1) qui s'appuie sur un
 20 support mobile (2) empêchant la déformation de cette surface et qui permet le mouvement à travers lequel la réflexion de l'énergie solaire atteint le récepteur. Ces mouvements sont produits par un système d'actionnement composé de deux actionneurs indépendants (4) et (6) dont l'actionneur principal (4) est un actionneur linéaire – dans cette réalisation préférentielle et sans caractère limitatif – tandis que l'actionneur secondaire est un actionneur rotatif, tous deux
 25 permettant le pointage de l'héliostat. Le système est complété par un ensemble de capteurs de réflexion (14) et (15) représentés dans les figures 9, 10, 11 et par un dispositif de contrôle qui fait que l'énergie reflétée par l'héliostat atteigne à tout moment le récepteur (11).

Le système base son fonctionnement sur un tour autour d'un axe fixe (axe principal (3)) qui pointe vers le récepteur solaire ou l'objectif (11).

30 Le second tour réalisé par l'héliostat pour pouvoir contrôler le pointage du système est réalisé selon un axe perpendiculaire à l'axe principal dénommé axe secondaire (5).

La première condition de pointage devant être respectée par le système est que le plan principal de l'optique (21) contienne le rayon principal incident (22) ou que le plan principal de l'optique

5

(22) coïncide avec le plan de réflexion (20). Dans les figures 6 à 8 cette condition est respectée et le plan du dessin, dans le cas de la figure 6, est le plan principal de l'optique (21).

Dans le cas où cette condition ne serait pas respectée, le rayon principal reflété serait dévié par rapport à l'objectif (11).

10 Cette condition est remplie à travers l'actionnement primaire (4) placé selon l'axe primaire (3). La deuxième condition est que le rayon principal reflété (23) soit parallèle à l'axe primaire (3). Cette condition est atteinte à travers l'actionnement secondaire (6) selon l'axe secondaire (5) et elle est uniquement possible si la première condition est satisfaite.

L'opération des deux actionnements suit une stratégie indépendante mais finalement les deux
15 conditions doivent être respectées.

Le système de capteurs détecte si ces conditions de pointage sont respectées ou pas et si elles ne sont pas respectées, il avertit le système de contrôle sur comment ces conditions ne sont pas respectées.

Le système est doté de deux types de capteurs qui mesurent si :

- 20
- Le plan principal de l'optique (21) contient le rayon principal incident (22).
 - Le rayon principal reflété (23) est parallèle à l'axe primaire (11).

La première de ces conditions est contrôlée par un capteur placé à l'intersection du plan principal de l'optique (21) et du bord extérieur de la surface réfléchissante (1) et détecte dans laquelle des deux zones spatiales définies par le plan principal de l'optique (21) se trouve le rayon principal
25 incident. Afin de rendre ce système plus clair, la figure 5 éclaircit la situation référée et la figure 9 présente une réalisation préférentielle de ce capteur.

La deuxième condition est contrôlée par un capteur placé selon l'axe principal qui détecte dans quelle zone de l'espace parmi celles définies par le plan d'actionnement (10) se trouve l'image du Soleil, après avoir été réadressée par un système optique (17) situé, comme réalisation
30 préférentielle, au centre de la surface réfléchissante (1) et devant le capteur de la condition 2 (15). Ce système est représenté dans la figure 10 où le détail est extrait de la zone centrale de la surface réfléchissante (1). Il y a ici un creux à travers lequel le rayon principal dévié se dirige vers le capteur de la condition 2 (15) qui est identique dans ce cas au capteur de la condition 1

5

(14) mais son plan opaque (24) – qui est le plan de référence - est orienté de façon parallèle au plan d'actionnement (10).

La figure 5 montre une réalisation préférentielle du point de vue constructif, dans laquelle on n'a introduit aucune restriction quant à l'orientation de l'objectif. L'héliostat objet de l'invention
10 comprend une surface réfléchissante (1) capable de tourner à l'aide d'un actionnement primaire (4) autour d'un axe géométrique primaire (3) uni à un support mobile (2) qui est capable de tourner autour d'un axe géométrique secondaire (5) perpendiculaire à l'axe géométrique primaire (3) à travers un actionnement secondaire (6). Ces deux actionnements (4) et (6) sont contrôlés par un dispositif de contrôle (8). L'ensemble est soutenu par un piédestal (7) dont la conception
15 permet le mouvement de la surface réfléchissante (1) et du support mobile (2) sans interférer avec le piédestal (7).

Dans une réalisation particulière, dénommée de montage monoposte et décrite dans la figure 3, on placera l'objectif (11) sur le récepteur d'une tour (13) et l'axe primaire (3) sera aligné de façon à traverser l'objectif (11).

20 Le système de capteurs permet de déterminer de façon indépendante le comportement des conditions de réflexion exprimées ci-dessus, ce qui fera que le système de contrôle à boucle fermée respecte constamment les conditions de réflexion par actionnement indépendant (les deux variables de contrôle ne sont pas liées ce qui facilite énormément le contrôle de l'invention).

La structure support mobile (2) est une structure réticulaire simple à sections longitudinales
25 perpendiculaires à l'axe d'actionnement et de support qui est l'axe secondaire (5). On peut observer un détail de la réalisation préférentielle dans la figure 3. L'axe secondaire (5) est une poutre à section circulaire actionnée par l'actionneur secondaire (6), actionneur linéal ; ce système tourne autour des orifices des anneaux de levage appartenant à une pièce T, l'axe de ce T (bras perpendiculaire à l'axe formé par le centre des anneaux de levage) étant l'axe primaire
30 (3). A un point précis de sa longueur, l'axe du T sera divisé en deux sections qui disposeront d'un tour relatif par rapport à cet axe primaire (3) à travers des coussinets. Ce tour de l'axe primaire (3) est actionné par l'actionneur primaire (4).

5 Ce T est articulé selon un axe horizontal perpendiculaire à l'axe primaire (3) et dans un point inférieur à l'union avec des coussinets qui permet le tour autour de l'axe primaire (3). La pièce en T susvisée s'articule pour permettre une variation du levage de l'axe primaire (3) lors du pointage initial, sur une deuxième pièce en T similaire à celle-ci composée de deux anneaux de levage et d'un axe (bras perpendiculaire à l'axe formé par les anneaux de levage). Dans ce cas, l'axe est une seule pièce différente de la pièce en T susvisée. L'axe formé par le centre de ces 10 anneaux de levage est l'axe horizontal mentionné autour duquel s'articule la pièce en T initiale. Cette deuxième pièce en T tourne autour d'un axe vertical par rapport au piédestal (7) afin de permettre l'orientation azimutal de l'axe primaire (3). Ces deux tours autour de cet axe vertical et autour des anneaux de levage de la deuxième pièce en T sont ceux qui permettent l'orientation initiale de l'axe primaire (3) afin qu'il pointe toujours vers l'objectif (11).

15 Ces deux derniers tours sont uniquement utilisés pour réaliser le pointage vers l'objectif au moment de l'installation et du réglage du système.

20

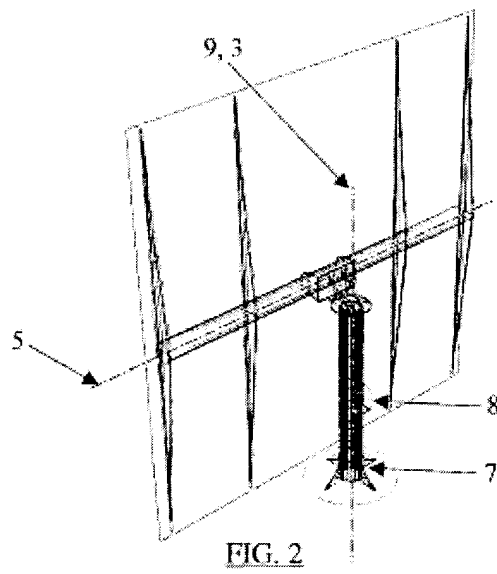
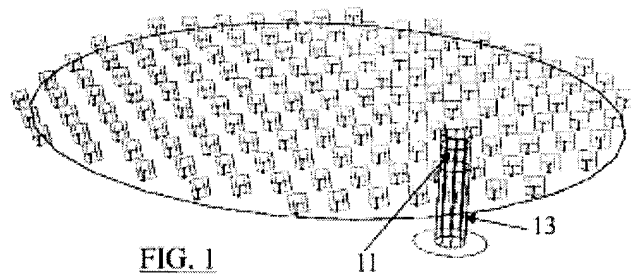
25

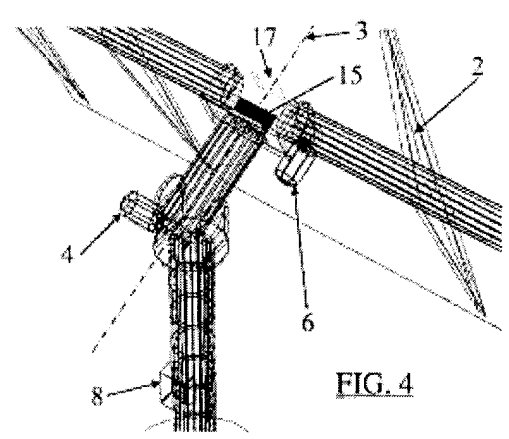
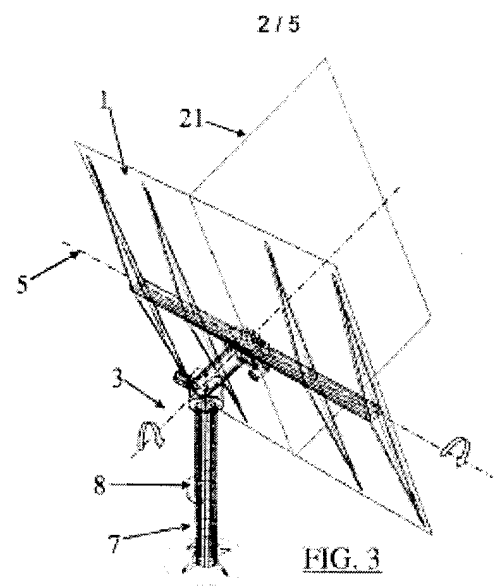
30

REVENDEICATIONS

- 5 1.- Héliostat **caractérisé** en ce qu'il est doté d'un axe d'actionnement pointant vers l'objectif, de deux capteurs solaires de réflexion ou réfraction, d'un contrôle en boucle fermée et qu'il est indépendant de la solution de l'optique réfléchissante principale. Le premier capteur solaire (14) détecte la position du rayon principal incident (22) par rapport au plan principal de l'optique (21) tandis que le deuxième capteur solaire (15) détecte la position du rayon principal reflété (23) par
- 10 rapport au plan d'actionnement (10). Le système de contrôle en boucle fermée es alimenté rétroactivement par les signaux de ces deux capteurs qui comparent à tout moment ces signaux et font la coordination de l'actionnement primaire (4) et secondaire (6) afin d'atteindre à tout moment la condition de pointage vers l'objectif.
- 15 2.- Héliostat selon la revendication 1, **caractérisé** en ce qu'il est doté d'un support mobile (2) qui tourne sous l'action d'un actionnement primaire (4) par rapport à un axe primaire (3) coïncidant avec la direction de pointage vers l'objectif (11) sur lequel est montée la surface réfléchissante (1) à très haute réflectivité qui tourne sous l'action d'un actionnement secondaire (6) par rapport à un axe secondaire (5) perpendiculaire aussi bien à l'axe primaire (3) qu'au plan
- 20 principal de l'optique (21).
- 3.- Héliostat selon la revendication 1, **caractérisé** en qu'il est doté d'un capteur solaire (14) situé de préférence sur le contour de la surface réfléchissante (1) et uni à celle-ci, et doté d'une surface opaque (24) qui agit comme plan de référence et de deux surfaces sensibles (25) à l'énergie
- 25 solaire incidente.
- 4.- Héliostat selon la revendication 1, **caractérisé** en ce qu'il est doté d'un capteur solaire (15) situé au centre de la surface réfléchissante (1) et qui tourne exclusivement autour de l'axe primaire (3) ; sa surface opaque (24) demeure à tout moment parallèle à cet axe et à l'axe
- 30 secondaire (5). Le capteur reçoit la radiation solaire après le reflet de celle-ci sur un système optique (17) composé d'une surface réfléchissante secondaire (26). Cette surface réfléchissante secondaire (26) est perpendiculaire à la surface réfléchissante (1) de l'héliostat et contient l'axe secondaire de celui-ci.

1/5





3/5

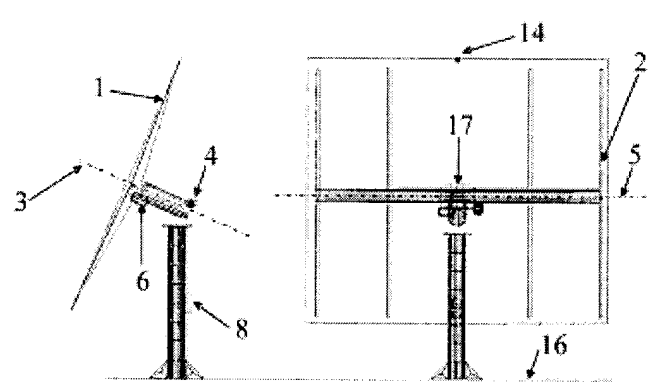


FIG. 5

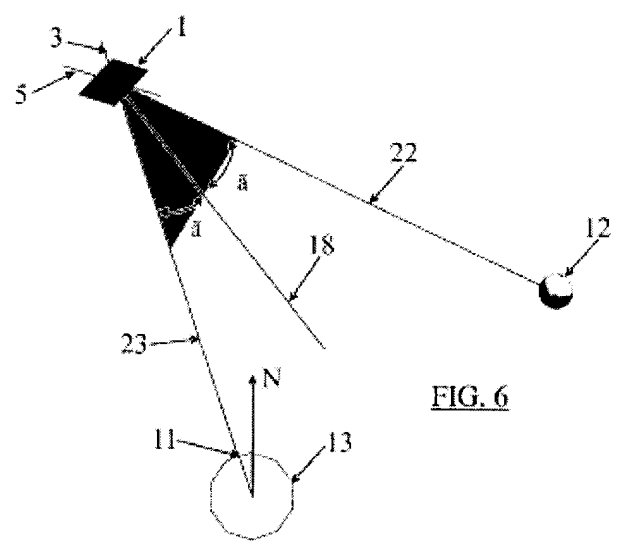


FIG. 6

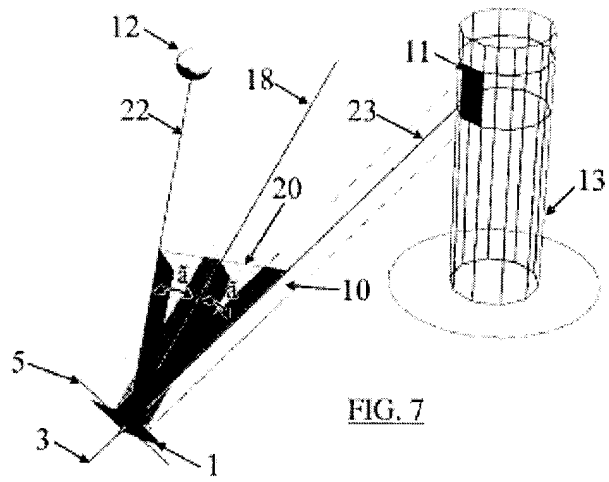


FIG. 7

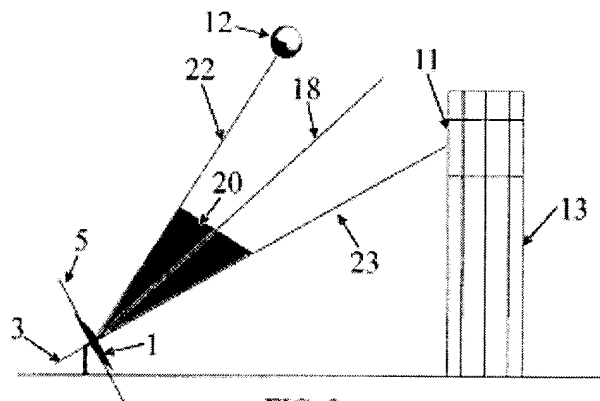


FIG. 8

-5/5
12

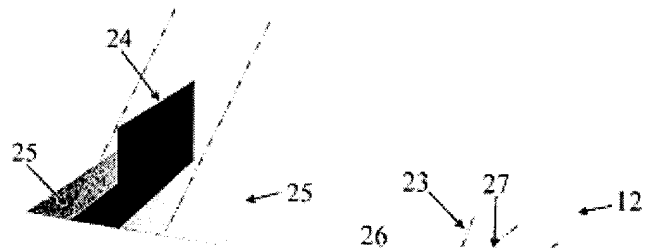


FIG. 9

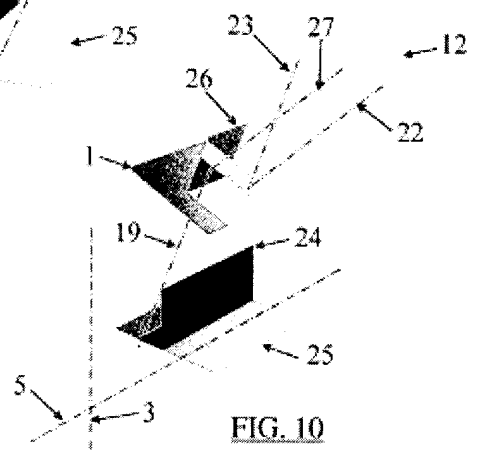


FIG. 10

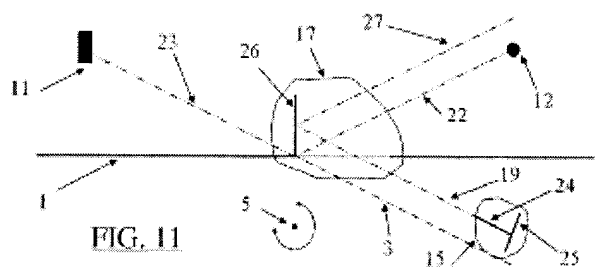


FIG. 11