



(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 42748 B1** (51) Cl. internationale : **G02B 5/10**

(43) Date de publication :
30.04.2019

(21) N° Dépôt :
42748

(22) Date de Dépôt :
05.12.2016

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/EP2016/079766 05.12.2016

(71) Demandeur(s) :
LOZANO PEÑA, Ricardo , Avenida del Papa Negro 129, 5° E, MADRID, 28043 (ES)

(72) Inventeur(s) :
LOZANO PEÑA, Ricardo

(74) Mandataire :
ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)

(54) Titre : **FACETTE D'HÉLIOSTAT DE TYPE EN SANDWICH THERMIQUEMENT ÉQUILBRÉE**

(57) Abrégé : L'objet de l'invention est une facette d'héliostat de type en sandwich présentant une rigidité élevée, conçue de sorte que les variations de la qualité optique et de la courbure de celle-ci, dues à l'influence des conditions de fonctionnement, soient réduites au minimum par rapport à d'autres facettes connues. La facette de l'invention est, de préférence, formée de deux couches de miroir externes, fixées à une mousse de polymère ayant une formulation et une conception spécifiques, qui est déposée en phase de crème sur l'une desdites couches de miroir. Plus préférablement, la conception de la géométrie des différentes couches est configurée de sorte qu'un équilibre soit obtenu entre les contraintes et déformations internes de la facette, générées par les écarts de température dus aux conditions de fonctionnement, et particulièrement le gradient thermique existant entre les faces dans des conditions de fonctionnement, de manière à maximiser l'inertie mécanique de la facette afin d'améliorer la rigidité de celle-ci.

ABRÉGÉ**FACETTE D'HÉLIOSTAT DU TYPE SANDWICH THERMIQUEMENT
ÉQUILBRÉE**

5

L'objet de l'invention est une facette d'héliostat du type sandwich ayant une grande rigidité, conçue de sorte à minimiser les variations dans la qualité optique et dans la courbure de celle-ci, en raison de l'influence des conditions de fonctionnement, par rapport à d'autres facettes connues. La facette de
10 l'invention est de préférence constituée de deux couches de miroir externes, reliées par une mousse polymère ayant une formulation et une conception spécifiques, qui est déposée en phase crème sur l'une desdites couches de miroir. Plus préférablement, la conception de la géométrie des différentes couches est configurée de sorte à obtenir l'équilibre entre les tensions internes
15 et les déformations de la facette, générées par les écarts de température des conditions de fonctionnement, et en particulier le gradient thermique existant entre les faces dans des conditions de fonctionnement, optimisant ainsi l'inertie mécanique de la facette dans le but d'améliorer sa rigidité.

FACETTE D'HÉLIOSTAT DU TYPE SANDWICH THERMIQUEMENT
ÉQUILBRÉE

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention fait référence aux systèmes constitués de divers
éléments ou facettes réfléchissants, tels que les éléments réfléchissants utilisés
dans les technologies de concentration de champ d'héliostats. En particulier,
l'invention fait référence aux facettes solaires du type sandwich utilisées dans
les héliostats qui sont installées dans les centrales solaires thermiques.

10

ÉTAT ANTÉRIEUR

 L'un des principaux objectifs de la plupart des différentes technologies
pour concentrer et utiliser l'énergie solaire est d'augmenter l'intensité du
rayonnement solaire concentré, obtenant ainsi des conversions
15 thermodynamiques ayant une efficacité et un rendement énergétiques plus
importants. Parmi lesdites technologies, celles qui sont particulièrement
intéressantes sont les systèmes concentrateurs solaires à tour centrale, qui
consistent en un champ solaire traditionnellement constitué de structures avec
plusieurs miroirs individuels, configurant une calotte sphérique large ou
20 parabolöide, où au cœur de celle-ci se trouve le récepteur fixe. Au moyen de
ces systèmes, le rayonnement solaire frappant les éléments réfléchissants
suivant le mouvement du soleil (lesdits éléments réfléchissants appelés
héliostats) est concentré et focalisé sur le récepteur, situé au-dessus d'une tour.
Le récepteur absorbe ainsi le rayonnement reçu et le transfère, sous la forme
25 d'énergie thermique, à un fluide porteur, appelé fluide de transfert de chaleur,
soit pour être utilisé directement dans le processus thermique ou
thermodynamique correspondant, soit pour être stocké comme énergie
thermique, pour être utilisé ultérieurement.

 La réflexion du rayonnement frappant les éléments de réception dépend
30 en grande partie des caractéristiques matérielles et géométriques desdits
éléments, et de la variation desdites caractéristiques dans des conditions de
fonctionnement ou en raison du passage du temps. Certaines caractéristiques à
considérer dans la qualité de la réflexion du rayonnement sont, *inter alia*, la
réflectivité des éléments réfléchissants, leur qualité optique, courbure, poids,
35 rigidité, résistance à l'impact ou leurs dimensions.

La réflectivité est un paramètre affectant la quantité en pourcentage de rayonnement incident qui est réfléchi par le réflecteur. Ce paramètre affecte directement le rendement global du champ solaire.

5 La qualité optique de la surface réfléchissante indique l'écart angulaire du rayonnement réfléchi sur chaque élément de surface par rapport à son sens de réflexion théorique. Ce paramètre affecte directement la qualité et la forme du faisceau de rayonnement réfléchi, étant capable de générer la dispersion du rayonnement et une augmentation dans la taille ou la déformation de la tache solaire (forme définie lorsque le faisceau réfléchi frappe une surface) lorsque la
10 valeur de l'écart angulaire augmente (à savoir, la qualité optique baisse). Il convient de prendre en compte le fait qu'une erreur angulaire minime dans l'inclinaison de la surface est perçue comme un écart du faisceau réfléchi en fonction de la distance au récepteur et sur l'erreur angulaire.

La courbure de l'élément réfléchissant est un paramètre très important
15 car le rayonnement doit être concentré sur le point focal du miroir selon les optiques géométriques. Donc, il est important de définir dans un champ solaire une courbure adaptée des réflecteurs selon leur distance du réflecteur.

Le poids de l'élément réfléchissant affecte directement le coût de la structure de support, car ladite structure doit être plus rigide afin de la
20 supporter. Cependant, la conception de l'élément réfléchissant peut donner de la rigidité à la structure, libérant une partie de la charge reçue.

Outre les propriétés mécaniques des réflecteurs mentionnés ci-dessus, il est important que les réflecteurs aient suffisamment de résistance à l'impact de sorte que le champ solaire puisse résister à une tempête de grêle ou à des
25 projectiles entraînés par le vent.

Parmi ces réflecteurs aptes à être utilisés dans les champs solaires d'héliostats, l'utilisation de facettes est connue, lesdites faces étant configurées comme une pluralité de sous-éléments réfléchissants, qui sont disposés successivement formant la surface réfléchissante efficace de l'héliostat. Parmi
30 les différentes technologies de facette d'héliostat utilisées dans l'art antérieur, les facettes solaires du type sandwich sont des structures multicouches, constituées de la superposition de plusieurs couches formant un sandwich, utilisées pour la concentration du rayonnement solaire dans les centrales thermiques solaires ou dans d'autres applications (fours solaires, etc.).

35 Dans les facettes d'héliostat du type sandwich multicouches, la couche

avant, en regard du soleil, comprend un miroir réfléchissant et concentrant le rayonnement dans un objectif situé à une certaine distance (dans le cas d'une centrale thermique solaire à tour, dans le récepteur central). Outre la couche avant, d'autres couches sont ajoutées derrière le miroir, d'abord pour donner de la rigidité pendant son utilisation.

La rigidité de la facette est obtenue généralement en utilisant deux couches externes rigides, séparées par une couche intermédiaire ayant une plus petite densité, obtenant ainsi une structure du type sandwich ayant un grand moment d'inertie et de rigidité.

La qualité optique des facettes est un facteur déterminant dans le rendement de l'installation solaire. Il est donc crucial de la maintenir indépendamment des charges thermiques et mécaniques appliquées, afin d'obtenir un rendement élevé dans des conditions réelles de fonctionnement.

En raison du mode d'utilisation naturelle des facettes d'héliostat, l'une des faces desdites facettes est exposée au rayonnement direct, alors que l'autre restera généralement dans l'ombre. En raison des matériaux formant la facette, une partie du rayonnement incident est absorbée par la face avant exposée au soleil, augmentant sa température. À titre d'exemple, si la réflectivité de la facette est de 94 %, la face absorbera, par conséquent, 6 % du rayonnement incident, le rayonnement absorbé augmentant le moins la réflectivité. Cette augmentation thermique sur l'une des faces génère constamment une différence en température entre les deux faces de la facette, induisant une déformation variable et un ensemble de tensions internes qui peuvent réduire la stabilité et la durabilité de la facette.

Outre l'effet susmentionné, la possibilité d'un blocage occasionnel entre les héliostats, à savoir, un héliostat se trouve sur le chemin du faisceau concentré par un autre héliostat, doit également être prise en compte. Lorsqu'un blocage se produit, le rayonnement frappe normalement la partie arrière de la facette, et non toute la surface de celle-ci, de sorte que la répartition de la température qui en résulte a un facteur géométrique important.

Un autre problème à considérer est la présence de fluage en raison de l'effet de tensions continues ou de la température sur les facettes, par exemple sur celles ayant des composants polymères. Lorsqu'un fluage se produit dans une facette, la géométrie de ladite facette est en permanence modifiée. La réduction de tensions résiduelles et de tensions générées par les gradients

thermiques augmenteront ainsi la durabilité des facettes.

La demande de brevet WO 2010/115237 (Wizard Power PTY, LTD.) propose une facette sandwich formée par une feuille réfléchissante, une tôle et une couche intermédiaire de bois et de résine ou de polymère plastique, appliquée à chaud sur un moule avec une courbure adaptée.

La demande de brevet ES 0473355 (Sener Ingeniería y Sistemas, S.A.) consiste en une facette sandwich dans laquelle le miroir courbé dans un moule est relié au moyen d'un adhésif à une planche ayant une forme déformable, en découpant l'excédent et en renforçant la partie arrière au moyen d'une tôle.

La demande de brevet WO 2012/123611 (Rioglass Solar, S.A.) révèle une facette sandwich comprenant une couche réfléchissante de verre à effet miroir, du polyuréthane injecté et une partie de tôle arrière, dont la température est maintenue contrôlée lorsqu'elle est formée dans le moule et pendant le refroidissement de sorte que la géométrie de celle-ci ne change pas.

Les facettes des documents de brevet susmentionnés ont une partie réfléchissante avant et une partie de tôle arrière, qui signifie qu'indépendamment de la qualité optique et de la précision géométrique à la température de conception, la différence en propriétés entre les deux couches génère, tel qu'il a été vérifié par la modélisation d'éléments finis (MEF), la dégradation de la qualité optique de 0,7 mrad par axe environ (projetée sur chaque axe principal de la facette), pour chaque 10 °C de différence par rapport à la température nominale à laquelle la courbure a été faite. En tenant compte du fait qu'une valeur typique de l'amplitude thermique moyenne annuelle aux sites de champ solaire est de 20 °C environ, l'effet de la température sur les conceptions de ce type dégrade la performance moyenne de la facette et peut accélérer la dégradation du matériau en raison de la fatigue thermique.

En outre, l'injection du polymère peut générer, et génère en général des différences locales dans la densification de la mousse, qui peuvent être transmises comme des tensions résiduelles internes dans le polymère, et peut même générer de légères corrugations dans la facette.

La demande de brevet WO 2013/135757 (Termopower, S.L.) fait référence à une facette d'héliostat avec une face réfléchissante et une face arrière, les deux faces étant configurées de sorte que le produit du module élastique et du moment d'inertie (appelé $E I$, se référant à chaque magnitude, respectivement) et le coefficient d'expansion des couches est sensiblement

égal dans les deux couches, les deux couches étant reliées par une mousse de polyuréthane ou polycarbonate. Néanmoins, bien que l'équilibre mécanique soit dument justifié lorsque la charge est homogène sur toute la surface, la facette décrite dans ladite demande montre une performance optique dégradée dans des conditions opérationnelles, étant donné que la température des deux faces ne sera pas la même du fait que l'une d'elles est soumise à une irradiation directe (la face avant exposée au soleil) et est réchauffée après l'absorption de la partie du rayonnement, alors que l'autre couche est simplement exposée à la température ambiante.

La demande de brevet ES 8306688 (Glaverbel) propose une facette sandwich avec du polymère injecté entre les deux feuilles, de préférence de la tôle, avec le collage postérieur d'un miroir sur la face avant. Les deux faces externes sont composées du même matériau, et la différence dans les expansions entre le miroir et la feuille de support doit être compensée par l'adhésif présent entre le miroir et lesdites feuilles.

Finalement, les demandes de brevet WO 2012/077771, WO 2014/134114 et US 2015/338624 font référence en général aux configurations de miroir optique basées sur des structures du type sandwich qui comprennent des couches réfléchissantes et des couches à base de polymère.

Dans certains modes de réalisation, ces documents révèlent des configurations basées sur des miroirs à double face constitués de deux couches réfléchissantes et d'une couche polymère intermédiaire, tel qu'il est proposé par la présente invention. Cependant, les documents mentionnés ne font pas spécifiquement référence aux facettes d'héliostat ou au problème d'ombrage et de blocage dans les champs d'héliostats, mais aux configurations générales qui donnent une force améliorée ou la capacité d'utiliser un côté du miroir dans le cas où l'autre côté serait cassé, n'étant donc pas destiné à résoudre le même problème que la présente invention.

En résumé, les problèmes fondamentaux dans les conceptions de facettes d'héliostat du type sandwich dans l'art antérieur sont :

- la qualité optique dégradée dans des conditions opérationnelles en raison d'une conception qui n'est pas équilibrée thermiquement-mécaniquement pour lesdites conditions, y compris l'existence de différentes températures entre les couches formant le sandwich ;
- la perte de performance en raison de l'usure des matériaux, qu'elle soit

causée par le cycle thermique ou bien par les gradients thermiques générés par le blocage entre les héliostats proches ;

- la performance mécanique insuffisante pour les facettes de grande taille ;
 - les tensions résiduelles en raison du processus de fabrication ; et
- 5 - la densification inégale du polymère dans la couche intermédiaire.

La présente invention est présentée comme une solution et une amélioration des problèmes susmentionnés de l'art antérieur.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

10 L'objet de l'invention est une facette d'héliostat du type sandwich ayant une grande rigidité, conçue de sorte à minimiser les variations dans la qualité optique et dans la courbure de celle-ci, en raison de l'influence des conditions de fonctionnement, par rapport à d'autres facettes connues. La facette de l'invention est de préférence formée par deux couches de miroir, reliées par une

15 mousse polymère ayant une formulation et une conception spécifiques, qui est déposée en phase crème sur l'une desdites couches de miroir. Cette caractéristique devient cruciale dans les technologies d'héliostat, étant donné que l'utilisation d'une structure de couche de miroir à double face évite la perte de performance causée par les gradients thermiques générés par le blocage.

20 Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la conception des couches de miroir de la facette d'héliostat est réalisée selon les conditions données. D'un côté, la couche réfléchissante de la face avant et la couche réfléchissante de la face arrière ont différentes valeurs d'inertie $I_{(XX, YY)}$ par rapport aux axes de flexion XX, YY de la facette, tels que :

25
$$I_{XX \text{ avant}} < I_{XX \text{ arrière}},$$
$$I_{YY \text{ avant}} < I_{YY \text{ arrière}}.$$

De même, l'épaisseur (e) de la couche de miroir avant sera de préférence inférieure à celle de la couche arrière, telle que $e_{\text{avant}} < e_{\text{arrière}}$. Cela permettra de former un sandwich généralement rigide mais flexible qui peut être

30 soumis à une flexion dans les zones réfléchissantes de celui-ci avant d'intégrer les composants du système réflecteur. À son tour, le rayon de courbure (R) de la couche avant sera de préférence inférieure au rayon de courbure de la couche arrière, satisfaisant à $R_{\text{avant}} < R_{\text{arrière}}$.

35 Finalement, les coefficients d'expansion thermique (α) des deux couches seront de préférence sensiblement égaux tels que $\alpha_{\text{avant}} \sim \alpha_{\text{arrière}}$. Dans le

contexte de la présente invention, l'expression « sensiblement égal », appliquée au ratio de différentes valeurs de magnitudes, doit être interprétée comme exactement égal, ou compris dans une plage de variation de $\pm 10\%$.

La signification physique des ratios précédents est l'équilibre entre les tensions internes et les déformations de la facette d'héliostat, générées par les écarts de température des conditions de fonctionnement, et en particulier le gradient thermique existant entre les faces dans des conditions de fonctionnement, optimisant ainsi l'inertie mécanique de la facette dans le but d'améliorer sa rigidité. Cela permet de i) être capable d'obtenir un réflecteur ayant une grande rigidité qui est courbée avec un très petit rayon sphérique, de 15 m ; ii) disposer d'une couche arrière avec suffisamment de rigidité de sorte qu'elle ne soit pas affectée par les déformations locales découlant de la fixation du réflecteur sur la structure, et iii) être capable de contrôler la courbure opérationnelle moyennant le rayon de fabrication et l'augmentation de la courbure se produisant lorsque la différence de la température opérationnelle est atteinte entre les faces de la facette d'héliostat.

La rigidité augmentée permet aux facettes d'héliostat faites selon la présente invention de recevoir une partie de la charge à laquelle la structure de support est soumise, sans affecter leur qualité optique, réduisant ainsi le coût de la structure de suivi.

Dans des conditions de fonctionnement, l'une des faces de la facette est orientée de sorte à recevoir un rayonnement direct du soleil et le réfléchit vers le récepteur. Tel qu'il est indiqué, la facette absorbe une partie de son énergie rayonnante, de sorte que ses différentes couches ne seront pas exactement à la même température. Sa température dépend en grande partie de la réflectivité du miroir, plus ladite température est proche de la température ambiante plus la réflectivité du miroir est grande. En raison de la température plus élevée de la surface de l'une des faces, il y aura un profil de température donné à l'intérieur de la facette qui a été déterminé pour les différentes conditions de fonctionnement possibles.

Tel qu'il a été susmentionné, un autre problème se produisant souvent dans la vie utile des installations solaires à tour est la survenance de blocage entre les héliostats. En d'autres mots, un héliostat se trouve sur le chemin du rayonnement réfléchi par un autre héliostat. Cela permet aux facettes de recevoir un rayonnement concentré dans une zone indéterminée, et, a priori,

une qui n'est pas préparée à recevoir ladite irradiation.

La facette d'héliostat objet de cette invention résout ce problème en utilisant un miroir comme la couche arrière. Même si ce miroir n'est pas de la même qualité que le miroir présent dans la partie avant de la facette, il
5 réfléchira une grande partie du rayonnement reçu, de sorte que l'augmentation de la température locale sera sensiblement inférieure par rapport aux autres matériaux qui ne sont pas de bons matériaux pour réfléchir un rayonnement infrarouge. En outre, les propriétés mécaniques de verre seront très similaires à celles de la face avant et montreront une bonne performance sous des charges
10 compressives. De plus, l'utilisation d'un miroir comme la couche arrière de la facette donne des caractéristiques supplémentaires, telles qu'une barrière contre le rayonnement ultraviolet (UV) et/ou infrarouge (ri) qui pourrait endommager la mousse polymère centrale, tout en augmentant le rayonnement indirect disponible dans le champ, qui pourrait être utilisé dans d'autres buts.

De préférence, la couche avant réfléchissante de la facette est un miroir
15 entre 0,4 et 5 mm d'épaisseur, et plus préférablement entre 0,9 et 2,2 mm. À son tour, la couche intermédiaire a une épaisseur entre 15 et 70 mm et la couche arrière réfléchissante est entre 0,4 et 10 mm d'épaisseur, et plus préférablement, entre 0,9 et 2,2 mm.

Dans un mode de réalisation préféré de la facette objet de l'invention, la
20 mousse polymère reliant les faces externes de celle-ci est d'une formulation particulièrement développée pour assurer une absorption de vapeur d'eau faible, un poids faible, une grande performance mécanique et une bonne résistance à la dégradation en raison du rayonnement UV. En outre, la mousse polymère est de préférence dopée avec des nanoparticules lui conférant des propriétés mécaniques améliorées par rapport à celles de la formulation en soi. Parmi ces améliorations aux caractéristiques mécaniques, il convient de souligner l'augmentation de la résistance à la survenance de fluage, lequel
25 facteur améliore grandement l'un des principaux défauts des premières facettes du type sandwich avec un cœur en polyuréthane utilisé dans des applications solaires.

Bien qu'il soit possible d'utiliser des nanoparticules ayant une taille, une
forme et une nature pour réaliser le dopage, dans un mode de réalisation préféré de l'invention une charge optimisée de carbonate de calcium, de
35 carbone, de silice, de fibre de verre et de monomères est choisie.

Une charge spécifique de particules de renforcement ou de dopage qui améliorent la performance de la facette selon les conditions environnementales est utilisée. Les particules qui sont utilisées comme des additifs dans la fabrication de la mousse polymère comprennent, selon le besoin, les matériaux
5 suivants : les nanotubes de carbone à simple paroi (ou SWNT, conférant une rigidité à la facette), le dioxyde de silicone et/ou l'oxyde d'aluminium (pour améliorer la résistance à la corrosion), l'oxyde de zinc (qui agit comme une barrière physique contre le rayonnement UV), les microtubes de cellulose (résistance à la traction), l'oxyde de titane (qui agit comme une barrière contre
10 les UV lorsqu'il est présenté sous la forme de nanoparticules), l'oxyde de zirconium (la résistance à l'abrasion et la stabilité thermique), la zéolithe, la collinite et/ou les argiles (agissant à la manière d'un ancrage moléculaire), optionnellement en conjonction avec les dispersants tels que le citrate d'ammonium ou l'alcool oléique, pour empêcher l'agrégation de ces derniers.

15 Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la mousse polymère formant la couche intermédiaire de la facette d'héliostat a une charge de particules, qui est variable selon le besoin par la conception, allant jusqu'à 10 % de nanotubes à paroi unique, jusqu'à 15 % d'oxyde de silicone, jusqu'à 5 % d'oxyde de zinc, jusqu'à 20 % de cellulose, jusqu'à 9 % de microparticules
20 d'oxyde de titane, jusqu'à 12 % d'oxyde de zirconium, jusqu'à 14 % de zéolites, jusqu'à 25 % d'argile et jusqu'à 18 % de particules, habituellement des dendrimères polymères.

De plus, le processus de fabrication pour l'objet de facette de l'invention utilise un processus de dépôt pour le mélange de réaction qui formera la
25 mousse polymère, et ledit processus est mis en œuvre de sorte que la couche de crème polymère ait une épaisseur approximativement constante par rapport à la surface sur laquelle elle est supportée, de sorte que la densification de celle-ci soit homogène et le transfert des tensions locales et des déformations à la surface réfléchissante causées par un moussage irrégulier sont donc évitées.

30 En résumé, la facette d'héliostat du type sandwich objet de l'invention minimise les problèmes susmentionnés dans l'art antérieur, la base de sa conception et configuration étant l'optimisation de la qualité optique et la courbure de la facette dans les conditions de fonctionnement de chaque site.

Un autre objet de l'invention fait référence à l'utilisation d'une facette
35 selon l'un quelconque des modes de réalisations décrits ici, dans un héliostat

pour réduire la perte de performance due aux gradients thermiques générés par le blocage d'héliostats proches dans un champ d'héliostats.

DESCRIPTION DES DESSINS

5 La présente spécification est complétée par un ensemble de dessins non limitatifs, illustratifs du mode de réalisation préféré par rapport à d'autres modes de réalisation de l'invention.

 La Figure 1 révèle une vue en perspective éclatée des couches de la facette d'héliostat objet de l'invention.

10 Les figures 2 et 3 montrent une facette d'héliostat en plan et une facette courbée, respectivement.

 La Figure 4 montre un cas extrême d'une facette courbée, où les distances maximales et minimales entre les couches avant et arrière sont indiquées.

15 Les éléments montrés dans les dessins sont listés ci-dessous :

(1) Surface réfléchissante, miroir.

(2) Cœur de mousse polymère.

(3) Support arrière de la facette.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

20 La description détaillée de l'invention est fournie en-dessous en référence à un mode de réalisation de celle-ci. Tel qu'il est indiqué précédemment, la facette de l'invention est une facette d'héliostat du type sandwich ayant une grande rigidité, conçue de sorte à minimiser les variations
25 dans la qualité optique et la courbure de celle-ci en raison de l'influence des conditions de fonctionnement. La facette est de préférence constituée de deux couches de miroir (1, 3), lesdites couches étant les couches externes de la facette sur les faces avant et arrière de celle-ci. Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la couche avant (1) (qui est en regard du collecteur à
30 tour) peut être un miroir de qualité solaire (dont la performance optique est spécifiquement adaptée pour être appliquée dans un champ solaire), alors que la couche arrière (3) peut être un miroir commercial standard. Les deux couches (1, 3) sont de préférence reliées par une mousse polymère (2) ayant une formulation et une conception spécifiques, de préférence déposée sur l'une
35 des couches de miroir (1, 3) en phase crème.

Un mode de réalisation préféré de la présente invention comprend une conception spécifique des différentes couches réfléchissantes de la face avant (1) et de la face arrière (3) de la facette d'héliostat, satisfaisant à deux ou plusieurs équations suivantes :

$$\begin{aligned}
 5 \quad & l_{XX} \text{ avant} < l_{XX} \text{ arrière,} \\
 & l_{YY} \text{ avant} < l_{YY} \text{ arrière,} \\
 & e_{\text{avant}} < e_{\text{arrière}}, \\
 & R_{\text{avant}} < R_{\text{arrière}}, \\
 & \alpha_{\text{avant}} \sim \alpha_{\text{arrière}}.
 \end{aligned}$$

10 Se conformer aux critères imposés par ces équations donne à la facette un équilibre par rapport aux tensions internes et aux déformations de celle-ci, générées par les écarts de température des conditions de fonctionnement, et en particulier par le gradient thermique existant entre les faces dans des conditions de fonctionnement. L'inertie mécanique de la facette est en outre
 15 optimisée, améliorant la rigidité de celle-ci. Les dimensions externes de la facette, ainsi que les épaisseurs des différentes couches (1, 2, 3) et la densification et la charge de particules de la mousse polymère (2) du cœur central, sont définies selon les conditions de fonctionnement et environnementales sur le site, la conception respectant l'équation décrite ci-
 20 dessus pour définir les dimensions et les caractéristiques mécaniques. En outre, la rigidité augmentée de la facette permet également l'assemblage de facettes formant la surface efficace de l'héliostat pour recevoir une partie des charges mécaniques auxquelles la structure de support dudit héliostat est soumise, sans affecter leur qualité optique, réduisant ainsi le coût de la
 25 structure de suivi.

De même, l'épaisseur de la couche avant (e_{avant}) de la facette est de préférence ajustée selon la distance de fonctionnement focale depuis le réflecteur, prenant en compte le ratio suivant :

$$e_{\text{antérieure}} = \sqrt[3]{\frac{48 \cdot q \cdot a^4 \cdot (1 - \beta^2)}{\pi^6 \cdot E_{\text{antérieure}} \left[2 \times D_{\text{Focal}}^2 - \left(4 \times D_{\text{Focale}}^2 - \frac{a^2}{4} \right)^{0,5} \right]}}$$

30 où q est un paramètre de charge (N/m^2) prenant des valeurs dans la plage de réglage définie par :

$$\gamma \cdot e_{\text{avant}} \leq q \leq 0,5 \cdot q_{\text{Rupture}}$$

où γ est le poids spécifique (N/m^3) de la couche avant réfléchissante de la facette, et q_{rupture} est la charge de rupture répartie (N/m^2) sur la couche avant.

De même, a est la longueur caractéristique (m) de la facette, E_{avant} est le module de Young (N/m²) de la couche avant, D_{focale} est la distance focale de conception (m) de la facette, et ν est le coefficient de Poisson de la couche avant réfléchissante.

5 La longueur caractéristique (a) de la facette d'héliostat est la plus longue distance dans la facette parallèle à l'axe le long duquel la courbure est évaluée, à savoir, la hauteur de la facette pour la courbure du côté long et la largeur de celle-ci pour la courbure du plus petit côté.

La distance focale de la facette est la distance entre la surface de celle-ci et le point focal dans l'espace dans laquelle elle concentre les rayons réfléchis la frappant parallèles à l'axe de celle-ci (paraxial). Cette distance correspond à la moitié du rayon de courbure.

En outre, le rayon de courbure (R_{Focal}) de la face avant réfléchissante est corrigé pendant le processus de fabrication par rapport au rayon de conception, en considérant la rigidité de la couche supérieure et les forces tangentielles sur celle-ci pendant les conditions opérationnelles moyennes. Le rayon de courbure (R_{Focal}) est ainsi modifié en ajoutant une correction de rayon de courbure correspondant à la variation du rayon se produisant pendant l'opération ($\Delta R_{\text{Opération}}$), obtenant le rayon de courbure de la face avant de la facette pendant la fabrication ($R_{\text{Fabrication}}$).

$$R_{\text{Fabrication}} = R_{\text{Focal}} + \Delta R_{\text{Opération}}.$$

La variation du rayon se produisant pendant l'opération ($\Delta R_{\text{Opération}}$) est évaluée selon les conditions opérationnelles de la facette sur chaque site. Dans ce but, l'affaissement maximal induit sur la face avant est lié à l'équation d'une sphère dans le capuchon sphérique correspondant à la dimension de la facette avec l'aide du théorème de Pythagore et l'équation cartésienne d'une sphère. L'affaissement maximal induit est évalué en résolvant un système d'équations correspondant à la déformation de la plaque en appliquant la théorie de Mindlin–Reissner.

30 Les équations telles qu'elles sont montrées ci-dessous sont obtenues ainsi, lesdites équations montrent la force tangentielle à laquelle la face avant de la facette résiste pendant sa fabrication et l'affaissement maximal d'une plaque soumise à une charge répartie, respectivement.

$$F_{Tg} = \frac{E_{\text{cœur}} \cdot \alpha_{\text{avant}} \cdot \Delta T \cdot a \cdot (h_{\text{max}} + h_{\text{min}})}{4}$$

$$F_{Tg} = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot a \cdot (h_{\text{max}} + h_{\text{min}})}{4}$$

35

$$(h_{max} - h_{min}) = \frac{12 \cdot (1 - \vartheta^2)}{E \cdot e^3} \frac{16 \cdot q \cdot \alpha^4}{\pi^6} \frac{\lambda^2}{(1 + \lambda^2)^2}$$

où F_{Tg} est la force tangentielle sur la face avant de la facette, λ est le ratio entre le plus grand et le plus petit côtés de la facette, $E_{cœur}$ est le module élastique du cœur polymère reliant les deux faces de la facette, α_{avant} est le coefficient d'expansion de la face avant, ΔT est la différence de température entre les faces de la facette et h_{max} et h_{min} sont les distances maximale et minimale entre les faces avant et arrière de la facette, respectivement (voir Figure 4).

Dans des conditions de fonctionnement, les facettes sont disposées de sorte que leur face avant (1) reçoive un rayonnement direct du soleil et le réfléchit vers le récepteur à tour. Tel qu'il est indiqué, la facette absorbe une partie de son énergie rayonnante, de sorte que ses différentes couches ne seront pas exactement à la même température. Sa température dépend en grande partie de la réflectivité du miroir, plus ladite température est proche de la température ambiante plus la réflectivité du miroir est grande. En raison de la température plus élevée de la surface de l'une des faces, il y aura un profil de température donné à l'intérieur de la facette qui a été déterminé pour les différentes conditions de fonctionnement possibles.

Un autre problème se produisant généralement dans la vie utile des installations solaires à tour est la survenance d'un blocage. En d'autres mots, un héliostat se trouve sur le chemin du rayonnement réfléchi par un autre héliostat. Cela permet aux facettes de recevoir un rayonnement concentré dans une zone indéterminée, et, a priori, une qui n'est pas préparée à recevoir ladite irradiation.

Tel qu'il a été mentionné dans les sections précédentes, la facette d'héliostat objet de cette invention résout ce problème en utilisant un miroir tel que la couche arrière (3). Bien que ledit miroir ne doive pas nécessairement avoir la même qualité que le miroir présent dans la couche avant (1) de la facette, le miroir de la couche arrière réfléchira une grande partie du rayonnement reçu, de sorte que l'augmentation de la température locale sera sensiblement inférieure par rapport aux autres matériaux qui ne sont pas de bons matériaux pour réfléchir un rayonnement infrarouge. En ce sens, dans différents modes de réalisation de l'invention la couche arrière (3) de la facette d'héliostat peut consister en une couche réfléchissante UV et/ou IR, mais sans d'autres composants réfléchissants optiques. En outre, les propriétés mécaniques du verre seront très similaires à celles de la face avant et

montreront donc une performance améliorée sous des charges compressives. De plus, l'utilisation d'un miroir comme la couche arrière (3) de la facette confère des caractéristiques supplémentaires, telles qu'une barrière contre le rayonnement ultraviolet (UV), empêchant ledit rayonnement de dégrader la mousse polymère centrale, et augmentant en outre le rayonnement indirect disponible dans le champ, lui permettant d'être utilisé dans d'autres buts. Au lieu d'un miroir, tout autre matériau réfléchissant pourrait être utilisé comme couche arrière (3), déposé sur ou fixé sur celle-ci.

L'épaisseur de la couche arrière (3) peut de préférence être entre 0,4 et 10 mm, l'épaisseur de la couche centrale (2) entre 15 et 70 mm, et l'épaisseur de la couche avant (1) entre 0,4 et 5 mm. Plus préférablement, l'épaisseur de la couche arrière (3) est entre 0,9 et 2,2 mm, l'épaisseur de la couche centrale (2) entre 25 et 55 mm, et l'épaisseur de la couche avant (1) entre 0,9 et 2,2 mm, lesdites épaisseurs se révèlent particulièrement efficaces dans les dimensions de facette traditionnelles, telles que 2000 mm x 1600 mm or 3000 mm x 1600 mm approximativement.

Une autre caractéristique spécifique de la facette objet de l'invention est que la mousse polymère (2) reliant les faces externes est d'une formulation particulièrement développée pour assurer une absorption de vapeur d'eau faible, un poids faible, une grande performance mécanique et une bonne résistance à la dégradation en raison du rayonnement UV. En outre, la mousse polymère est de préférence dopée avec des nanoparticules lui conférant des propriétés mécaniques améliorées par rapport à celles de la formulation en soi. Parmi ces améliorations aux caractéristiques mécaniques, il convient de souligner l'augmentation de la résistance à la survenance de fluage, lequel facteur améliore considérablement l'un des défauts principaux des premières facettes du type sandwich avec un cœur de polyuréthane qui ont été testées dans des applications solaires.

La dégradation de cette mousse polymère causée par le rayonnement UV est superficielle, et elle surpasse avec succès le test de rayonnement UV pour une vie utile de 30 ans, donc la couche intermédiaire (3) ne nécessite pas de barrière ou protection UV sur le périmètre de la facette, bien qu'il n'y ait pas d'obstacles pour la peinture ou protection de celle-ci au moyen d'une barrière physique telle qu'une armature, par exemple, si l'intention est d'empêcher tout type de dégradation.

L'utilisation de nanoparticules ayant une taille, une forme et une nature différentes pour la réalisation du dopage a été testée. Un mélange optimisé de carbonate de calcium, de carbone, de silice, de fibre de verre et de monomères est choisi.

5 Le dopage utilisé est défini comme une composition comprenant un ou plusieurs types de particules, avec l'une des principales dimensions de ces dernières étant entre 10 et 250 nm, lesdites particules étant suspendues dans le mélange du réactif, appelé crème, qui réagit jusqu'à former la mousse polymère. Lesdits types de particules peuvent être : les nanotubes de carbone
10 à paroi unique (SWNT), le dioxyde de silicone, l'oxyde d'aluminium, l'oxyde de zinc, les microtubes de cellulose, l'oxyde de titane, l'oxyde de zirconium, la zéolithe, les argiles et les particules polymères, en conjonction avec les dispersants tels que le citrate d'ammonium ou l'alcool oléique pour empêcher leur agrégation. Les nanoparticules peuvent être ajoutées sous la forme de
15 fibre, de particule sphérique ou sphéroïdale ou de dendrimères, selon la fonction voulue et la nature de l'additif.

La charge de nanoparticules préférée dans la facette objet de l'invention est, selon le besoin dans chaque cas particulier, la suivante :

- jusqu'à 10 % de swnt ;
- 20 - jusqu'à 15 % d'oxyde de silicone ;
- jusqu'à 5 % d'oxyde de zinc ;
- jusqu'à 20 % de cellulose ;
- jusqu'à 9 % de nanoparticules d'oxyde de titane ;
- jusqu'à 12% d'oxyde de zirconium ;
- 25 - jusqu'à 14 % de zéolites ;
- jusqu'à 25 % d'argiles ;
- jusqu'à 18 % de particules ; habituellement des dendrimères polymères.

La composition et le matériau des dispersants utilisés varient selon la charge de nanoparticules et le mélange utilisés.

30 De plus, le processus de fabrication pour la facette objet de l'invention utilise un processus de dépôt pour le mélange de réaction qui formera la mousse polymère, de sorte que la couche de crème polymère ait une épaisseur approximativement constante par rapport à la surface sur laquelle elle est supportée, de sorte que la densification de celle-ci soit homogène et le transfert
35 des tensions locales et des déformations à la surface réfléchissante causées

par un moussage irrégulier sont donc évitées. Une fois le mélange de réaction déposé, le moule de mise en forme est fermé pour induire la densification de la mousse polymère voulue, qui peut être ajusté selon la quantité de mélange ajoutée pour le volume de couche intermédiaire existant.

- 5 En résumé, la facette solaire du type sandwich objet de l'invention minimise les problèmes susmentionnés dans l'art antérieur, la base de sa conception et configuration étant l'optimisation de la qualité optique et de la courbure de la facette dans des conditions de fonctionnement de chaque site basée sur le calcul, en utilisant ladite formule, des dimensions et des
- 10 caractéristiques de chacune des parties de celle-ci.

REVENDEICATIONS

1. Facette d'héliostat du type sandwich, caractérisée en ce qu'elle comprend des couches réfléchissantes sur la face avant (1) et la face arrière (3) de celle-ci, et une couche intermédiaire (2) de mousse polymère.

2. Facette d'héliostat selon les revendications précédentes, dans laquelle les couches réfléchissantes de la face avant (1) et de la face arrière (3) ont différentes valeurs d'inertie $I_{(XX, YY)}$ par rapport aux axes de flexion XX, YY de la facette, tels que $I_{XX \text{ avant}} < I_{XX \text{ arrière}}$, $I_{YY \text{ avant}} < I_{YY \text{ arrière}}$.

3. Facette d'héliostat selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle deux ou plusieurs ratios suivants sont satisfaits :

- l'épaisseur (e) de la couche réfléchissante de la face avant (1) est inférieure à celle de la couche réfléchissante de la face arrière (3), tels que $I_{XX \text{ avant}} < I_{XX \text{ arrière}}$;
- le rayon de courbure (R) de la couche réfléchissante de la face avant (1) est inférieure à celui de la couche réfléchissante de la face arrière (3), tels que $R_{\text{avant}} < R_{\text{arrière}}$;
- les coefficients d'expansion thermique (α) des couches réfléchissantes de la face avant (1) et de la face arrière (3) sont sensiblement égaux, tels que $\alpha_{\text{avant}} < \alpha_{\text{arrière}}$.

4. Facette d'héliostat selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'épaisseur de la couche réfléchissante de la face avant (e_{avant}) satisfait au ratio suivant :

$$e_{\text{avant}} = \sqrt[3]{\frac{48 \cdot q \cdot \alpha^4 \cdot (1 - \nu^2)}{\pi^5 \cdot E_{\text{avant}} \cdot \left[2 \cdot D_{\text{Focals}} - \left(4 \cdot D_{\text{Focals}}^2 - \frac{\alpha^2}{4} \right)^{0.5} \right]}}$$

dans laquelle q est un paramètre de charge prenant des valeurs dans la plage de réglage définie par :

$$\gamma \cdot e_{\text{avant}} < q < 0.5 \cdot q_{\text{Rupture}}$$

dans laquelle γ est le poids spécifique de la couche réfléchissante de la face avant de la facette, q_{rupture} est la charge de rupture répartie sur la couche avant, a est la longueur caractéristique de la facette, E_{avant} est le module de Young de

la couche avant, $D_{\text{ focale}}$ est la distance focale de conception de la facette et θ est le coefficient de Poisson de la couche avant réfléchissante.

5 5. Facette d'héliostat selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle sa courbure de fabrication ($R_{\text{Fabrication}}$) est sensiblement égale au rayon de courbure (R_{Focal}) de la face avant réfléchissante, plus une correction du rayon de courbure correspondant à la variation du rayon se produisant pendant l'opération ($\Delta R_{\text{Opération}}$), tel que

$$R_{\text{Fabrication}} = R_{\text{Focal}} + \Delta R_{\text{Opération}}.$$

10

6. Facette d'héliostat selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la couche intermédiaire (2) comprend une mousse polymère de précurseurs de polyuréthane.

15 7. Facette d'héliostat selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la mousse polymère formant la couche intermédiaire (2) comprend le dopage d'agents formés par un ou plusieurs types de particules, au moins l'une des dimensions principales de celles-ci étant comprise entre 10 et 250 nm, et lesdits types de particules comprenant un ou

20 plusieurs composés suivants : le carbonate de calcium, le carbone, la silice, la fibre de verre et/ou les monomères plastiques.

8. Facette d'héliostat selon les revendications précédentes, dans laquelle la mousse polymère comprend un ou plusieurs additifs suivants : les nanotubes

25 de carbone à paroi unique (SWNT), le dioxyde de silicone, l'oxyde d'aluminium, l'oxyde de zinc, les microtubes de cellulose, l'oxyde de titane, l'oxyde de zirconium, la zéolite, ou les particules polymères en conjonction avec un ou plusieurs dispersants.

30 9. Facette d'héliostat selon les revendications précédentes, dans laquelle les dispersants comprennent le citrate d'ammonium ou l'alcool oléique.

10. Facette d'héliostat selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la mousse polymère formant la couche

35 intermédiaire (2) a une charge de particules allant jusqu'à 10 % de nanotubes

de carbone à paroi unique, jusqu'à 15 % d'oxyde de silicone, jusqu'à 5 % d'oxyde de zinc, jusqu'à 20 % de cellulose, jusqu'à 9 % de microparticules d'oxyde de titane, jusqu'à 12 % d'oxyde de zirconium, jusqu'à 14 % de zéolites, jusqu'à 25 % d'argiles et jusqu'à 18 % de particules polymères.

5

11. Facette d'héliostat selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la couche réfléchissante de la face avant (1) a une épaisseur entre 0,4 et 5 mm.

10

12. Facette d'héliostat selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la couche réfléchissante de la face arrière (1) a une épaisseur entre 0,4 et 10 mm.

15

13. Facette d'héliostat selon l'une quelconque des revendications 11-12, dans laquelle la couche réfléchissante de la face avant (1) ou la couche réfléchissante de la face arrière (3) a une épaisseur entre 0,9 et 2,2 mm.

20

14. Facette d'héliostat selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la couche intermédiaire (2) a une épaisseur entre 15 et 70 mm.

25

15. Utilisation d'une facette d'héliostat, selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans un héliostat pour réduire la perte de performance due aux gradients thermiques générés par le blocage d'héliostats proches dans un champ d'héliostats.

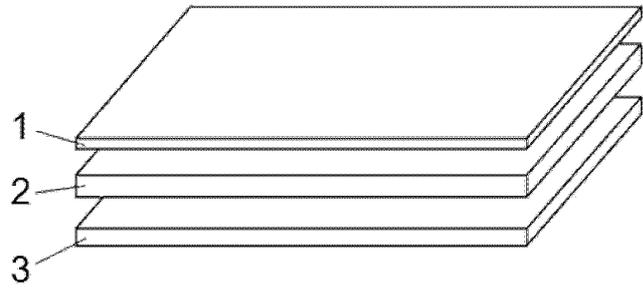


FIG. 1

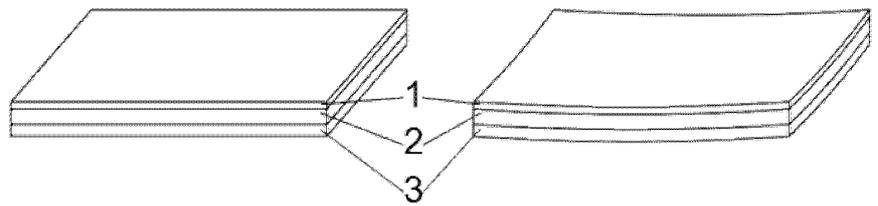


FIG. 2

FIG. 3

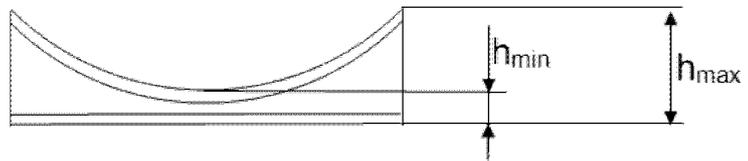


FIG. 4



**RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION
SUR LA BREVETABILITE**

Établi conformément à l'article 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et
complétée par la loi 23-13

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 42748	Date de dépôt : 05/12/2016
Déposant : LOZANO PEÑA, Ricardo	Date d'entrée en phase nationale : 20/06/2018
Intitulé de l'invention : FACETTE D'HÉLIOSTAT DE TYPE EN SANDWICH THERMIQUEMENT ÉQUILIBRÉE	
Classement de l'objet de la demande : CIB : G 02B 5/10	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Remarques de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 4 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: I. Oubiya	Date d'établissement du rapport : 13/12/2018
Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14	



Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
- Revendications
12
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
- Suite à la recherche complémentaire (Couvrent les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
 - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)
- Observations à l'encontre de la décision de rejet

- Remarques sur les observations du déposant:

L'attention du déposant est attirée sur le fait que seules les dispositions de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par les lois 23-13 et 31-05 sont applicables pour l'examen d'une demande de brevet au Maroc. Toute référence à d'autres lois, en l'occurrence l'article 54 de la CBE à laquelle le déposant renvoie dans ses observations déposées le 06/12/2018 suite au rapport de recherche préliminaire notifié par l'OMPIC, n'est pas admise.

Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 5: Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté (N)	Revendications 1-12	Oui
	Revendications aucune	Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-12	Oui
	Revendications aucune	Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-12	Oui
	Revendications aucune	Non

D1 : WO201207771A1

1. Nouveauté (N) :

Aucun des documents cités ci-dessus ne divulgue l'ensemble des caractéristiques techniques énoncées dans les revendications 1-12. Par conséquent, l'objet desdites revendications est nouveau au sens de l'art. 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive (AI) :

Le document D1 (les références entre parenthèses s'appliquant à ce document), qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue une facette de type en sandwich (1) adaptée à un héliostat (abrégé; figures 2,3) selon l'objet de la revendication 1, comprenant des couches réfléchissantes (5) sur sa face avant et sa face arrière, et une couche intermédiaire de polymère (6) (paragraphe [0068]).

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère donc de cette facette solaire de type en sandwich connue en ce que :

La couche réfléchissante de la face avant est un miroir de qualité solaire avec une valeur d'épaisseur comprise entre 0,4 mm et 2,2 mm ;

La couche réfléchissante de la face arrière est un miroir de qualité non solaire avec une valeur d'épaisseur comprise entre 2,2 mm et 10 mm ;

La couche intermédiaire a une épaisseur entre 15 et 70 mm ;

Où l'épaisseur de la couche réfléchissante de la face avant est inférieure à celle de la couche réfléchissante de la face arrière, de sorte à ce que $e_{\text{avant}} < e_{\text{arrière}}$.

Le problème à résoudre par la présente invention peut donc être considéré comme celui d'aider à maintenir la focalisation de la facette plus stable, à améliorer la stabilité thermique de la facette et d'obtenir une facette en sandwich plus rigide ;

La solution à ce problème proposée dans la revendication indépendante de la présente demande est considérée comme impliquant une activité inventive. L'homme du métier ne serait pas parvenu d'une manière évidente à reproduire l'invention revendiquée en partant de D1. En effet, le dispositif, décrit par la revendication 1, présente la possibilité d'éviter un échauffement supplémentaire, en réfléchissant la lumière solaire entrante depuis la face arrière de la facette grâce à sa couche réfléchissante, tout en améliorant la stabilité thermique et la durée de vie de la facette. Aussi, aucun enseignement n'a été trouvé dans le reste de l'état de la technique disponible qui aurait incité la personne du métier, en partant du document D1, à atteindre le résultat recherché.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Le même raisonnement s'applique, en tenant compte des différences, à l'objet de la revendication 12 indépendante qui est donc considéré comme inventif.

Les revendications 2-11 dépendent de la revendication indépendante 1 et dont l'objet est considéré

inventif, comme indiqué auparavant, et elles satisfont donc également, en tant que telles, aux exigences de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 concernant l'activité inventive.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

L'objet des revendications 1-9 et 13-14 de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.