

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication :
MA 44814 B1

(51) Cl. internationale :
H01L 35/00

(43) Date de publication :
28.10.2020

(21) N° Dépôt :
44814

(22) Date de Dépôt :
07.02.2019

(71) Demandeur(s) :
**CENTRE NATIONAL DE L'ENERGIE, DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES
NUCLÉAIRES., (MA)**

(72) Inventeur(s) :
**LABRIM HICHAM ; HAJJI MOHAMMED ; BENAÏSSA MOHAMMED ; EZ-ZAHRAOUI
HAMID ; JABRI HICHAM**

(74) Mandataire :
LABRIM HICHAM

(54) Titre : **Système hybride solaire autonome compact, indirectement couple pour la
production simultanée de la chaleur et de l'électricité et son procédé de réalisation.**

(57) Abrégé : Système hybride solaire autonome compact (SHSAC) pour la production
simultanée de la chaleur et de l'électricité. Ce système est composé d'un double
concentrateurs et d'un fluide de refroidissement intégré combinant un panneau
photovoltaïque transparent à concentration (CPV) indirectement couplé à un générateur
thermoélectrique à concentration (CTE)

ABREGÉ

Système hybride solaire autonome compact, indirectement couplé pour la production simultanée de la chaleur et de l'électricité et son procédé de réalisation.

5 La présente invention concerne un dispositif permettant d'exploiter les pertes par transmission et thermalisation des cellules photovoltaïques et augmenter l'autonomie de conversion électrique, en combinant le système photovoltaïque transparent à concentration et le générateur thermoélectrique à concentration, avec intégration d'un système de refroidissement actif, basé sur un fluide caloporteur pour une meilleure efficacité énergétique.

10 Il est constitué d'un système photovoltaïque transparent (3) à concentration (2), suivi d'un générateur thermoélectrique (6) à concentration (5) capable d'exploiter le rayonnement transmise. Un système de refroidissement actif basé sur un fluide au choix (eau, azote, nano-fluide,.....), connecté à la fois à la surface inférieure du panneau photovoltaïque par un canal parallélépipédique en verre transparent (4) et aux surfaces du générateur thermoélectrique par
15 des canaux cylindriques (10, 12).

Cette connexion a pour objectif de remédier au problème d'échauffement des cellules photovoltaïques (3) et de la plaque inférieure du thermoélectrique par leur refroidissement. De plus, le fluide chaud résultant du processus de refroidissement sera réutilisé comme source de chaleur durant la nuit, pour permettre au système thermoélectrique (6) de générer de l'énergie,
20 ce qui permettra de prolonger la durée de conversion électrique de ce dispositif hybride. Un support (13) de maintien, configuré pour supporter, loger et coupler indirectement les éléments du système hybride solaire à double concentrateurs de manière à obtenir une structure fermée et compacte, un film de protection et d'isolation (14) en matériau isolant plié, d'une épaisseur millimétrique recouvrant toute la surface du support (13) sans oublier le
25 système de contrôle de température et de pompage piloté par une boîte de commande électronique (16)

Le dispositif selon l'invention est particulièrement destiné à l'exploitation d'énergie solaire pour la production d'électricité.

Figure pour l'abrégé : Fig. 6

DESCRIPTION DE L'INVENTION

Domaine technique de l'invention

La présente invention concerne une mini-station solaire autonome compacte pour la production simultanée de la chaleur et de l'électricité. Elle se compose d'un système hybride à double concentrateurs et à fluide de refroidissement intégré combinant un panneau photovoltaïque transparent à concentration (CPV) indirectement couplé à un générateur thermoélectrique à concentration (CTE).

Etats de la technique

Le dispositif photovoltaïque est capable de convertir le rayonnement solaire de faible longueur d'onde en électricité ; il est formé généralement par un ensemble de cellules solaires connectées électriquement entre elles en série et en parallèle, pour obtenir la puissance demandée. Ces cellules sont entourées par des éléments qui leur confèrent une protection par rapport aux agents externes et une rigidité pour se fixer aux structures qui les supportent. A titre d'exemple, une encapsulation constituée d'un matériau qui présente une bonne transmission et une faible dégradabilité, de couverture extérieure et postérieure en verre trempé résistant aux conditions climatiques et avec une faible réflexion, encadrement en métal, normalement en aluminium, assure rigidité et étanchéité à l'ensemble, en plus d'une structure solide permettant le maintien mécanique des panneaux.

Cependant le reste de la gamme spectral, précisément les rayonnements correspondant aux grandes longueurs d'onde, subit une perte par transmission. En plus, pour limiter l'augmentation de la température des cellules photovoltaïques due à la thermalisation, un refroidissement permanent de ce dispositif est nécessaire. Actuellement, la solution principale apportée à ce problème, est l'utilisation d'un système de refroidissement passif basé sur la ventilation, dont la consommation d'énergie est relativement importante, et non productive, réduisant ainsi le rendement du dispositif photovoltaïque. Sans oublier que la production électrique de ce dernier a une marge très réduite, limitée par le rayonnement journalier qui ne dépasse généralement pas les dix heures.

Dans l'objectif d'améliorer la performance du dispositif photovoltaïque, plusieurs systèmes innovants ont vu le jour. On distingue notamment le système hybride combinant les technologies photovoltaïque et thermoélectrique.

Comme décrit dans les brevets US 8.420,926 B1, US 2011/0155214 A1, US 2011/0048488 A1 et US 4,710588, un système hybride se base généralement sur un contact physique (couplage direct) entre les dispositifs photovoltaïque et thermoélectrique, de sorte que ce dernier élément sert à refroidir les cellules photovoltaïques par dissipation de chaleur.

5 Cela montre qu'il est utilisé en premier ordre comme un Peltier pour le refroidissement, avant d'être utilisé comme un générateur transformant la chaleur absorbée en courant électrique.

Dans le brevet US 2011/0048488 A1, un réseau de couples thermoélectriques comprenant chacun un semi-conducteur de type p et un semi-conducteur de type n avec un pont électriquement conducteur, est formé sur la couche électriquement isolante et thermiquement conductrice d'une cellule photovoltaïque qui lui permet la dissipation de chaleur de la couche photovoltaïque vers la couche thermoélectrique.

Conformément à la même conception et structure, dans le brevet US 2011/0155214, le module photovoltaïque comprend un cadre de support, un panneau photovoltaïque fixé sur le support et un module thermoélectrique fixé à son tour sur le panneau photovoltaïque pour réduire la température de ces cellules et cela avec un contact direct entre ces éléments.

Suite à l'analyse de ces inventions, il ressort que la combinaison entre les deux systèmes (photovoltaïque et thermoélectrique) avait pour objectif principal le refroidissement des cellules photovoltaïques à travers la dissipation de chaleur sans avoir recours à un système de refroidissement actif ou passif. En plus d'un premier inconvénient qui est celui du temps d'assemblage relativement long et délicat, le mode de refroidissement à travers un thermoélectrique utilisé comme Peltier risque de causer un transfert inversé de la chaleur dû au contact direct conçu. Ceci a d'ailleurs été démontré dans un article publié au sein d'International Journal of Heat and Mass Transfer 74 (2014) 121-127, où les cellules photovoltaïques ont subi un échauffement excessif (au lieu d'être refroidies). De plus, cette conception n'assure pas la conversion totale des rayonnements transmis considérés comme la plus grande partie perdue du rayonnement solaire.

Objet de l'invention

La conception de l'invention a pour objectif de remédier aux inconvénients précisés précédemment, et en particulier, de proposer un système hybride solaire autonome compact (SHSAC) à double concentrateurs (CPV-CTE) monté en cascade alterné, indirectement couplé, avec une combinaison de refroidissement efficace et productive, une durée de

conversion électrique prolongée, à coût raisonnable par rapport au bénéfice, facile à assembler et à installer et présentant des performances améliorées.

On atteint cet objectif par les revendications annexées.

Les dessins annexés illustrant l'invention.

- 5 - La figure 1 représente, de manière schématique en tridimensionnel, la présente invention (SHSAC).
- La figure 2 représente, de manière schématique, en coupe, la présente invention (SHSAC) selon un mode particulier de réalisation.
- Les figures 3, 4 et 5 représentent, de manière schématique, une vue globale de face, de côté,
10 et d'arrière respectivement, de la présente invention selon un mode particulier de réalisation.
- La figure 6 représente, de manière schématique en tridimensionnel, l'ensemble des éléments constituant la présente invention (SHSAC).

Description primitive de l'invention.

La conception du dispositif objet de l'invention, et comme illustré sur la figure 1,
15 comporte en effet selon une première caractéristique, un système photovoltaïque transparent pour les photons non absorbés, précédé par un concentrateur optique dont le rôle est de concentrer le rayonnement solaire incident, qui sera exploitée par les cellules photovoltaïques pour entamer le processus de conversion électrique, au-dessous un générateur thermoélectrique précédé lui aussi par un concentrateur optique capable de concentrer le
20 rayonnement transmis par le système photovoltaïque. Ce générateur à concentration est entouré d'une isolation qui permettra la conversion par effet Seebeck de la chaleur transmise par le rayonnement. L'effet Seebeck est la génération d'électricité lorsqu'une différence de température est créée entre deux plaques thermoélectriques. Ainsi, il sera le moyen pour exploiter le rayonnement transmis par le système photovoltaïque. Pour la thermalisation, un
25 système de refroidissement actif basé sur un fluide ou nano-fluide au choix (eau, azote, nano-fluide,.....) est combiné à la fois au panneau photovoltaïque transparent pour les photons non absorbés et au module thermoélectrique. Cette combinaison a deux principaux buts : le premier consiste à maintenir les cellules photovoltaïques et la plaque inférieure du thermoélectrique sur une température de fonctionnement optimum (environ 25°C), par leur
30 refroidissement. Tandis que le second consiste à utiliser le fluide caloporteur chaud résultant

du processus de refroidissement mentionné précédemment, comme une source de chaleur durant la nuit, pour permettre au module thermoélectrique de générer de l'énergie sans affecter la réserve d'électricité stockée durant la journée, ce qui permettra d'augmenter l'autonomie de conversion électrique de ce dispositif hybride.

5 Description d'un mode de réalisation de l'invention.

En référence à ces dessins, le montage de ce dispositif hybride (1) suit la voie indirecte où aucun contact physique ne relie les deux systèmes photovoltaïque et thermoélectrique. Selon des modes particuliers de réalisation et d'assemblage il comporte :

10 Un concentrateur optique (2) au-dessus d'un système photovoltaïque transparent (3), dont la surface inférieure est collée à un canal parallélépipédique en verre transparent (4) d'une épaisseur millimétrique permettant le passage du rayonnement transmis, destiné à être parcouru par un fluide ou nano-fluide de refroidissement. Selon d'autres modes de réalisation il peut s'agir d'un conduit cylindrique. Ce canal comporte des zones d'entrée et de sortie de fluide selon son état chaud ou froid.

15 Un second concentrateur optique (5), est intégré entre le système photovoltaïque transparent (3), et le système thermoélectrique (6). Dans le mode de réalisation selon les figures 1, 2 et 6, ce système thermoélectrique à concentration (6) est positionné sous le panneau photovoltaïque transparent (3), sans aucun contact physique, et il est composé de deux plaques de céramique (7) au niveau de sa surface supérieure et inférieure, suivies ou
20 précédées selon la surface, d'une couche de cuivre (8) et entre elles un matériau thermoélectrique de type tellure de bismuth Bi_2Te_3 (9).

Les surfaces supérieure et inférieure des plaques de céramique (7) sont en contact direct avec des canaux cylindriques, de diamètre millimétrique disposés en serpent, transportant respectivement le fluide chaud (10) dont l'entrée est liée au premier réservoir
25 (11a), et le fluide froid (12) dont l'entrée est liée au troisième (11c) réservoir.

Un système de maintien du système hybride à double concentrateurs (CPV-CTE) qui consiste en une structure de support (13) assez rigide mécaniquement et résistante à la température élevée, pour supporter l'ensemble des éléments. C'est-à-dire qu'il doit supporter son propre poids, celui du panneau photovoltaïque transparent (3) et du générateur
30 thermoélectrique (6), et créera aussi une encapsulation sur le dispositif thermoélectrique, de manière à obtenir une structure fermée et compacte.

Selon un mode particulier de réalisation représenté sur les figures 1 et 2, le support (13) comporte des entrailles configurées pour loger les deux concentrateurs optiques, les systèmes thermoélectrique et photovoltaïque transparents pour les photons non absorbés, et les systèmes de refroidissement et d'échauffement. Ces entrailles sont réalisées dans les parois latérales du support (13).

Selon un mode particulier de réalisation représenté sur les figures 1, 2 et 6, le support (13) est sous forme d'un U de manière à éviter tout contact de la surface inférieure du générateur thermoélectrique (6) avec l'extérieur et créer aussi une encapsulation sur ce dernier.

Un film de protection et d'isolation (14) couvre toute la surface du support (13) pour éviter tout échange d'énergie avec l'extérieur. Ce film est en matériau isolant plié, permettant ainsi de l'utiliser sur n'importe quelle forme du support. Il a une épaisseur millimétrique de manière à faciliter sa mise en forme et d'alléger le poids du support (13).

Selon un mode particulier de réalisation représenté sur les figures 1, 2 et 5, le support (13) et le film (14) sont maintenus par des éléments de fixation (15), assurant une stabilité et homogénéité considérable avec la partie inférieure réservée au stockage.

Selon un mode particulier de réalisation représenté sur les figures 3, 4, 5 et 6, le dispositif comporte une boîte de commande (16) intégrant à la fois le système électronique, le système de pompage et le régulateur de température, de façon à contrôler toutes les parties qui contribuent au fonctionnement de la présente invention.

Selon un mode particulier de réalisation représenté sur les figures 3, 4, 5 et 6, les réservoirs du fluide chaud (11a) et tiède (11b), sont thermiquement isolés et respectivement installés au-dessous du système hybride à double concentrateurs (CPV-CTE) (1), de façon à être connectés aux canaux de refroidissement et d'échauffement par des tuyauteries (17).

Selon un mode particulier de réalisation représenté sur les figures 3, 4, 5 et 6, les réservoirs du fluide chaud (11a) et tiède (11b), sont séparés par un isolant thermique de façon à éviter tout échange thermique entre les deux fluides, pour que chacun garde sa propre température de stockage.

Selon un mode particulier de réalisation représenté sur les figures 2, 3 et 4, les tuyauteries (17) sont configurées et positionnées pour assurer la commodité de la circulation du fluide selon le besoin.

Selon un mode particulier de réalisation représenté sur la figure 5, le tuyau (17a) est positionné au niveau de la boîte de commande de façon à être connecté à une source extérieure de fluide froid.

5 Selon un mode particulier de réalisation représenté sur les figures 3, 4, 5 et 6, l'ensemble du système hybride à double concentrateurs (CPV-CTE) (1) et les réservoirs (11) sont maintenus par des éléments de fixation (18) assurant une bonne stabilité sur le sol.

Le système hybride à double concentrateurs (CPV-CTE) est lié à une batterie dédiée au stockage d'énergie produite par ce système hybride.

10 Le dispositif objet de l'invention est particulièrement destiné à l'exploitation d'énergie solaire pour la production d'électricité.

15

20

25

REVENDEICATIONS

- 1) Système hybride solaire autonome compact (SHSAC) pour la production simultanée de la chaleur et de l'électricité. Ce système est composé d'un double concentrateurs et d'un fluide de refroidissement intégré combinant un panneau photovoltaïque transparent à concentration (CPV) indirectement couplé à un générateur thermoélectrique à concentration (CTE).
5
- 2) Système hybride solaire autonome compact (SHSAC) selon la revendication 1 caractérisé par un montage en cascade permettant un assemblage sous forme d'une structure compacte.
10
- 3) Système hybride solaire autonome compact (SHSAC) selon les revendications 1 et 2 caractérisé par deux concentrateurs montés d'une manière alternée, associés selon leurs positions aux systèmes photovoltaïque et thermoélectrique.
15
- 4) Système hybride solaire autonome compact (SHSAC) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé de façon à ce que le canal parallélépipédique de refroidissement (4) en verre transparent ait une épaisseur millimétrique pour une faible atténuation permettant le passage du rayonnement transmis.
20
- 5) Système hybride solaire autonome compact (SHSAC) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé de façon à ce que les canaux cylindriques disposés en serpentins parcourus par le fluide ou nano-fluide chauds (10) résultant du processus de refroidissement du CPV, soient configurés pour devenir la source de chaleur pour le générateur thermoélectrique (6) à concentration (4) durant la nuit, et ainsi prolonger la durée de production électrique ce sans utilisation de batterie.
25
- 6) Système hybride solaire autonome compact (SHSAC) (1) pour l'exploitation d'énergie solaire constitué par les éléments suivants :
30
 - Un support (13) en matériau isolant thermique, à quatre entailles se faisant face.

- Un film de protection et d'isolation (14) recouvrant intégralement la surface extérieure du support (13).
- Un panneau photovoltaïque transparent (3) à concentration (2) dont la surface inférieure est collée à un canal parallélépipédique en verre transparent (4) pour le transport du fluide de refroidissement.
- Un générateur thermoélectrique (6) à concentration (5), dont les surfaces supérieure et inférieure sont collées à des canaux cylindriques consacrés à être parcourus par du fluide chaud (10) et du fluide froid (12) respectivement.
- Un system de contrôle de température et de pompage piloté par une boite de commande électronique (16).
- Deux réservoirs (11) thermiquement isolés, dédiés au stockage des fluides chaud (11a) et tiède (11b).

15

20

25

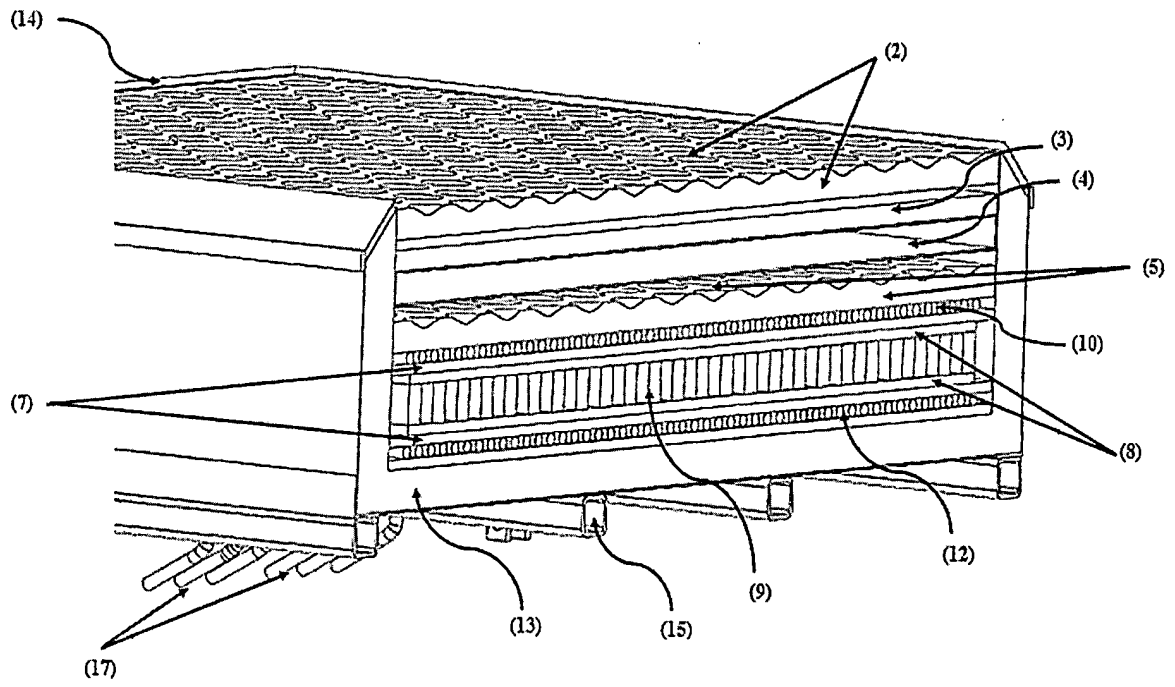


Figure 1

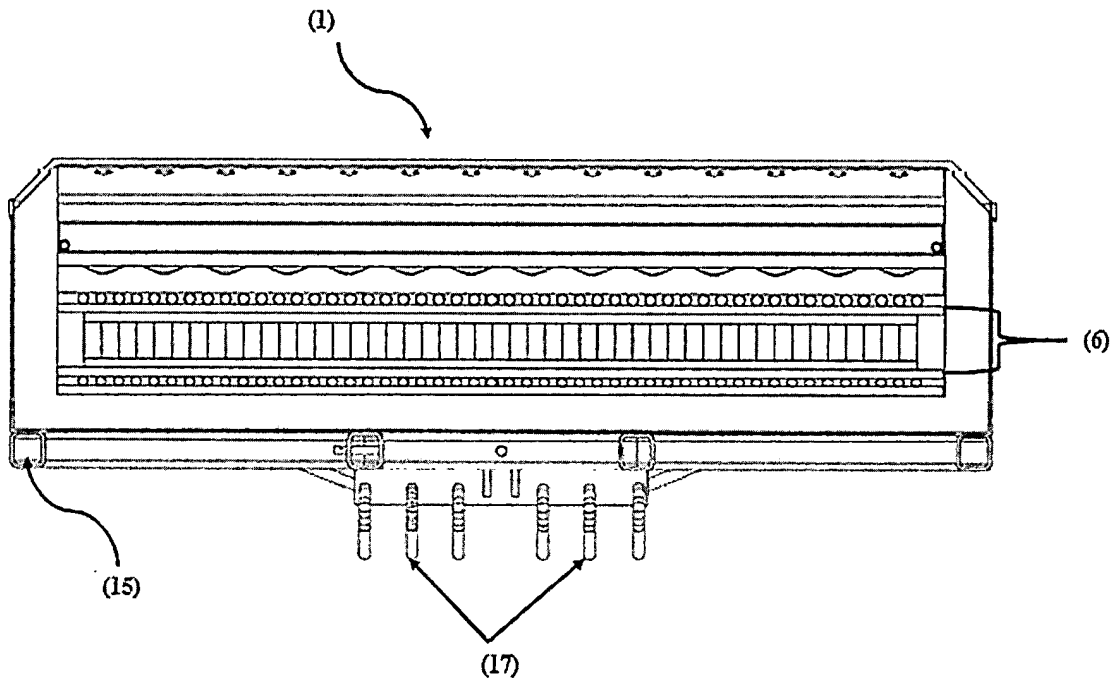


Figure 2

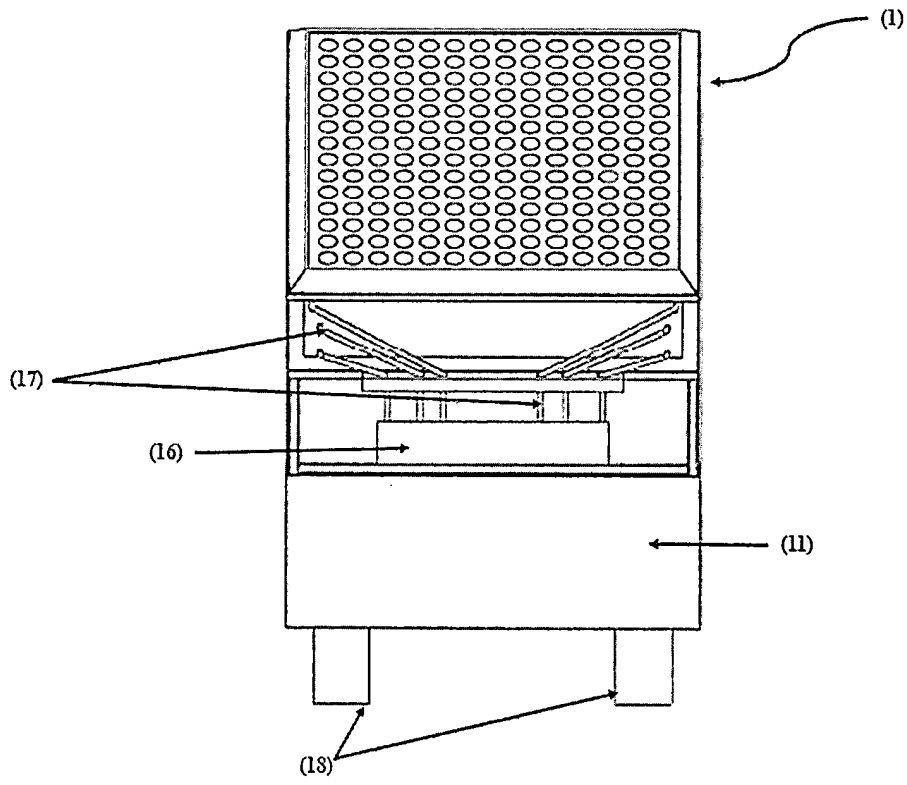


Figure 3

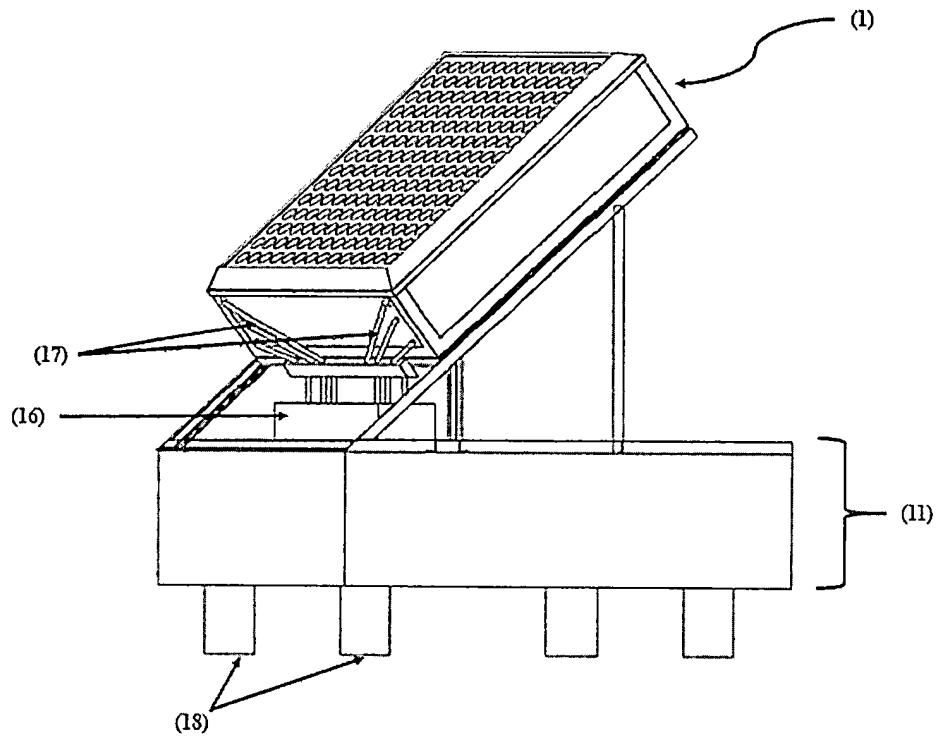


Figure 4

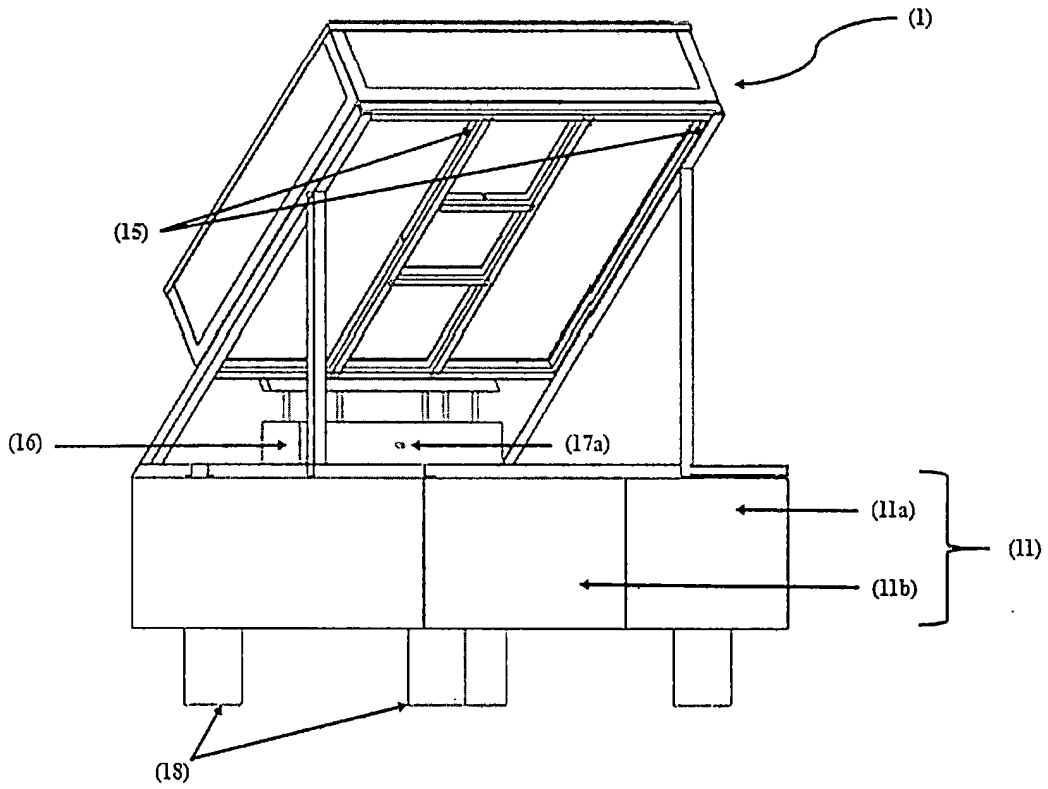


Figure 5

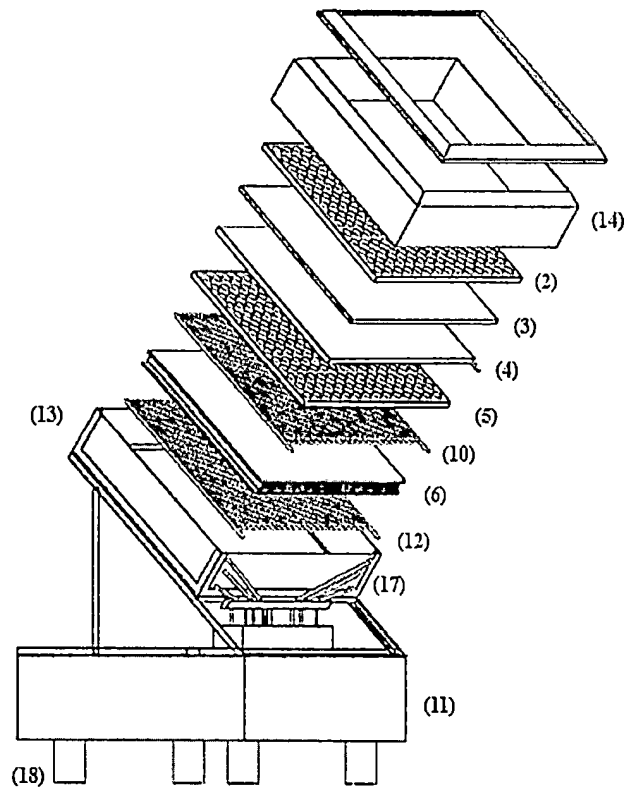


Figure 6

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 : 44814	Date de dépôt : 07/02/2019
Déposant : CENTRE NATIONAL DE L'ENERGIE, DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES NUCLÉAIRES.	
Intitulé de l'invention : Système hybride solaire autonome compact, indirectement couple pour la production simultanée de la chaleur et de l'électricité et son procédé de réalisation.	
Classement de l'objet de la demande : CIB : H 01L 35/00	
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 type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: Mohamed EL KINANI	Date d'établissement du rapport : 21/10/2020
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	



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
1-6
- 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 (Couvrant 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

Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants:

D1 : <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.12.088>

1. Nouveauté

Aucun document de l'état de la technique considéré ne divulgue un système hybride solaire autonome compact pour l'exploitation de l'énergie solaire tel que décrit dans la revendication 1 de

la présente demande.

Par conséquent, l'objet la revendication indépendante 1 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. D'où l'objet des revendications dépendantes 2-6 est également considéré comme nouveau.

2. Activité inventive

Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue un système hybride solaire autonome compact pour l'exploitation de l'énergie solaire constitué par un panneau photovoltaïque transparent indirectement couplé à un générateur thermoélectrique à concentration, un film de protection et d'isolation et un circuit de circulation de l'eau de refroidissement.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère essentiellement de ce système connu en ce que :

- le panneau photovoltaïque transparent est à concentration dont la surface inférieure est collée à un canal parallélépipédique en verre transparent pour le transport du fluide de refroidissement.
- le générateur thermoélectrique à concentration ayant les surfaces supérieure et inférieure collées à des canaux cylindriques consacrés à être parcourus par du fluide chaud et du fluide froid respectivement.
- Un système de contrôle de température et de pompage piloté par une boîte de commande électronique.
- Deux réservoirs thermiquement isolés, dédiés au stockage des fluides chaud et tiède.

Le problème objectif technique à résoudre par cette différence peut être considéré comme améliorer le système connu afin de fournir un système hybride solaire CPV-TE permettant de maximiser l'exploitation de l'énergie solaire.

La solution proposée dans la revendication 1 n'est ni décrite ni rendue évidente dans l'art antérieur considéré.

D'où 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.

Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 2-6 implique également une activité inventive.

3. Application industrielle

L'objet 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.