

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication :

2 923 918

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national :

07 59051

51) Int Cl⁸ : G 02 B 19/00 (2006.01), G 02 B 5/10, 3/04, H 01 L 31/
052, F 24 J 2/06

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 15.11.07.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 22.05.09 Bulletin 09/21.

56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71) Demandeur(s) : DELTA SOLAR SYSTEM Société à
responsabilité limitée — FR.

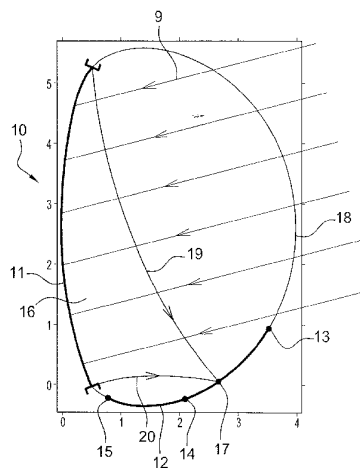
72) Inventeur(s) : ECHARD JEAN FRANCOIS.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET CAMUS LEBKIRI.

54) DISPOSITIF COLLECTEUR D'ONDES ELETROMAGNETIQUES.

57) La présente invention concerne un dispositif (10) collecteur d'ondes électromagnétiques. L'invention trouve une application particulièrement intéressante dans le domaine de l'énergie solaire en tant que collecteur de rayons lumineux. Le dispositif (10) comporte un premier élément concentrateur présentant une surface réfléchissante (11), ladite surface réfléchissante (11) réfléchissant un ensemble d'ondes (9) provenant dudit émetteur et un second élément récepteur présentant une surface réceptrice d'ondes (12), ladite surface réceptrice (12) recevant les ondes réfléchies sur ladite surface réfléchissante (11). La surface réfléchissante (11) et la surface réceptrice (12) présentent une forme spécifique adaptée à une réception par ladite surface réceptrice (12) de l'ensemble d'ondes (9) provenant de l'émetteur quels que soient l'azimut et la hauteur dudit émetteur et sans modification de la position du concentrateur (11) ni du récepteur (12).



FR 2 923 918 - A1



DISPOSITIF COLLECTEUR D'ONDES ELECTROMAGNETIQUES

La présente invention concerne un dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques. L'invention trouve une application particulièrement intéressante dans le domaine de l'énergie solaire en tant que collecteur de rayons lumineux.

L'énergie solaire est l'énergie que dispense le soleil par son rayonnement, directement ou de manière diffuse à travers l'atmosphère. Pour estimer le potentiel de l'énergie solaire, il suffit de savoir que la totalité reçue sur la Terre en un peu moins d'une heure permettrait, si elle était récupérable en sa totalité, de répondre aux besoins énergétiques de l'humanité pendant un an. Autrement dit, l'énergie solaire reçue sur la surface du globe équivaut environ à 10 000 fois l'énergie consommée par l'ensemble de la population mondiale. Il suffirait donc de capter 0,01% de cette énergie pour réussir à se passer de l'énergie issue des modes de production à base de combustibles fossiles, filières émettant une grande partie des gaz à effet de serre.

Le développement et l'intérêt actuel pour l'énergie solaire sont dus en partie à l'épuisement prévisible des énergies non renouvelables comme le pétrole, le gaz, le charbon, mais aussi aux souhaits de réduction de l'émission des gaz à effet de serre. L'énergie d'origine solaire peut être un complément très efficace aux autres énergies.

L'énergie que nous recevons du soleil varie suivant les régions, en fonction de l'ensoleillement annuel de la région et de la latitude. Cette énergie reçue à la surface de la Terre, appelée flux solaire, doit être utilisée et transformée avec le meilleur rendement possible par un capteur solaire.

On appelle capteur solaire tout dispositif apte à récupérer directement une partie plus ou moins importante de l'énergie issue du rayonnement solaire qui lui parvient, et à convertir cette énergie en une autre forme d'énergie utilisable par l'homme.

Il existe deux types de capteurs solaires connus se distinguant par le type de transformation d'énergie qu'ils fournissent : les capteurs solaires thermiques et les capteurs solaires photoélectriques aussi appelés capteurs photovoltaïques.

5 Le principe des capteurs solaires thermiques est de convertir l'énergie du rayonnement solaire en chaleur à l'aide de panneaux solaires, généralement de surfaces planes, et d'un système de circulation d'un fluide caloporteur pour transporter la chaleur absorbée par le fluide caloporteur vers un lieu de stockage.

10 Les capteurs solaires photovoltaïques comportent un panneau, généralement de surface plane, dans lequel sont intégrées des cellules photovoltaïques qui convertissent l'énergie du rayonnement solaire en électricité. Les cellules photovoltaïques sont des cellules fragiles qu'il est nécessaire d'encapsuler dans les panneaux solaires afin de les protéger des
15 chocs et de l'humidité.

Quel que soit le type de capteurs, la production d'énergie électrique ou thermique de ces dispositifs varie en fonction de la position du soleil dans la journée. Les rayons solaires sont rarement captés à leur maximum d'intensité, sauf lors d'un bref instant, lorsque la position du soleil est à son zénith dans le
20 plan du méridien du lieu.

Les mouvements apparents du soleil dans la journée et selon la date dans l'année, impliquent que l'azimut et la hauteur des rayons du soleil par rapport au capteur solaire évoluent en permanence. Le rendement de ces dispositifs, en particulier s'ils sont plans, diminue fortement lorsque la date
25 s'éloigne de celle des équinoxes.

De façon connue, afin d'augmenter le rendement de ces capteurs, des dispositifs ont été développés de façon à concentrer l'énergie solaire de façon beaucoup plus importante. Ces dispositifs sont appelés capteurs à concentration solaire ou collecteurs solaires. Les collecteurs solaires sont

généralement utilisés dans des centrales solaires pour la production d'électricité solaire à plus grande échelle.

La production d'électricité solaire dans les centrales solaires suit le même principe que les autres transformations de chaleur en électricité (centrales thermiques, centrales nucléaires, ...). On transforme la chaleur en énergie mécanique par l'intermédiaire d'un gaz porté à haute température et haute pression qui fait tourner une turbine entraînant un alternateur. Pour que le système ait un bon rendement, il est indispensable d'obtenir des hautes températures pour chauffer suffisamment le gaz. Aujourd'hui, les capteurs solaires ne permettent pas d'atteindre de telles températures. Pour améliorer le rendement, le principe d'une centrale solaire consiste aujourd'hui à concentrer les rayons solaires vers un point à l'aide d'un collecteur solaire comprenant notamment une multitude de panneaux mobiles appelés héliostats.

Les centrales solaires sont classées selon la méthode utilisée par les collecteurs solaires pour focaliser les rayons solaires.

Dans les centrales dites à collecteurs cylindro-paraboliques, une surface réfléchissante ou un réflecteur, de forme cylindro-parabolique, concentre les rayons solaires sur un tube horizontal, dans lequel circule un fluide caloporteur qui sert à transporter la chaleur vers la centrale solaire. Pour être efficace durant toute une année, le réflecteur tourne autour d'un axe horizontal ce qui permet de capter le maximum de rayons solaires quelle que soit l'inclinaison du soleil durant les différentes périodes de l'année. En revanche, pour une date donnée dans l'année, ce système ne permet pas de capter le maximum du flux solaire disponible tout au long de la journée.

Dans une centrale à collecteur parabolique, les réflecteurs sont situés sur un paraboloïde de grande dimension. Les rayons du soleil sont concentrés sur le foyer du paraboloïde, où se trouve un dispositif permettant de convertir l'énergie solaire ainsi concentrée en énergie électrique. Dans un collecteur parabolique, les rayons solaires sont concentrés à leur maximum d'intensité

seulement lorsque les rayons sont parallèles à l'axe dudit paraboloïde, c'est-à-dire lorsque le soleil est à son zénith en passant dans le plan méridien du lieu. Lorsque le soleil n'est pas dans cette position, les rayons ne sont plus parallèles à l'axe du paraboloïde ; le paraboloïde ne concentre plus les rayons sur un point, le rendement de ces dispositifs diminue alors considérablement. Pour remédier à cette perte de rendement, lorsque le soleil n'est pas à son zénith, les collecteurs paraboliques de ces centrales sont orientables à l'aide d'un mécanisme complexe permettant de suivre les mouvements en temps réel du soleil, en fonction de sa hauteur et de son azimut.

10 Dans une centrale à miroirs de Fresnel, le miroir parabolique global ou les miroirs incurvés l'approximant, sont remplacés par des bandes de petits miroirs plans inclinables, disposées parallèlement au sol. Chacun de ces petits miroirs est incliné de façon spécifique pour suivre les mouvements du soleil et faire en sorte que les rayons réfléchis convergent vers le récepteur à tout moment. Il existe également des centrales à miroirs de Fresnel disposés parallèlement au sol associés à un récepteur mobile se déplaçant pour recevoir à tout moment les rayons réfléchis convergents. Une dernière solution consiste à remplacer les miroirs de Fresnel par des lentilles de Fresnel. Cependant, le problème lié au suivi des mouvements du soleil est de même nature que précédemment.

20 Ainsi, afin d'obtenir les meilleurs rendements possibles, les collecteurs solaires actuels doivent être inclinables pour suivre en permanence le positionnement du soleil en fonction de l'heure dans la journée et de la date dans l'année. Il existe des collecteurs qui sont inclinables suivant un ou deux axes de rotation; dans les systèmes les plus complexes, les deux axes de rotation peuvent être motorisés.

Pour optimiser au maximum le rendement des collecteurs solaires, il est alors indispensable de prévoir un dispositif contrôlant en temps réel le positionnement suivant l'axe horizontal et l'axe vertical du collecteur solaire. Un tel dispositif de positionnement nécessite une grande précision des

moteurs, un pilotage assisté par ordinateur en temps réel et implique une consommation d'énergie et un coût de maintenance non négligeables.

En conséquence, les solutions présentées ci-dessus présentent certaines difficultés de rentabilité et de mise en œuvre pour être utilisées et développées à grande échelle. En effet, ces dispositifs sont relativement coûteux du fait de leur complexité de paramétrage, de l'association de moteurs électriques précis et de la nécessité de disposer de grands espaces ensoleillés pour disposer d'un rendement relativement intéressant.

Dans ce contexte, l'invention vise à fournir un collecteur d'ondes électromagnétiques, en particulier solaires, permettant de s'affranchir des problèmes qui viennent d'être exposés et notamment de l'utilisation d'un mécanisme complexe d'orientation du collecteur.

A cet effet, l'invention propose un dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques apte à recevoir des ondes provenant d'un émetteur comportant :

- un premier élément concentrateur présentant une surface réfléchissante ou une surface réfringente d'ondes, ladite surface réfléchissante ou réfringente réfléchissant ou réfractant un ensemble d'ondes provenant dudit émetteur ;
- un second élément récepteur présentant une surface réceptrice d'ondes, ladite surface réceptrice recevant les ondes réfléchies sur ladite surface réfléchissante ou réfractées par ladite surface réfringente ;

ledit dispositif étant **caractérisé en ce que** ladite surface réfléchissante ou réfringente et ladite surface réceptrice présentent une forme adaptée à une réception par ladite surface réceptrice dudit ensemble d'ondes provenant dudit émetteur quels que soient l'azimut et la hauteur dudit émetteur et sans modification de la position dudit concentrateur et dudit récepteur.

On désigne par le terme « collecteur d'ondes », ou « collecteur », l'ensemble du dispositif formé par un concentrateur comprenant une surface

réfléchissante de type miroir ou une surface réfringente servant à concentrer l'énergie, et par un récepteur d'ondes ou récepteur ; ledit récepteur comprend une surface réceptrice dont la forme est directement liée à celle du concentrateur. Le collecteur comporte en outre un dispositif « convertisseur »
5 transformant l'énergie des ondes perçues en une autre forme d'énergie utilisable par l'homme. Ledit convertisseur est par exemple, pour des ondes solaires, un dispositif comportant une pluralité de cellules photovoltaïques.

Grâce à l'invention, en particulier dans le cas des ondes solaires, il est possible de concentrer la plus grande partie des rayons solaires réfléchis
10 quels que soient l'azimut et la hauteur du soleil, tout en gardant le dispositif collecteur d'ondes fixe ; pour cela il est nécessaire de disposer ledit dispositif collecteur d'ondes de sorte que le plan de symétrie du collecteur d'ondes coïncide avec le plan méridien du lieu. Ainsi, quels que soient la hauteur et l'azimut du soleil, le concentrateur concentre sur le récepteur les rayons
15 lumineux reçus en un point unique de convergence ou sur une zone étroite de convergence autour du point de rebroussement de la caustique des rayons réfléchis. Le point de convergence ou la zone de convergence se déplacent sur le récepteur, en fonction de l'azimut et de la hauteur du soleil. Sur le récepteur est installé le convertisseur, dispositif thermique ou photovoltaïque,
20 permettant ainsi de récupérer et de transformer le maximum de l'énergie solaire reçue par le concentrateur.

Le collecteur d'ondes selon l'invention peut comporter, en plus des caractéristiques principales qui viennent d'être mentionnées dans le paragraphe précédent, une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous,
25 considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le concentrateur présente une surface réfléchissante fixe engendrée par une courbe dont une développée présente quels que soient l'azimut et la hauteur dudit émetteur, un point de rebroussement ou une zone très
30 restreinte de convergence correspondant au sommet d'une caustique et

ledit récepteur présente une surface réceptrice engendrée par le lieu de déplacement dudit point de rebroussement ou de ladite zone de convergence de ladite caustique ;

5 - les ondes électromagnétiques sont des ondes lumineuses, notamment des rayons lumineux provenant du soleil ;

10 - la surface réfléchissante dudit concentrateur présente une concavité verticale et horizontale identique hypocycloïdale et ladite surface réceptrice dudit récepteur présente une concavité verticale complémentaire, lieu du déplacement dudit point de rebroussement de la caustique ;

- la surface réfléchissante dudit concentrateur présente une concavité verticale et horizontale identique deltoïdale et ladite surface réceptrice présente une concavité verticale complémentaire épicycloïdale à trois rebroussements ;

15 - la géométrie de ladite surface réfléchissante dudit concentrateur est définie par les équations paramétriques suivantes dont les coordonnées cartésiennes sont :

$$x = r*[2*\sin(t) - \sin(2*t) + (2*\cos(v) + \cos(2*v) + 1,5)*\cos(t/2)] ;$$

$$y = r*[-(2*\cos(t) + \cos(2*t) + 1 + (2*\cos(v) + \cos(2*v) + 1,5)*\sin(t/2))] ;$$

20 $z = r*[-(2*\sin(v) - \sin(2*v) - a)] ;$

où

t est une variable exprimée en radians ;

v est une variable exprimée en radians ;

r est un paramètre du deltoïde variable ;

25 a est une constante ;

et la géométrie de ladite surface réceptrice est définie par les équations paramétriques suivantes dont les coordonnées cartésiennes sont :

$$x = r*[2*\sin(t) - \sin(2*t) - (4*\cos(v/2) + \cos(2*v) - 0,5)*\cos(t/2)] ;$$

30 $y = r*[-(2*\cos(t) + \cos(2*t) + 1 - (4*\cos(v/2) + \cos(2*v) - 0,5)*\sin(t/2))] ;$

$$z = r[-(4 \cdot \sin(v/2) + \sin(2 \cdot v) - a)] ;$$

où

t est une variable exprimée en radians ;

v est une variable exprimée en radians ;

5 r est un paramètre du deltoïde variable ;

a est une constante ;

- chaque coupe horizontale de ladite surface réfléchissante définit une courbe, appelée courbe horizontale, les courbes engendrées par chaque coupe horizontale étant identiques ;

10 - chaque courbe épicycloïde d'un plan vertical de ladite surface réceptrice est perpendiculaire à chacune des courbes horizontales deltoïdes de la surface réfléchissante ;

- le dispositif collecteur d'ondes comporte un convertisseur transformant l'énergie concentrée sur ladite surface réceptrice en énergie thermique ou électrique, ledit convertisseur étant disposé sur ladite surface réceptrice ;

15

- le convertisseur comprend une pluralité de capteurs photovoltaïques ou thermiques ;

- lesdits capteurs photovoltaïques ou thermiques sont montés sur un support mobile ;

20

- le collecteur d'ondes comporte trois surfaces réfléchissantes disposées selon un angle de 120 degrés entre chaque surface réfléchissante ; à chacune desdites surfaces réfléchissantes est associée une surface réceptrice ;

25

- le plan de pose dudit dispositif collecteur est incliné suivant un angle β par rapport à un plan horizontal de référence ;

- l'angle β est défini par l'équation :

$$\beta = 53,44 - \Phi ;$$

où

30 β est exprimé en degrés ;

Φ est une variable, correspondant à la latitude du lieu, exprimée en degrés.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront plus clairement de la description qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

- la figure 1 représente un schéma de principe en coupe verticale du collecteur d'ondes de type doublement deltoïdal, suivant l'invention ;
- la figure 2 représente une vue filaire du dispositif collecteur d'ondes de type doublement deltoïdal, suivant l'invention ;
- 10 - la figure 3 représente un exemple de réalisation de bâtis rigides constituant le récepteur et servant de support à la surface réceptrice.

Dans toutes les figures, les éléments communs portent les mêmes numéros de référence.

Les notions de direction et de position, de type "horizontal", "vertical",... sont mentionnées dans des conditions classiques de disposition des différents éléments concernés lorsqu'ils sont effectivement mis en place dans un dispositif collecteur d'ondes.

La figure 1 illustre le principe de fonctionnement d'un dispositif collecteur d'ondes 10, de type doublement deltoïdal, suivant l'invention. Le dispositif 10 est représenté en coupe dans un plan vertical. Ledit dispositif 10 est composé d'une surface réfléchissante 11 telle qu'un miroir et d'une surface réceptrice 12 sur laquelle on peut disposer par exemple des capteurs photovoltaïques pour la transformation de l'énergie solaire.

La surface réfléchissante 11 est positionnée le long d'un plan vertical perpendiculaire au plan de coupe, et orientée de façon à pouvoir capter des ondes émises 9 par un émetteur ; la surface réfléchissante 11 présente une concavité particulière de type deltoïde. Pour une position de l'émetteur d'ondes, les ondes 9 se réfléchissent sur la concavité deltoïdale de la surface réfléchissante 11 en formant une caustique 16 de forme astroïdale. Lorsque les ondes 9 arrivent perpendiculairement à la concavité deltoïdale, les

bordures 19, 20 de la caustique 16 convergent en un point particulier 17 où se concentre la plus grande partie des ondes réfléchies ; le point particulier 17 est appelé point de rebroussement de la caustique. Quelle que soit la position en hauteur de l'émetteur d'ondes, les ondes réfléchies forment une caustique
5 astroïdale, avec un point de rebroussement se déplaçant le long d'une courbe spécifique 18 de forme épicycloïde à trois rebroussements. Lorsque les ondes ne frappent pas perpendiculairement mais obliquement la surface réfléchissante 11, les bordures 19 et 20 de la caustique 16 convergent dans une zone très proche de la courbe spécifique épicycloïdale 18.

10 La surface réceptrice 12 est une partie de la courbe spécifique 18 de forme épicycloïde à trois rebroussements. Cette partie est délimitée par l'impact du point de rebroussement de la caustique au solstice d'été 15 et le point de rebroussement de la caustique au solstice d'hiver 13. Entre le point de rebroussement de la caustique au solstice d'été 15 et le point de
15 rebroussement de la caustique au solstice d'hiver 13, le soleil passe par une position appelée équinoxe correspondant au point de rebroussement de la caustique 14 sur la surface réceptrice 12.

Ainsi la surface réceptrice 12 reçoit un flux d'ondes concentré pour toute position de l'émetteur en hauteur.

20 Ce principe de fonctionnement est également vérifié pour un déplacement de l'émetteur de façon latérale (variation de l'azimut). En effet, la surface réfléchissante 11 comprend une deuxième concavité définie par une courbe deltoïde horizontale perpendiculaire au plan de coupe et de même caractéristique que la concavité définie dans ce plan de coupe : nous
25 reviendrons sur ce point en référence à la figure 2. En définitive l'application de ce dispositif avec une source émettrice telle que le soleil, permet de récupérer via la surface réceptrice 12 l'ensemble des rayons réfléchis quelle que soit la position en hauteur ou en azimut du soleil et quelle que soit la latitude du lieu du dispositif de collecteur d'ondes. La surface réceptrice 12
30 récupère l'essentielle des rayons réfléchis dans une zone restreinte située de

part et d'autre du point de rebroussement 17 : la taille de la zone restreinte permettant d'optimiser la quantité de rayons réfléchis récupérée par la surface réceptrice 12. En d'autres termes, il est possible de positionner des convertisseurs uniquement sur cette zone restreinte, tout en récupérant

5 l'essentielle des rayons solaires, quelle que soit la position en hauteur ou en azimut du soleil. L'amélioration de la concentration des rayons solaires ainsi définie, permet de disposer d'un collecteur d'ondes fixe, d'une grande efficacité, en s'affranchissant d'un mécanisme complexe d'orientation. Pour cela, il est seulement nécessaire de disposer ledit dispositif collecteur d'ondes

10 10 de sorte que le plan de symétrie du collecteur d'ondes 10 coïncide avec le plan méridien du lieu dudit dispositif. Autrement dit, dans l'hémisphère nord, le dispositif collecteur d'ondes 10 est orienté vers le sud et dans l'hémisphère sud, ledit dispositif 10 est orienté vers le nord.

Toutefois afin d'optimiser le rendement du dispositif collecteur d'ondes

15 10 quelle que soit la latitude du lieu, il est souhaitable d'incliner suivant un angle β le plan de pose dudit dispositif 10 par rapport à un plan horizontal de référence. L'angle β d'inclinaison du plan de pose du dispositif est fonction de la latitude du lieu. L'angle β se détermine suivant la relation : $\beta = 53,44 - \Phi$; où β et Φ sont exprimés en degrés, Φ correspondant à la latitude du lieu.

20 En effet à l'équateur, il est nécessaire d'incliner le dispositif afin d'éviter que la partie supérieure du dispositif 10 crée une zone d'ombre sur le concentrateur amenuisant ainsi l'efficacité du collecteur d'ondes 10.

La figure 2, illustre une vue filaire tridimensionnelle du dispositif collecteur d'ondes 10 suivant l'invention.

25 Comme décrit précédemment, la surface réceptrice 11 comporte deux concavités, une première concavité 21 dans un plan vertical et une deuxième concavité 22 dans un plan horizontal. Dans le cas où le dispositif collecteur d'ondes 10 est incliné d'un angle β , on entend par plan horizontal et plan vertical, les plans en référence au dispositif 10 formant un angle β avec le

30 plan horizontal et vertical de référence.

Les deux concavités 21, 22 sont similaires et sont de forme hypocycloïdale. L'illustration de la figure 2 est un exemple particulier d'une double concavité hypocycloïdale, avec une surface réfléchissante composée d'une double concavité deltoïdale 21 et 22. Cette surface géométrique présente la particularité suivante : chaque coupe verticale de la surface réfléchissante 11 est une courbe deltoïde identique 21 et chaque coupe horizontale de la surface réfléchissante 11 est une courbe deltoïde identique 22.

La réalisation de la surface réfléchissante 11 peut s'effectuer à l'aide d'une seule pièce définissant toute la surface doublement deltoïdale. Ce type de fabrication peut être réalisé à l'aide d'une machine numérique, en utilisant les équations paramétriques définies ci-dessous, puis par formage sous presse par exemple. La forme doublement deltoïdale de la surface réfléchissante peut également être approximée par une succession de fines bandelettes de même largeur comme par exemple une largeur voisine de $1/32$ de longueur d'arc. Ces bandelettes peuvent être fixées sur des bâtis verticaux ayant la forme concave de la deltoïde verticale 21 de la surface réfléchissante 11. La surface réfléchissante 11 peut être ainsi supportée par un bâti rigide permettant une position stable et fixe de la surface réfléchissante 11.

La surface réceptrice 12 est engendrée par des épicycloïdes, et plus particulièrement dans l'exemple représenté sur la figure 2, engendrée par des épicycloïdes à trois rebroussements 23 identiques. A chaque coupe verticale de la surface réfléchissante 11 est associée une courbe deltoïde 21. La surface réceptrice 12 ainsi formée permet de reproduire le fonctionnement détaillé en figure 1, pour toutes les positions en azimut du soleil. A chaque position du soleil en azimut correspond une courbe deltoïde 21 qui réfléchit les rayons solaires sous la forme d'une caustique qui converge en un point, sur une épicycloïde 23 perpendiculaire à la courbe deltoïde 22.

Les équations paramétriques de la géométrie de la surface réfléchissante 11 doublement deltoïdale et de la surface réceptrice 12

correspondante, dont les coordonnées cartésiennes sont données ci-dessous permettent la réalisation d'un collecteur d'ondes selon un mode de réalisation avantageux de l'invention.

La géométrie de ladite surface réfléchissante 11, doublement deltoïdale est définie par les équations :

$$x = r*[2*\text{Sin}(t) - \text{Sin}(2*t) + (2*\text{Cos}(v) + \text{Cos}(2*v) + 1,5)*\text{Cos}(t/2)] ;$$

$$y = r*[-(2*\text{Cos}(t) + \text{Cos}(2*t) + 1 + (2*\text{Cos}(v) + \text{Cos}(2*v) + 1,5)*\text{Sin}(t/2))] ;$$

$$z = r*[-(2*\text{Sin}(v) - \text{Sin}(2*v) - a)] ;$$

où :

- 10 - la variable "t", exprimée en radians, varie de 2,094 à 4,188 ; la variable "t" correspondant aux angles de 120 degrés à 240 degrés ;
- la variable "v", exprimée en radians, varie de 2,094 à 4,188 ; la variable "v" correspondant aux angles de 120 degrés à 240 degrés ;
- la variable "r" est un paramètre du deltoïde, correspondant au rayon du
- 15 cercle de base du deltoïde.

La géométrie de ladite surface réceptrice 12 du concentrateur, dans le cas d'une surface réfléchissante 11 doublement deltoïdale, est définie par les équations suivantes:

$$x = r*[2*\text{Sin}(t) - \text{Sin}(2*t) - (4*\text{Cos}(v/2) + \text{Cos}(2*v) - 0,5)*\text{Cos}(t/2)] ;$$

$$20 \quad y = r*[-(2*\text{Cos}(t) + \text{Cos}(2*t) + 1 - (4*\text{Cos}(v/2) + \text{Cos}(2*v) - 0,5)*\text{Sin}(t/2))] ;$$

$$z = r*[-(4*\text{Sin}(v/2) + \text{Sin}(2*v) - a)] ;$$

où :

- la variable "t", exprimée en radians, varie de 2,094 à 4,188 ; la variable "t" correspondant aux angles de 120 degrés à 240 degrés.
- 25 - la variable "v", exprimée en radians, varie de 10,472 à 14,661 ; la variable "v" correspondant aux angles de 600 degrés à 840 degrés.
- la variable "r" est un paramètre du deltoïde, correspondant au rayon du cercle de base.

Dans les équations ci-dessus, les symboles Sin et Cos signifient respectivement sinus et cosinus, la constante "a" dans les équations z est

30

définie comme la valeur absolue de l'abscisse (x) du point de rebroussement de l'arc de deltoïde correspondant respectivement à la valeur de $t = 120$ degrés et pour un rayon du cercle du deltoïde $r = 1$. Ainsi une valeur approximative de la constante "a" équivaut à 2,59808.

5 Par exemple, pour un lieu de latitude $\Phi = 46^{\circ},77$ la partie utile de l'épicycloïde à trois rebroussements correspond à :

- t (en radians) variant de 2,301 à 4,005 ;

- v (en radians) variant de 11,007 à 12,111.

10 Les équations de la surface réfléchissante appartiennent à la famille des hypocycloïdes décrivant en particulier un deltoïde de paramètre r .

Les équations de la surface réceptrice appartiennent à la famille des épicycloïdes décrivant en particulier une épicycloïde à trois rebroussements de paramètre r , complémentaires du deltoïde de la surface réfléchissante.

15 D'autres équations, notamment de la famille des hypocycloïdes et des surfaces dont les développés présentent un point de rebroussement, permettent d'obtenir le même effet de caustique convergeant en un point ou une zone très restreinte. On entend par développé d'une courbe, l'enveloppe des droites faisant un angle constant α avec ladite courbe.

20 La figure 3 illustre un mode de réalisation de bâtis rigides 31 formant le récepteur 30 et définissant la surface réceptrice, dans le cas d'une surface réfléchissante doublement deltoïdale.

25 Le récepteur 30 comporte des bâtis rigides 31 identiques disposés perpendiculairement à la courbe deltoïde 22 de la surface réfléchissante. Les bâtis rigides 31 ont pour limite supérieure l'épicycloïde à trois rebroussements 23 de la surface réceptrice et sont fixés verticalement sur un plan horizontal 32 de façon à former une surface correspondant à la surface réceptrice. Ces bâtis 31 peuvent soutenir le dispositif convertisseur qui peut être par exemple constitué de différentes rangées de capteurs de type photovoltaïques ou bien d'un réseau de tubes remplis de fluide caloporteur. Il est également 30 envisageable de limiter l'utilisation des capteurs photovoltaïques relativement

coûteux, en équipant le récepteur de façon à ne couvrir qu'une faible partie de la surface réceptrice de capteurs photovoltaïques ; lesdits capteurs photovoltaïques étant montés sur un support mobile, il serait alors possible de les déplacer manuellement ou automatiquement suivant la hauteur du soleil, c'est-à-dire suivant la période de l'année.

Ainsi, selon un mode de réalisation particulièrement avantageux de l'invention, le dispositif collecteur d'ondes comprend un concentrateur défini par une surface réfléchissante de forme doublement deltoïdale et un récepteur de forme épicycloïdale. Ce collecteur permet de concentrer des rayons solaires indépendamment de la position en azimut et en hauteur du soleil, c'est-à-dire quelles que soient l'heure dans la journée et la date dans l'année, sans l'aide d'un mécanisme complexe d'orientation de la surface réfléchissante, quelle que soit la latitude du lieu du collecteur. Pour un rendement optimal du collecteur, il est souhaitable d'incliner suivant un angle β le plan de pose du collecteur en fonction de la latitude du lieu. Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit.

L'invention peut être également utilisée pour la concentration de tout type d'ondes électromagnétiques, sous réserve d'utiliser un concentrateur défini par une surface dont la développée présente un point de rebroussement de caustique, une surface réceptrice adaptée au déplacement géométrique dudit point de rebroussement de la caustique du concentrateur, ainsi qu'un convertisseur adapté au type d'ondes captées. Il est également envisageable d'utiliser le collecteur d'ondes suivant l'invention par réflexion en remplaçant la surface réfléchissante par une surface réfringente et en plaçant le récepteur à l'endroit de convergence des rayons réfractés.

D'autres applications du collecteur d'ondes suivant l'invention sont envisageables, en particulier tous les types d'applications nécessitant de neutraliser les mouvements de la Terre. Ainsi il est envisageable d'utiliser par exemple le collecteur d'ondes suivant l'invention pour recevoir des ondes provenant d'un émetteur de type satellite pour le rendre géostationnaire, ou

encore dans tous types d'instruments d'astronomie permettant une meilleure concentration des ondes électromagnétiques.

Le collecteur d'ondes électromagnétiques peut être également utilisé dans des dispositifs permettant par exemple le dessalement de l'eau de mer ou encore la purification de l'eau douce, notamment dans des pays où elle est insalubre, en utilisant l'énergie thermique solaire.

REVENDICATIONS

1. Dispositif collecteur d'ondes (10) électromagnétiques apte à recevoir des ondes (9) provenant d'un émetteur, comportant :
- 5 - un premier élément concentrateur présentant une surface réfléchissante (11) ou une surface réfringente d'ondes, ladite surface réfléchissante (11) ou réfringente réfléchissant ou réfractant un ensemble d'ondes (9) provenant dudit émetteur ;
- 10 - un second élément récepteur présentant une surface réceptrice d'ondes (12), ladite surface réceptrice (12) recevant les ondes réfléchies sur ladite surface réfléchissante (11) ou réfractées par ladite surface réfringente ;
- ledit dispositif étant **caractérisé en ce que** ladite surface réfléchissante (11) ou réfringente et ladite surface réceptrice (12) présentent une forme
- 15 adaptée à une réception par ladite surface réceptrice (12) dudit ensemble d'ondes (9) provenant dudit émetteur quels que soient l'azimut et la hauteur dudit émetteur et sans modification de la position dudit concentrateur et dudit récepteur.
- 20 2. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon la revendication 1 caractérisé en ce que ledit concentrateur présente une surface réfléchissante (11) fixe engendrée par une courbe dont une développante présente quels que soient l'azimut et la hauteur dudit émetteur, un point de rebroussement (17) ou une zone très restreinte de
- 25 convergence correspondant au sommet d'une caustique (16) et ledit récepteur présente une surface réceptrice (12) engendrée par le lieu de déplacement dudit point de rebroussement (17) ou de ladite zone de convergence de ladite caustique (16).

3. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que lesdites ondes électromagnétiques sont des ondes lumineuses, notamment des rayons lumineux provenant du soleil.

5

4. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que ladite surface réfléchissante (11) dudit concentrateur présente une concavité verticale (21) et horizontale (22) identique hypocycloïdale et ladite surface réceptrice (12) dudit récepteur présente une concavité verticale (23) complémentaire, lieu du déplacement dudit point de rebroussement (17) de la caustique (16).

10

5. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon la revendication 4 caractérisé en ce que ladite surface réfléchissante (11) dudit concentrateur présente une concavité verticale (21) et horizontale (22) identique deltoïdale et ladite surface réceptrice (12) présente une concavité verticale complémentaire épicycloïdale à trois rebroussements (23).

15

20

6. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon la revendication 5 caractérisé en ce que la géométrie de ladite surface réfléchissante (11) dudit concentrateur est définie par les équations paramétriques suivantes dont les coordonnées cartésiennes sont :

25

$$x = r*[2*\sin(t) - \sin(2*t) + (2*\cos(v) + \cos(2*v) + 1,5)*\cos(t/2)] ;$$

$$y = r*[-(2*\cos(t) + \cos(2*t) + 1 + (2*\cos(v) + \cos(2*v) + 1,5)*\sin(t/2))] ;$$

$$z = r*[-(2*\sin(v) - \sin(2*v) - a)] ;$$

où

t est une variable exprimée en radians ;

30

v est une variable exprimée en radians ;

r est un paramètre du deltoïde variable ;

a est une constante ;

et la géométrie de ladite surface réceptrice (12) est définie par les équations paramétriques suivantes dont les coordonnées cartésiennes sont :

5

$$x = r*[2*\sin(t) - \sin(2*t) - (4*\cos(v/2) + \cos(2*v) - 0,5)*\cos(t/2)] ;$$

$$y = r*[-(2*\cos(t) + \cos(2*t) + 1 - (4*\cos(v/2) + \cos(2*v) - 0,5)*\sin(t/2))] ;$$

$$z = r*[-(4*\sin(v/2) + \sin(2*v) - a)] ;$$

où

10

t est une variable exprimée en radians ;

v est une variable exprimée en radians ;

r est un paramètre du deltoïde variable ;

a est une constante.

15

7. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que chaque coupe horizontale de ladite surface réfléchissante (11) définit une courbe (22), appelée courbe horizontale, les courbes (22) engendrées par chaque coupe horizontale étant identiques.

20

8. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon l'une des revendications 4 à 7 caractérisé en ce que chaque courbe épicycloïde (23) d'un plan vertical de ladite surface réceptrice (12) est perpendiculaire à chacune des courbes horizontales deltoïdes (22) de la surface réfléchissante (11).

25

9. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon l'un des revendications 1 à 8 caractérisé en ce que ledit dispositif collecteur d'ondes (10) comporte un convertisseur transformant l'énergie concentrée sur ladite surface réceptrice (12) en énergie thermique ou

30

électrique, ledit convertisseur étant disposé sur ladite surface réceptrice (12).

5 10. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon l'une des revendications 1 à 9 caractérisé en ce que ledit convertisseur comprend une pluralité de capteurs photovoltaïques ou thermiques.

10 11. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon la revendication 10 caractérisé en ce que lesdits capteurs photovoltaïques ou thermiques sont montés sur un support mobile.

15 12. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon l'une des revendications 1 à 11 caractérisé en ce que ledit collecteur d'ondes (10) comporte trois surfaces réfléchissantes (11) disposées selon un angle de 120 degrés entre chaque surface réfléchissante (11) ; à chacune desdites surfaces réfléchissantes (11) est associée une surface réceptrice (12).

20 13. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon l'une des revendications 1 à 12 caractérisé en ce que le plan de pose dudit dispositif collecteur est incliné suivant un angle β par rapport à un plan horizontal de référence.

25 14. Dispositif collecteur d'ondes électromagnétiques (10) selon la revendication 13 caractérisé en ce que ledit angle β est défini par l'équation :

$$\beta = 53,44 - \Phi ;$$

où

β est exprimé en degrés ;

30 Φ est une variable, correspondant à la latitude du lieu, exprimée en degrés.

1/2

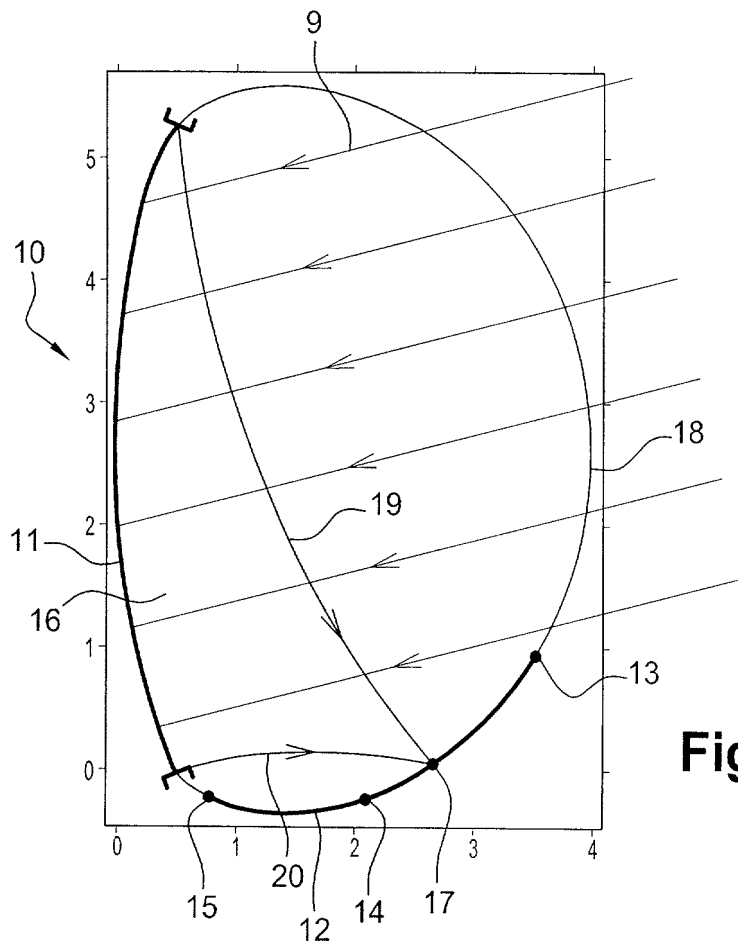


Fig. 1

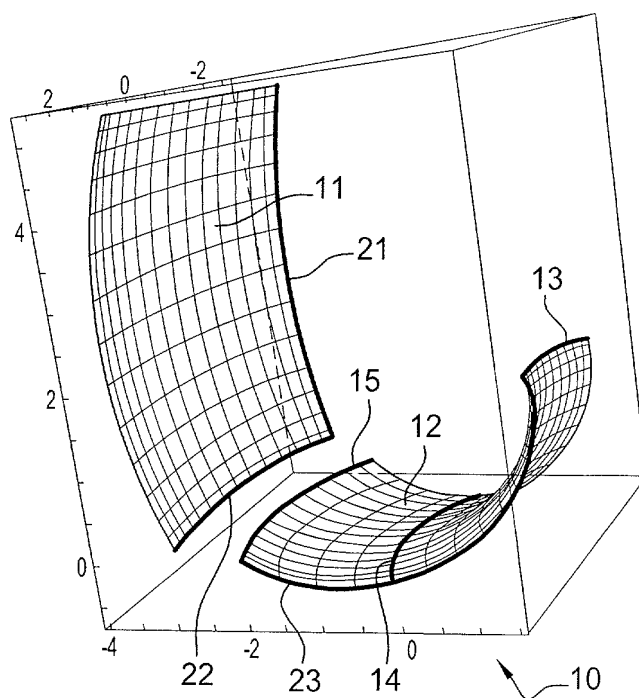


Fig. 2

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 700245
FR 0759051

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 351 027 A (ARCOS GOMAR BENJAMIN FERNANDO [MX]; ARCOS CASTRO TUPAC [MX]) 8 octobre 2003 (2003-10-08)	1-3,7,9, 10,12-14	G02B19/00 G02B5/10 G02B3/04
A	* le document en entier * -----	4-6,8	H01L31/052 F24J2/06
X	US 4 287 880 A (GEPPERT JOHN M) 8 septembre 1981 (1981-09-08)	1-3,7,9, 10	
A	* abrégé * * colonne 4, ligne 22-45; figure 5 * -----	4-6,8, 12-14	
X	US 4 522 193 A (BATES KENNETH N [US]) 11 juin 1985 (1985-06-11)	1,3,9,10	
A	* abrégé * * colonne 6, ligne 34-48; figure 9 * -----	4	
X	JP 59 119310 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD) 10 juillet 1984 (1984-07-10)	1,3,9-11	
A	* abrégé; figures * -----	2,4,13, 14	
X	US 4 147 158 A (CHIEH-TSUNG CHANG) 3 avril 1979 (1979-04-03)	1,3,7, 9-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F24J G02B H01L
A	* le document en entier * -----	2,4,8,12	
X	CH 625 331 A5 (HAFFNER HANS [CH]) 15 septembre 1981 (1981-09-15)	1,3,7, 9-11	
A	* le document en entier * -----	2,4,8, 13,14	
X	US 4 587 951 A (TOWNSEND DONALD W [US] ET AL) 13 mai 1986 (1986-05-13)	1,3, 9-11,13, 14	
A	* abrégé * * colonne 4, ligne 45 - colonne 5, ligne 57; figures * ----- -/--	4-6,8	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 juillet 2008		Van Dooren, Marc	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 700245
FR 0759051

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 4 291 679 A (KERSAVAGE JOSEPH A) 29 septembre 1981 (1981-09-29) * le document en entier * -----	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	US 4 241 726 A (DOEBEL DAVID H [US]) 30 décembre 1980 (1980-12-30) * le document en entier * -----	1	
A	DATABASE WPI Week 199530 Thomson Scientific, London, GB; AN 1995-230071 XP002486743 -& RU 2 024 801 C1 (CRIMEA NATURE CONSERVATION SPAS INST) 15 décembre 1994 (1994-12-15) * abrégé * -----	1,11	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 juillet 2008		Van Dooren, Marc	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 2

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0759051 FA 700245**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 03-07-2008

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1351027	A	08-10-2003	
		BR 0116799 A	03-02-2004
		CA 2434580 A1	18-07-2002
		CN 1541321 A	27-10-2004
		JP 2005501212 T	13-01-2005
		WO 02055943 A1	18-07-2002
		MX PA01000376 A	15-07-2002
		US 2004065319 A1	08-04-2004

US 4287880	A	08-09-1981	AUCUN

US 4522193	A	11-06-1985	AUCUN

JP 59119310	A	10-07-1984	AUCUN

US 4147158	A	03-04-1979	AUCUN

CH 625331	A5	15-09-1981	AUCUN

US 4587951	A	13-05-1986	AUCUN

US 4291679	A	29-09-1981	AUCUN

US 4241726	A	30-12-1980	AUCUN

RU 2024801	C1	15-12-1994	AUCUN
