

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 05358

(54) Réflecteurs sphériques corrigés et procédés de construction.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 02 B 5/10; F 24 J 3/02.

(22) Date de dépôt..... 7 mars 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 37 du 11-9-1981.

(71) Déposant : Etablissement Public dit : AGENCE NATIONALE DE VALORISATION DE LA
RECHERCHE, ANVAR, résidant en France.

(72) Invention de : Bernard Authier.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Beau de Loménie,
14, rue Raphaël, 13008 Marseille.

La présente invention a pour objet de nouveaux réflecteurs sphériques corrigés et des procédés de fabrication de ceux-ci.

Le secteur technique de l'invention est celui de la construction des réflecteurs, notamment des réflecteurs de grandes dimensions utilisés
5 par exemple comme collecteurs solaires, comme antennes réceptrices ou émettrices, comme projecteurs etc....

Les réflecteurs selon l'invention sont des réflecteurs de révolution autour d'un axe qui concentrent les rayons réfléchis issus d'une source ponctuelle à l'infini dans la direction de l'axe vers un foyer quasi
10 ponctuel.

Dans la suite de l'exposé, on se référera plus particulièrement à la construction de collecteurs solaires de grande dimension, mais il est précisé que ce choix n'entraîne aucune limitation et que l'invention englobe toutes les applications des réflecteurs selon l'invention.

15 La fabrication à bas prix de réflecteurs paraboliques rigides ayant la forme d'un parabolôïde de grande surface, par exemple une surface de 20 à 100 m², et un rapport d'ouverture $\frac{f}{D}$ inférieur à 1 est un problème non résolu à ce jour. On rappelle que f est la distance focale et D le diamètre de la pupille d'ouverture.

20 Les collecteurs solaires de grande dimension à focalisation ponctuelle pointés en permanence sur le soleil, sont appelés improprement collecteurs paraboliques. La surface réfléchissante de ces réflecteurs est composée généralement d'une mosaïque de miroirs élémentaires juxtaposés, qui sont
25 des miroirs plans ou sphériques fixés sur une forme parabolique, car on sait réaliser des miroirs élémentaires plans ou sphériques puis les juxtaposer pour réaliser avec une assez bonne précision géométrique une surface parabolique de grande dimension, tandis qu'on ne sait pas fabriquer avec une bonne précision géométrique une surface réfléchissante parabolique continue de grande dimension et bon marché. Il en résulte que la tache focale qui
30 devrait être théoriquement très réduite si la surface réfléchissante était rigoureusement parabolique, se trouve étalée et si on appelle concentration le rapport de la surface collectrice du réflecteur ou pupille d'entrée à la surface du cercle qui intercepte les rayons réfléchis au plan du cercle de moindre diffusion ou plan de moindre diffusion, ces collecteurs ne per-
35 mettent pas de dépasser une concentration de 300 à 400, ce qui limite à 400°C environ leur domaine d'application.

Pour réduire la surface de la tache focale et atteindre des températures élevées, on peut réduire la surface des miroirs élémentaires, mais le coût des découpes et des fixations des miroirs élémentaires augmente avec
40 le nombre de miroirs. Les réflecteurs à mosaïque connus sont composés de

miroirs élémentaires qui ont une ouverture angulaire de l'ordre de 40 à 60 milliradians lorsqu'ils sont vus du foyer,

Un objectif de la présente invention est de procurer de nouveaux réflecteurs à focalisation ponctuelle permettant d'obtenir une tache focale
5 de dimension réduite et donc une concentration élevée.

Un autre objectif de la présente invention est de procurer des collecteurs solaires de grande dimension, qui permettent de concentrer une énergie importante sur une chaudière ou un four de faible surface d'ouverture.

Un autre objectif de la présente invention est de procurer des
10 réflecteurs à focalisation quasi ponctuelle ayant un rapport d'ouverture $\frac{f}{D}$ compris entre 0,5 et 1 qui sont composés d'une mosaïque de miroirs sphériques élémentaires ayant tous le même rayon de courbure, dont l'ouverture angulaire, vue du foyer, est comprise entre 80 et 200 milliradians et de
15 procurer des procédés de fabrication qui facilitent la construction de ces réflecteurs.

Les objectifs de l'invention sont atteints au moyen de réflecteurs de révolution autour d'un axe, dont les sections transversales par des plans axiaux comportent plusieurs segments de cercle $C_0, C_1 \dots C_n$, de même rayon de courbure R , qui sont des sections d'un même arc de cercle
20 de base par plusieurs plans perpendiculaires à l'axe dudit arc de cercle de base, lesquels segments de cercle sont décalés axialement l'un par rapport à l'autre d'une longueur déterminée telle que les plans de moindre diffusion des différents segments de cercle soient confondus.

Le décalage axial e_i qui sépare un segment de cercle C_i du
25 segment C_{i+1} qui lui est le plus proche dans la direction opposée au sommet dudit arc de cercle de base est égal à la différence entre les distances d_{i+1} et d_i , qui séparent respectivement le plan de moindre diffusion de chacun desdits segments de cercle de son centre de courbure et la tranche C_{i+1} est décalée par rapport à la tranche C_i dans la direction oppo-
30 sée au sommet dudit arc de cercle de base.

Un réflecteur selon l'invention, de révolution autour d'un axe est composé d'une calotte sphérique C_0 et de plusieurs couronnes sphériques $C_1, C_2 \dots C_n$, de même rayon de courbure R , qui sont décalées axialement l'une par rapport à l'autre d'une longueur déterminée telle que les plans
35 de moindre diffusion desdites couronnes soient confondus.

La calotte et les couronnes sphériques d'un réflecteur selon l'invention sont composées de réflecteurs élémentaires sphériques de même rayon de courbure R , qui sont posés chacun sur au moins trois plaques d'appui sphériques concaves de même rayon de courbure R supportées par des tiges
40 qui relient lesdites plaques à une structure rigide qui enveloppe ledit

réflecteur.

Un procédé de construction d'un réflecteur focalisant selon l'invention comporte les étapes suivantes :

- on construit un gabarit sphérique convexe composé d'une calotte
5 ou d'une portion de calotte sphérique C_0 et de plusieurs couronnes ou
portions de couronnes sphériques $C_1, C_2 \dots C_n$ qui sont découpées sur une
même calotte sphérique de base par des plans perpendiculaires à l'axe de
révolution de ladite calotte de base et qui sont décalées axialement
10 l'une par rapport à l'autre de distances inférieures ou égales à celles
qui séparent les centres de courbure des calottes et couronnes coaxiales
sphériques réfléchissantes concaves, de même rayon de courbure et de mêmes
dimensions, dont les plans des cercles de moindre diffusion sont confondus;
- on matérialise l'axe de la calotte de base du gabarit et les
15 emplacements des surfaces d'appui d'un ou plusieurs réflecteurs élémentaires;
- on place en regard de la face convexe du gabarit une structure
rigide de révolution autour d'un axe et l'on fait coïncider les axes du
gabarit et de la structure;
- on applique les plaques d'appui des réflecteurs élémentaires
20 contre le gabarit auxdits emplacements des différentes surfaces d'appui
de ladite calotte C_0 puis on fixe lesdites plaques d'appui à ladite
structure par des tiges de support;
- on déplace, si nécessaire, ledit gabarit par rapport à ladite
structure par une translation relative axiale jusqu'à ce que la distance
25 du centre de courbure de la calotte sphérique matérialisée par les plaques
d'appui des miroirs élémentaires de la calotte réfléchissante au centre de
courbure de la couronne sphérique matérialisée par les surfaces d'appui
d'un ou plusieurs réflecteurs élémentaires de la première couronne du gaba-
rit soit égale à la distance à laquelle doivent se situer les centres de
courbure d'une calotte et d'une couronne sphériques réfléchissantes, conca-
30 ves et coaxiales, de mêmes dimensions que les précédentes pour que leurs
plans de moindre diffusion soient confondus;
- et on procède à la mise en place des surfaces d'appui des
réflecteurs élémentaires de la première couronne et ainsi de suite, par
translations successives, on met en place et on fixe à la structure les
35 plaques d'appui des réflecteurs élémentaires des couronnes successives;
- on sépare ensuite le gabarit de la structure et on fixe les
miroirs élémentaires sur les plaques de support portées par la structure.
L'invention a pour résultat de nouveaux réflecteurs de type dit
40 sphériques corrigés, dont les performances et notamment le coefficient
de concentration sont nettement supérieurs à ceux des réflecteurs paraboliques

de grande dimension.

Du point de vue pratique, les réflecteurs selon l'invention présentent l'avantage qu'ils sont composés uniquement de réflecteurs élémentaires sphériques, ayant tous le même rayon de courbure, que l'on sait
5 construire en verre, avec une bonne précision géométrique, à l'aide d'un moule unique.

Les procédés selon l'invention permettent de positionner également ces réflecteurs élémentaires avec une bonne précision et d'obtenir finalement des réflecteurs de très grande surface, comprise entre 20 m^2 et
10 100 m^2 , ce qui permet finalement de concentrer une grande énergie sur une très petite surface avec des concentrations de l'ordre de 3.000, c'est-à-dire dix fois plus élevées que celles que l'on sait obtenir avec des réflecteurs paraboliques composés d'une mosaïque de miroirs.

La description suivante se réfère aux dessins annexés qui représentent, sans aucun caractère limitatif, des exemples de réalisation de
15 réflecteurs focalisants selon l'invention.

La figure 1 est une coupe verticale axiale d'un réflecteur sphérique corrigé selon l'invention, dont l'axe de révolution est l'axe $y y_1$.

La figure 2 est une figure géométrique représentant une demi
20 coupe axiale d'un réflecteur selon l'invention.

Les figures 3 à 6 représentent des étapes d'un procédé de construction de réflecteurs selon l'invention.

La figure 7 est un diagramme du coefficient de concentration $\frac{S}{s}$
25 en fonction du rapport d'ouverture f/D selon le nombre de couronnes sphériques.

La figure 1 représente un réflecteur orientable qui est monté sur un pivot vertical 1, de sorte qu'il peut pivoter autour d'un axe vertical $z z_1$ et autour d'un axe horizontal $x x_1$ perpendiculaire au plan de
30 la figure, pour rester constamment orienté par exemple vers le soleil, dans le cas d'un collecteur solaire ou vers une source émettrice ou réceptrice telle qu'un satellite géostationnaire, dans le cas d'une antenne.

Ce réflecteur comporte une surface réfléchissante 2 qui concentre les rayons parallèles à l'axe $y y_1$ vers un foyer F où se trouve
35 par exemple une chaudière ou un four dans le cas où le réflecteur est utilisé comme collecteur solaire.

La surface réfléchissante 2 d'un réflecteur selon l'invention est composé de plusieurs tranches comportant une calotte sphérique C_0 d'axe $y y_1$ et plusieurs couronnes sphériques $C_1, C_2 \dots C_n$ coaxiales, ayant le même rayon de courbure R que la calotte sphérique. Les couronnes
40 $C_1, C_2 \dots C_n$ peuvent avoir la même largeur ou des largeurs variables. Chaque

couronne est découpée en miroirs élémentaires sphériques de même rayon de courbure et, de préférence, de mêmes dimensions, pour faciliter la fabrication en série.

La largeur des couronnes sphériques est choisie de telle sorte qu'elle est compatible avec les possibilités pratiques de construction et de montage de miroirs élémentaires autoporteurs, en verre, de 3 à 4 mm d'épaisseur, qui ont la même largeur que la couronne et qui résistent bien à la poussée d'un vent ayant une vitesse de l'ordre de 120 à 140 km/heure, ce qui conduit à des largeurs de couronnes de l'ordre de 60 à 100 cm.

En pratique, les miroirs selon l'invention comportent de 3 à 6 couronnes sphériques de largeur voisine.

Comme on le voit sur les figures 1 et 2, la calotte sphérique C_0 et les couronnes $C_1, C_2 \dots C_n$, sont décalées axialement l'une par rapport à l'autre et la distance entre deux couronnes successives est déterminée avec précision comme on va l'expliquer.

On voit sur les figures 1 et 2 que la calotte C_0 et les couronnes $C_1, C_2 \dots C_n$, sont constituées de sections d'une même calotte sphérique, d'axe $y y_1$, par des plans perpendiculaires à l'axe $y y_1$, sections qui sont décalées axialement l'une par rapport à l'autre.

On a représenté sur les figures 1 et 2 les centres respectifs $O_0, O_1, O_2 \dots O_n$ de la calotte C_0 et des couronnes sphériques $C_1, C_2 \dots C_n$, qui sont décalés axialement l'un par rapport à l'autre.

On remarquera qu'un réflecteur selon l'invention est différent d'un miroir à échelons annulaires de Fresnel. En effet, il est composé d'arcs de cercle ou de couronnes sphériques qui ont toutes le même rayon de courbure et la disposition mutuelle des échelons est totalement différente.

On se réfèrera à la figure géométrique 2 pour expliquer la disposition relative de la calotte et des couronnes sphériques.

Si l'on découpe une calotte sphérique concave réfléchissante de rayon de courbure R en une infinité de couronnes sphériques par des plans perpendiculaires à l'axe de révolution de la calotte sphérique réfléchissante, on sait que chaque couronne sphérique C_i réfléchit les rayons provenant d'une source ponctuelle, à l'infini sur l'axe, vers un foyer F_i et ce foyer F_i est d'autant plus voisin du miroir que la couronne sphérique considérée est plus éloignée du sommet du miroir.

Si dans les mêmes conditions, on découpe un nombre fini de couronnes sphériques, les rayons réfléchis par chacune d'elle passent par un cercle de moindre diffusion dont le plan est perpendiculaire à l'axe du miroir.

L'invention consiste à découper une calotte réfléchissante sphérique en un nombre fini de couronnes sphériques par des plans perpendiculaires à l'axe de révolution de la calotte sphérique réfléchissante et à éloigner chacune de ces couronnes sphériques du sommet de la calotte sphérique réfléchissante d'une longueur telle, le long dudit axe de révolution, que les plans des cercles de moindre diffusion ou plan de moindre diffusion de chacune des couronnes coïncident. Soit une couronne sphérique C_i , d'axe $y y_1$ et de centre de courbure O_i , soit $r_{i,1}$ et $r_{i,2}$ les rayons des deux cercles qui délimitent la couronne, soit d_i la distance du plan de cercle de moindre diffusion de ladite couronne au centre de courbure O_i de celle-ci et soit e_i la distance axiale qui sépare O_i du centre de courbure O_{i+1} de la couronne C_{i+1} la plus proche de la couronne C_i dans la direction opposée au sommet S_i de la couronne C_i . Les longueurs d_i , $r_{i,1}$, $r_{i,2}$ et e_i sont exprimées dans une unité de longueur égale à R . On calcule que la distance d_i s'exprime par la formule :

$$d_i = \frac{1}{2} \frac{(r_{i,1} + r_{i,2}) (1 - 2r_{i,1} \cdot r_{i,2})}{r_{i,1} (1 - 2r_{i,2}^2) \sqrt{1 - r_{i,1}^2} + r_{i,2} (1 - 2r_{i,1}^2) \sqrt{1 - r_{i,2}^2}}$$

Pour que les plans de moindre diffusion des deux couronnes successives soient confondus, il suffit que $d_i = d_{i+1} - e_i$,

d'où : $e_i = d_{i+1} - d_i$. Dans notre cas : $r_{i,2} = r_{i+1,1}$.

On voit qu'il est possible de déterminer le décalage axial e_i des couronnes successives en fonction uniquement des rayons de cercles qui délimitent les couronnes pour que tous les plans de moindre diffusion soient confondus.

On voit sur la figure 2 que les différentes couronnes sphériques $C_i, C_{i+1} \dots C_n$ qui composent un miroir selon l'invention, se situent sur des calottes sphériques de sommet $S_i, S_{i+1} \dots S_n$, qui se déduisent de la calotte de base C_0 par des translations parallèles à l'axe commun $y y_1$ ayant des valeurs respectives égales à e_0, e_i, e_{i+1} .

Pour combiner un nombre minimum de supports et de découpes de miroirs avec la meilleure qualité optique, il est avantageux de choisir une largeur des couronnes sphériques qui permette de la découper en une seule rangée de miroirs sphériques élémentaires. De préférence, on découpe chaque couronne sphérique en miroirs sphériques identiques en forme de trapèze sphérique, qui sont délimités par des dièdres de même angle au sommet, dont l'arête est l'axe de révolution du réflecteur.

On a représenté sur la figure 1 les miroirs élémentaires 3 séparés par des lignes 4.

On notera qu'un miroir selon l'invention peut être nettoyé à l'aide d'un essuie glace fixé au sommet du miroir et animé d'un mouvement de rotation autour de l'axe $y y_1$ du miroir.

On voit sur la figure 1 que chacun des réflecteurs élémentaires 3, qui composent la calotte sphérique C_0 et les couronnes C_1 à C_n , est posé sur trois ou quatre supports 5. Les supports 5 sont situés par exemple dans les quatre angles des miroirs trapézoïdaux 4. La calotte C_0 est découpée en miroirs élémentaires qui ont une forme générale triangulaire et chaque miroir élémentaire est supporté par trois supports placés au voisinage des trois sommets.

Chaque support 5 comporte une plaque sphérique 5a de même rayon de courbure R que la surface réfléchissante qui repose sur toute la surface de chaque plaque 5a. Il comporte, en outre, une tige 5b qui relie la plaque 5a à une structure de support rigide 6.

Deux ou plusieurs surfaces de fixation de miroirs adjacents peuvent être obtenues sur une même plaque, ce qui permet de limiter le nombre de supports.

Dans l'exemple de réalisation selon la figure 1, la structure rigide 6 est un treillis métallique qui comporte des paires d'anneaux concentriques 7a, 7b situés dans des plans perpendiculaires à l'axe $y y_1$ passant par les espaces intermédiaires entre deux couronnes. Ces anneaux sont reliés entre eux par des entretoises 8 radiales et par des entretoises 9 parallèles à l'axe $y y_1$, de sorte que l'on obtient une structure en escalier qui suit sensiblement la face arrière du réflecteur. Des entretoises obliques 10 renforcent la structure.

Cette forme de structure en escalier permet de limiter la longueur des tiges 5b et les risques de déformation de celles-ci. Bien évidemment, la structure porteuse 6 peut prendre des formes différentes.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, les couronnes réfléchissantes $C_0, C_1 \dots C_n$, sont reliés entre eux par des manchons cylindriques 11. Il est précisé que ces manchons peuvent être supprimés.

L'invention a aussi pour objet des procédés de fabrication de réflecteurs selon l'invention.

Les figures 3 à 6 représentent des étapes successives d'un exemple de procédé de construction d'un réflecteur de grande surface.

Dans une première étape, on construit un gabarit sphérique 12, de rayon R, qui est par exemple une calotte dont le rayon et l'ouverture sont égaux à ceux du réflecteur que l'on désire construire. On peut aussi limiter la forme 12 à une portion de cette calotte comme on l'expliquera par la suite. On pose le gabarit 12 sur un sol horizontal, la convexité

étant dirigée vers le haut et l'axe $y y_1$ de la calotte étant vertical.

A titre d'exemple non limitatif, on peut fabriquer le gabarit sphérique 12 en réalisant d'abord un moule sphérique dont la concavité est tournée vers le haut.

5 Plusieurs procédés connus permettent d'obtenir la forme sphérique 12. On peut en particulier réaliser une contre forme concave en s'aidant d'un pendule dont la longueur est égale au rayon R et dont la position verticale permet de repérer l'axe de symétrie de la forme 12, dont le sommet 12a est situé vers le haut. On repère le sommet 12a de la
10 calotte 12 et l'axe $y y_1$ et on matérialise celui-ci par exemple par une tige 13 qui passe à travers une ouverture découpée au sommet de la calotte. On trace sur la calotte des cercles 14, centrés sur l'axe 13, qui correspondent aux limites entre les couronnes sphériques du réflecteur.

Les figures 3 à 6 correspondent à un exemple dans lequel le
15 réflecteur comporte une calotte C_0 et deux couronnes sphériques C_1 et C_2 mais bien entendu, il pourrait en comporter un nombre différent. On trace ensuite les lignes 4 qui définissent le découpage de la calotte et de chaque couronne en miroirs élémentaires 3 et sur le dessin de chaque miroir, on trace, au voisinage des sommets, les surfaces d'appui 15. On
20 construit séparément la structure porteuse 6 et on la pose sur des pieds télescopiques 16, de telle sorte qu'elle soit positionnée au-dessus de la calotte 12 et centrée sur la tige 13. Pour assurer un bon centrage et des translations ultérieures parallèles à la tige 13, la structure porteuse est munie avantageusement en son centre d'un moyeu 17 qui peut
25 pivoter autour de la tige 13 et/ou coulisser le long de celle-ci. La tige 13 peut comporter des graduations et le moyeu 17 peut comporter des moyens de blocage permettant de repérer et de fixer la position en rotation et/ou la hauteur de la structure par rapport à la calotte 12.

Dans une première étape représentée sur la figure 3, la structure
30 6 est placée légèrement au-dessus du sommet 12a de la calotte C_0 . Sur les trois surfaces d'appui 15 tracées sur le dessin de chaque miroir élémentaire, on dépose une plaque support 5a, ayant le même rayon de courbure que la calotte 12, à laquelle est fixée une tige 5b. On ajuste la longueur des tiges et on fixe les extrémités libres de celles-ci sur l'ossature 6. On procède ainsi pour tous les miroirs élémentaires de la calotte
35 supérieure C_0 .

La forme sphérique 12 peut ne pas être une calotte entière mais une portion seulement de calotte, ayant par exemple la forme d'un fuseau tronqué, limité par deux plans méridiens, dont la largeur est au moins égale
40 à celle d'un miroir élémentaire.

Dans ce cas, on commence par mettre en place les plaques support 5a et les tiges 5b qui correspondent à ce fuseau élémentaire. Ensuite, on fait tourner pas à pas la structure 6 autour de la tige 13 par rapport au fuseau sphérique 12 et, chaque fois, on met en place les
 5 plaques support 5a et les tiges 5b qui correspondent à un nouveau miroir élémentaire jusqu'à ce que l'on ait couvert un tour complet. Le mouvement relatif de rotation de la structure 6 par rapport au fuseau peut être obtenu, soit en faisant pivoter la structure 6 autour de la tige 13, ce qui est le plus pratique, soit en plaçant le fuseau 12 sur une table qui tourne autour de l'axe 13 et en laissant la structure 6 fixe.
 10

La figure 4 représente la deuxième étape du procédé de fabrication, au cours de laquelle on met en place les supports 5 destinés à supporter les miroirs élémentaires de la couronne C_1

Grâce aux pieds télescopiques 16, qui peuvent être équipés de vérins ou par tout autre moyen équivalent, on déplace axialement la structure 6 relativement à la forme sphérique 12 de façon à l'éloigner d'une longueur e_0 qui correspond à la largeur de l'espace intermédiaire entre le bord de la calotte C_0 et la première couronne sphérique C_1 . Il s'agit encore d'un mouvement relatif qui peut être obtenu, soit en déplaçant la
 15 structure 6 vers le haut d'une longueur e_0 en la faisant coulisser le long de la tige de guidage 13, la forme sphérique 12 restant fixe, soit, au contraire, en laissant la structure 6 fixe et en déplaçant la forme sphérique 12 vers le bas d'une longueur e_0 .
 20

Une fois le décalage axial effectué, on recommence la même opération en fixant sur la structure fixe les tiges 5b portant à leur extrémité des plaques sphériques 5a que l'on place au contact de la forme sphérique 12 sur chacun des quatre points d'appui 15 des réflecteurs de la couronne C_1 . Comme pour l'étape précédente, si la forme sphérique 12 n'est pas une calotte complète mais seulement un fuseau, on procède par rotations relatives successives autour de l'axe 13 de la structure 6 par rapport à la
 25 forme sphérique 12.
 30

La figure 5 représente l'étape suivante au cours de laquelle on a déplacé à nouveau axialement la structure 6 par rapport à la forme sphérique 12 d'une longueur e_1 correspondant à la largeur de l'espace intermédiaire entre les couronnes C_1 et C_2 . Une fois la position relative de la structure 6 par rapport à la forme 12 réglée, on procède à la fixation sur la structure 6 des tiges 6b portant les plaques supports 5a qui viennent s'appuyer contre les points d'appui 15 dessinés sur la couronne C_2 de la forme sphérique, et on procède de même pour chaque couronne sphérique après avoir chaque fois décalé axialement la structure 6
 35
 40

par rapport à la forme sphérique 12 d'une longueur égale à la distance axiale qui sépare la nouvelle couronne sphérique de la précédente.

Une fois tous les supports 5 mis en place sur la structure 6, on soulève celle-ci, on la retourne et on la pose sur le sol, comme le représente la figure 6, les plaques support 5a ayant leur face concave tournée vers le haut. On pose alors sur les plaques 5a les miroirs élémentaires sphériques 4 dont la face réfléchissante est dirigée vers le haut.

Avantageusement chaque plaque support 5a est revêtue d'une couche d'un adhésif double face d'épaisseur constante, par exemple de 2 à 3 mm d'épaisseur et chaque miroir élémentaire est fixé sur trois ou quatre plaques support par sa face arrière qui est collée sur l'adhésif. On obtient ainsi une fixation souple qui amortit considérablement la transmission aux miroirs des déformations et des contraintes engendrées par le vent dans la structure 6. De plus, la face réfléchissante des miroirs ne comporte aucune aspérité, ce qui facilite le nettoyage. La surface de l'adhésif est calculée en fonction de sa résistance mécanique. Les plaques support 5a ont, de préférence, une surface supérieure à celle de l'adhésif car il faut tenir compte des tolérances de positionnement des miroirs élémentaires et de celle des points de fixation des tiges 5b sur la structure 6. Bien entendu, la fixation des miroirs élémentaires peut être réalisée par tout autre moyen équivalent, par exemple par des pinces.

Selon une variante, on peut fabriquer un réflecteur selon l'invention à partir d'une forme sphérique 12 en forme de calotte ou de fuseau, en découpant d'abord cette forme en segments de cercle $C_0, C_1 \dots C_n$ correspondant aux différentes couronnes du réflecteur puis en écartant axialement ces dernières l'une par rapport à l'autre d'une longueur égale respectivement à chacun des écarts $e_0, e_1 \dots e_{n-1}$ et en les fixant dans cette position. On place ensuite la structure 6 au-dessus de la forme sphérique ainsi disposée et on pose les plaques support 5a et les tiges 5b qui les relient à la structure 6 en une seule étape, sans avoir à déplacer axialement la structure 6 par rapport au gabarit sphérique 12. Bien entendu, si le gabarit sphérique 12 comporte seulement un fuseau, il faut procéder à des rotations successives autour de l'axe 13 pour couvrir un tour.

A titre d'exemple numérique, sans aucun caractère limitatif, on indique ci-après les résultats théoriques obtenus en considérant des collecteurs selon l'invention ayant un rayon de courbure R de 11,70 m et un diamètre D de la pupille d'ouverture, soit de 8 m, soit de 6 m, qui sont des dimensions courantes pour des collecteurs paraboliques traditionnels. Ces résultats théoriques sont calculés pour des collecteurs comportant quatre,

cinq ou six couronnes dont l'axe est pointé vers le centre du soleil.

On a supposé que les miroirs élémentaires sont positionnés avec une précision d'alignement de $\pm 3'$ d'angle et que la qualité de fabrication de ces miroirs élémentaires est telle que l'écart quadratique moyen de leur surface par rapport à la surface sphérique théorique est de $6'$ d'arc, ce qui correspond aux tolérances pratiques de fabrication et de positionnement.

Le diamètre de la tache image au plan de moindre diffusion varie de 15 % lorsque la distance du sommet du miroir au plan de l'image varie de ± 2 cm.

Les tableaux I et II indiquent les valeurs théoriques du coefficient de concentration qui est égal au rapport de la surface S de la pupille d'entrée du miroir à la surface s de la tache image prise en compte. Ces tableaux comportent trois colonnes qui correspondent respectivement aux taches image contenant 100%, 98% et 95% de l'énergie réfléchie. Les lignes numérotées 4, 5 et 6 correspondent respectivement à des miroirs selon l'invention comportant quatre, cinq ou six couronnes. Le tableau I correspond à un miroir ayant un diamètre D d'ouverture de pupille de 8 m et le tableau II correspond à un miroir ayant un diamètre D de 6 m.

TABLEAU I

Pourcentage d'énergie dans la tache image	100%	98%	95%
4	1000	2300	3100
5	1100	2650	3700
6	1200	3000	4200

TABLEAU II

Pourcentage d'énergie dans la tache image	100%	98%	95%
4	1200	2600	3600
5	1300	2750	3700
6	1400	2800	3800

La figure 7 est un diagramme qui représente en abscisses le

rapport d'ouverture du miroir f/D et en ordonnées, la concentration $\frac{S}{s}$ que l'on obtient, théoriquement, dans des conditions optiques parfaites en considérant une tache image du soleil de surface s contenant 100% de l'énergie réfléchie.

5 Bien entendu, sans sortir du cadre de l'invention, les divers réflecteurs et les diverses étapes des procédés qui viennent d'être décrits à titre d'exemple, pourront être remplacés par des éléments équivalents remplissant les mêmes fonctions.

10 On a représenté à titre d'exemple, des réflecteurs de révolution autour d'un axe, mais il est précisé que la même construction géométrique pourra s'appliquer à la section transversale de réflecteurs cylindriques.

R E V E N D I C A T I O N S

- 1 - Réflecteur de révolution autour d'un axe, caractérisé en ce que les sections, par des plans axiaux, comportent plusieurs segments de cercle $C_0, C_1 \dots C_n$, de même rayon de courbure R , qui sont des sections d'un même arc de cercle de base par plusieurs plans perpendiculaires à l'axe dudit arc de cercle de base, lesquels segments de cercle sont décalés axialement l'un par rapport à l'autre, d'une longueur déterminée e_i , telle que les plans de moindre diffusion des différents segments de cercle soient confondus.
- 2 - Réflecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le décalage axial e_i qui sépare un segment de cercle C_i du segment C_{i+1} qui lui est le plus proche dans la direction opposée au sommet dudit arc de cercle de base est égal à la différence entre les distances d_{i+1} et d_i , qui séparent respectivement le plan de moindre diffusion de chacun desdits segments de cercle de son centre de courbure et la tranche C_{i+1} est décalée par rapport à la tranche C_i dans la direction opposée au sommet dudit arc de cercle de base.
- 3 - Réflecteur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2 de révolution autour d'un axe, caractérisé en ce qu'il est composé d'une calotte sphérique C_0 et de plusieurs couronnes sphériques $C_1, C_2 \dots C_n$, de même rayon de courbure R , qui sont décalées axialement l'une par rapport à l'autre d'une longueur déterminée, telle que les plans de moindre diffusion desdites couronnes soient confondus.
- 4 - Réflecteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite calotte et lesdites couronnes sont composées de réflecteurs élémentaires sphériques 3, de même rayon de courbure R , qui sont posés chacun sur au moins trois plaques d'appui sphériques 5a concaves, de même rayon de courbure R , supportées par des tiges 5b qui relient lesdites plaques à une structure rigide 6 qui enveloppe ledit réflecteur.
- 5 - Procédé de construction d'un réflecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que :
 - on construit un gabarit sphérique convexe composé d'une calotte ou d'une portion de calotte sphérique C_0 et de plusieurs couronnes ou portions de couronnes sphériques $C_1, C_2 \dots C_n$ qui sont découpées sur une même calotte sphérique de base par des plans perpendiculaires à l'axe de révolution de ladite calotte de base, et qui sont décalées axialement l'une par rapport à l'autre de distances inférieures ou égales à celles qui séparent les centres de courbure des calottes et couronnes coaxiales sphériques réfléchissantes concaves, de même rayon

de courbure et de mêmes dimensions, dont les plans des cercles de moindre diffusion sont confondus;

- on matérialise l'axe de la calotte de base du gabarit et les emplacements des surfaces d'appui d'un ou plusieurs réflecteurs élémentaires;
- 5 - on place en regard de la face convexe du gabarit une structure rigide de révolution autour d'un axe et l'on fait coïncider les axes du gabarit et de la structure;
- on applique les plaques d'appui des réflecteurs élémentaires contre le gabarit auxdits emplacements des différentes surfaces d'appui de ladite calotte C_0 , puis on fixe lesdites plaques d'appui à ladite structure par des tiges de support;
- 10 - on déplace, si nécessaire, ledit gabarit par rapport à ladite structure par une translation relative axiale jusqu'à ce que la distance du centre de courbure de la calotte sphérique matérialisée par les plaques d'appui des miroirs élémentaires de la calotte réfléchissante au centre de courbure de la couronne sphérique matérialisée par les surfaces d'appui d'un ou plusieurs réflecteurs élémentaires de la première couronne du gabarit soit égale à la distance à laquelle doivent se situer les centres de courbure d'une calotte et d'une couronne sphériques réfléchissantes, concaves et coaxiales, de mêmes dimensions que les précédentes pour que leurs plans de moindre diffusion soient confondus;
- 15 - et on procède à la mise en place des surfaces d'appui des réflecteurs élémentaires de la première couronne et ainsi de suite, par translations successives, on met en place et on fixe à la structure les plaques d'appui des réflecteurs élémentaires des couronnes successives;
- 20 - on sépare ensuite le gabarit de la structure et on fixe les miroirs élémentaires sur les plaques de support portées par la structure.
- 25 6 - Procédé de construction selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit gabarit sphérique est une portion de la calotte sphérique de base divisée en une portion de calotte et en plusieurs portions de couronnes par des plans perpendiculaires à l'axe de la calotte de base et, dans ce cas, après avoir appliqué les plaques d'appui contre les emplacements des surfaces d'appui des réflecteurs de ladite portion de calotte, on fait pivoter pas à pas ledit gabarit par rapport à ladite structure d'un mouvement relatif par rapport audit axe de la calotte de base et on applique à chaque pas les plaques support sur les surfaces d'appui des réflecteurs élémentaires, puis on fixe les plaques à la structure jusqu'à ce que toutes les surfaces d'appui des réflecteurs de la calotte de base soient en place;
- 30
- 35
- 40

- après avoir déplacé, si nécessaire, le gabarit d'un mouvement relatif axial, par rapport à ladite structure, on met en place les plaques d'appui des miroirs élémentaires de la première portion de couronne et par rotations relatives successives, on met en place et on fixe successivement sur la structure les plaques d'appui de tous les réflecteurs élémentaires de la première portion de couronne et ainsi de suite, jusqu'à ce que les plaques d'appui de tous les réflecteurs élémentaires de toutes les couronnes sphériques soient en place.
- 5
- 10 7 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que la face concave de chaque plaque support est revêtue d'une couche d'un adhésif double face d'épaisseur constante et chaque réflecteur élémentaire est collé par sa face arrière sur ledit adhésif.

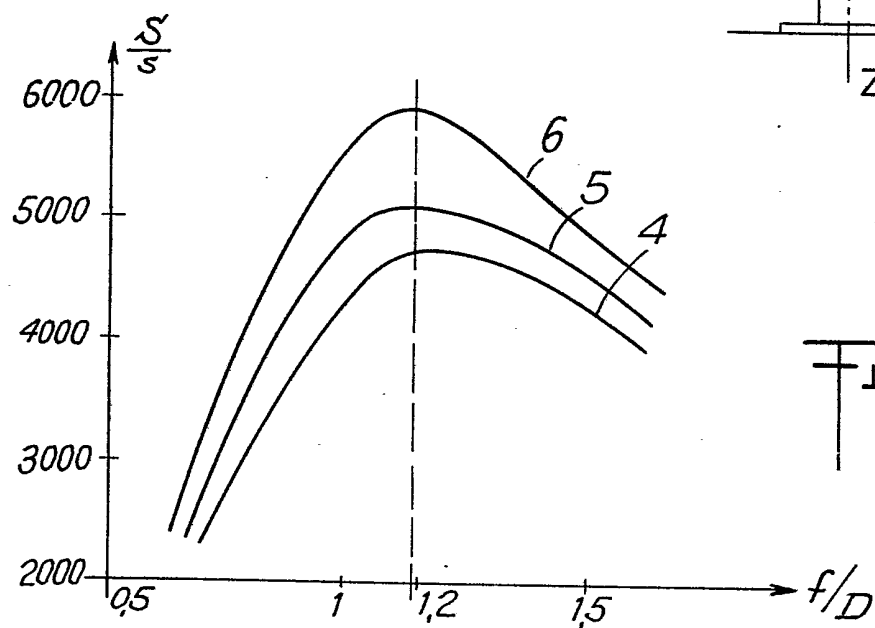
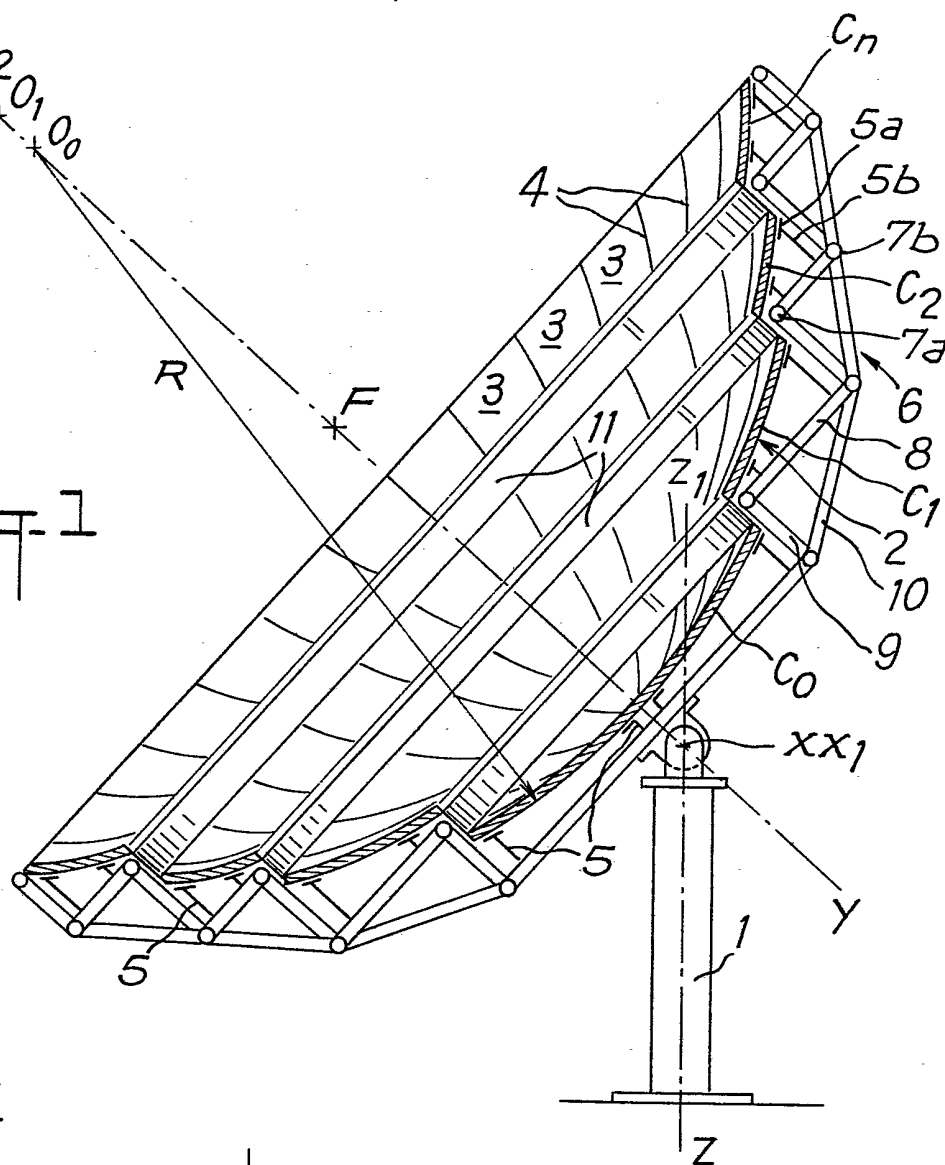
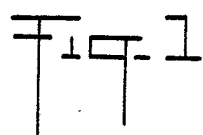
$$y_1 \quad 0_n \quad 0_2 \quad 0_1 \quad 0_0$$


Fig. 7

2/3

Fig. 3

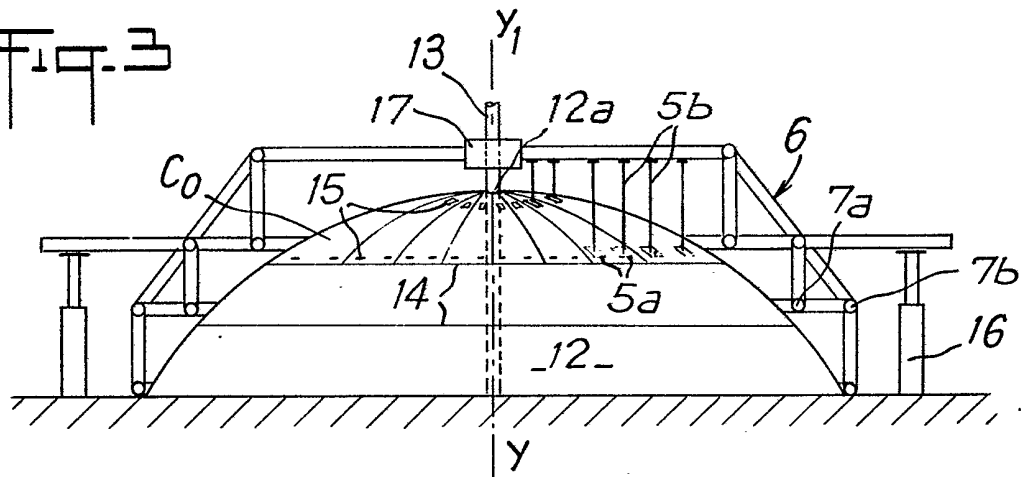


Fig. 4

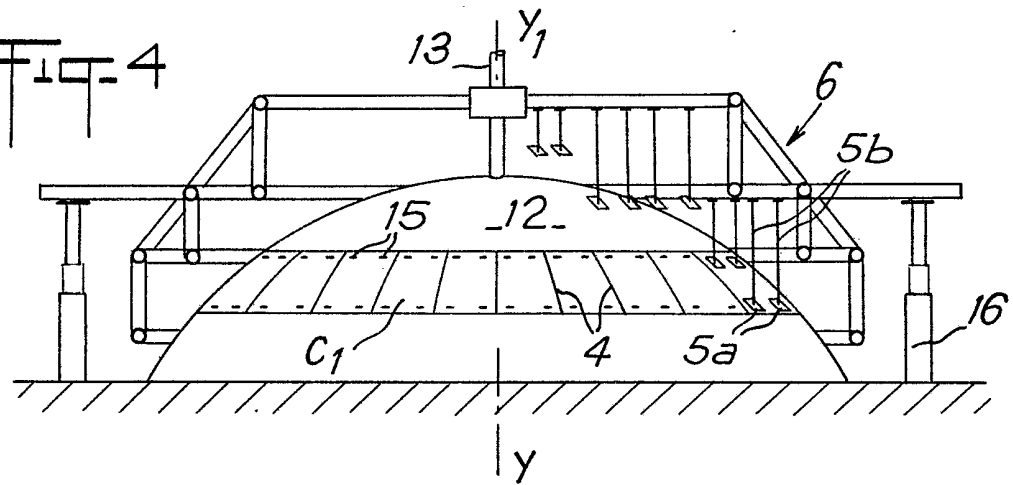
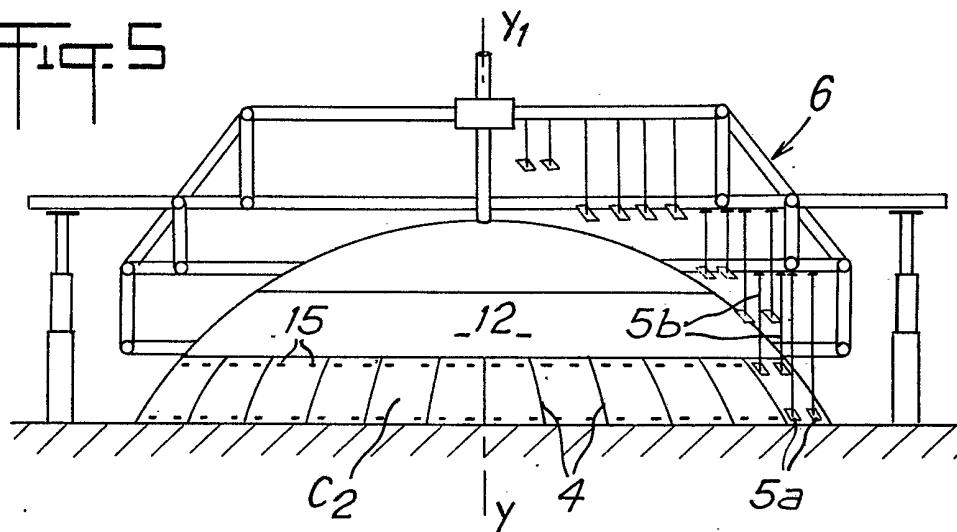


Fig. 5



3/3

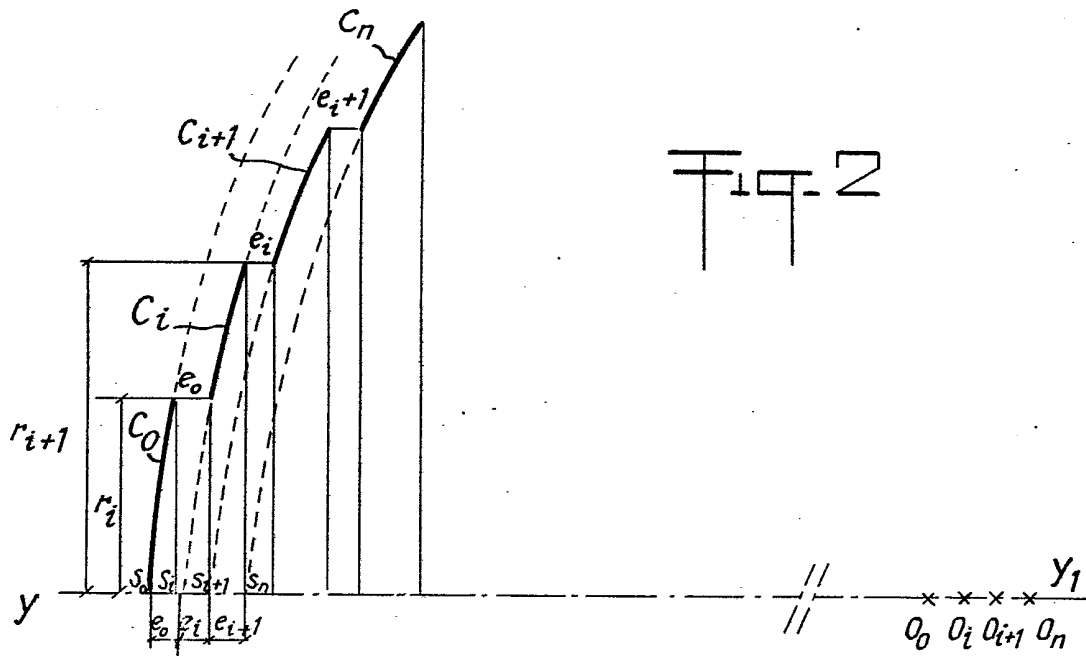


Fig. 6

