

(19)



(11)

**EP 2 648 281 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**18.10.2017 Bulletin 2017/42**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 15/16** <sup>(2006.01)</sup> **H01Q 1/28** <sup>(2006.01)</sup>  
**H01Q 15/14** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Numéro de dépôt: **13162567.5**

(22) Date de dépôt: **05.04.2013**

**(54) Réflecteur d'antenne reconfigurable**

Rekonfigurierbarer Antennenreflektor

Reconfigurable antenna reflector

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **06.04.2012 FR 1201036**

(43) Date de publication de la demande:  
**09.10.2013 Bulletin 2013/41**

(73) Titulaires:  
• **Thales**  
**92400 Courbevoie (FR)**  
• **Centre National d'Etudes Spatiales**  
**75039 Paris Cedex 01 (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Brossier, Jérôme**  
**31470 Fonsorbes (FR)**

- **Schreider, Ludovic**  
**31100 Toulouse Cedex (FR)**
- **Depeyere, Serge**  
**31700 Blagnac (FR)**
- **Belloeil, Victorien**  
**31570 Bourg Saint Bernard (FR)**
- **Datashvili, Levi**  
**84748 Garching (DE)**

(74) Mandataire: **Collet, Alain**  
**Marks & Clerk France**  
**Conseils en Propriété Industrielle**  
**Immeuble Visium**  
**22, Avenue Aristide Briand**  
**94117 Arcueil Cedex (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A1- 0 519 775 JP-A- 7 249 934**  
**US-A- 4 750 002**

**EP 2 648 281 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** La présente invention concerne le domaine des réflecteurs d'antennes reconfigurables en service, par exemple dans le cas d'une antenne pour l'émission et/ou la réception d'un faisceau d'onde électromagnétique montée sur un engin spatial tel qu'un satellite, et dont on souhaite pouvoir modifier en orbite la zone de couverture. Plus particulièrement, l'invention s'inscrit dans le domaine des télécommunications par satellite en bande Ku.

**[0002]** La durée de vie croissante des satellites de télécommunication et l'évolution des exigences associées aux différentes missions entraînent le développement de nouvelles générations de satellites dont un objectif est d'améliorer la flexibilité de missions. C'est le cas notamment pour les antennes de télécommunications et leurs mécanismes associés, pour lesquels on cherche par exemple à pouvoir choisir entre plusieurs zones de couvertures et plusieurs bandes de fréquence, et ainsi donner la possibilité de modifier en orbite les missions du satellite.

**[0003]** Un satellite de télécommunications comporte au moins une antenne permettant l'émission et la réception d'ondes électromagnétiques. Chaque antenne comporte au moins un réflecteur dont la forme et l'orientation déterminent la zone terrestre couverte par l'antenne. Dans le but de couvrir plusieurs zones terrestres distinctes ou une zone terrestre plus étendue que celle pouvant être couverte par une seule antenne, il est envisagé de mettre en oeuvre un réflecteur d'antenne dont la surface réfléchissante est déformable.

**[0004]** Toutefois, bien que l'invention vise en priorité une application dans le domaine des réflecteurs d'antenne pour bande Ku pour satellite à orbite géostationnaire, il est entendu qu'elle peut plus généralement s'appliquer à toute autre application mettant en oeuvre un réflecteur d'antenne, notamment pour un véhicule spatial à orbite non géostationnaire, pour laquelle une flexibilité de couverture est recherché.

**[0005]** Divers dispositifs permettant la déformation de la surface réfléchissante d'une antenne sont envisagés. Dans une mise en oeuvre connue d'un réflecteur d'antenne reconfigurable en service, une membrane réfléchissante déformable est positionnée sur une structure rigide d'antenne, aux moyens de plusieurs actionneurs linéaires positionnés transversalement entre la structure rigide et la membrane réfléchissante, et répartis de façon sensiblement uniforme sur la surface de la membrane. La flexibilité de couverture est obtenue par déformation élastique de la membrane réfléchissante lors d'une étape de reconfiguration réalisable en orbite.

**[0006]** Dans cette mise en oeuvre, les actionneurs linéaires, fixés sur la structure rigide, sont reliés en différents points de contact à la membrane réfléchissante. Un mouvement de translation généré par l'actionneur linéaire, par exemple au moyen d'un vérin, est transmis à la membrane réfléchissante pour déformer sa surface et ainsi reconfigurer la zone de couverture de l'antenne.

**[0007]** Dans le but d'assurer un maintien suffisant de la membrane pour permettre de supporter des contraintes mécaniques fortes, notamment les contraintes vibratoires rencontrées lors d'une phase de lancement par un engin spatial lanceur, il est envisagé de fixer la membrane sur la structure rigide à la périphérie de sa surface; Le maintien de la membrane sur la structure en périphérie ne permettant pas le contrôle des bord de la membrane.

**[0008]** Une première difficulté dans cette mise en oeuvre porte sur les contraintes mécaniques subies par la membrane en ces différents points de contacts avec les actionneurs linéaires. En effet, les actionneurs linéaires, qui ne permettent pas le mouvement de la membrane dans un plan tangentiel à sa surface en leur point de contact, génèrent une contrainte mécanique locale sur la membrane. Cette contrainte mécanique locale peut ne pas être supportée par la membrane et peut engendrer des efforts radiaux sur les actionneurs, et peut être particulièrement pénalisante dans certaines situations, comme par exemple lors d'une phase de lancement du satellite ou lors de fortes variations thermiques en utilisation en orbite.

**[0009]** Une seconde difficulté rencontrée dans cette mise en oeuvre porte sur le maintien isostatique global de la membrane par rapport à la structure rigide afin d'éviter des contraintes de déformation du a une hyperstativité.

**[0010]** Le choix des matériaux pour la membrane réfléchissante est en pratique limité à quelques matériaux aptes à résister à l'ensemble de ces contraintes mécaniques. D'autres matériaux plus attractifs en terme de performances en réflectivité, de masse ou de coût, sont écartés en raison de leur fragilité.

**[0011]** On pourra aussi se référer aux documents de brevet EP0519775, JP7249934 et US4750002 portant sur des réflecteurs d'antennes comprenant une membrane reconfigurable.

**[0012]** L'invention vise à proposer une solution alternative pour la reconfiguration de réflecteur d'antenne en palliant les difficultés de mise en oeuvre citées ci-dessus.

**[0013]** A cet effet, l'invention a pour objet un réflecteur d'antenne reconfigurable en service, adapté pour réfléchir un faisceau d'ondes électromagnétiques, comprenant un support rigide et une membrane, déformable et ayant des propriétés de réflectivité radio-électrique, caractérisé en ce qu'il comprend une pluralité de moyens de couplage reliant le support rigide et la membrane, répartis sous la surface de la membrane, comprenant une première liaison de type rotule à doigt reliée au support rigide, et une seconde liaison de type rotule à doigt reliée à la membrane, et en ce que chaque moyen de couplage comprend en outre un actionneur linéaire, comprenant un moteur rotatif et un ensemble vis - écrou, relié aux deux liaisons de type rotule à doigt, et apte à générer, dans une configuration opérationnelle, un mouvement de translation permettant la déformation de la membrane.

**[0014]** L'invention permet notamment de réduire l'hy-

perstaticité de la liaison entre la membrane et le support rigide. L'invention permet de réduire les contraintes mécaniques imposées à la membrane, il devient possible de mettre en oeuvre des matériaux plus fragiles. En disposant une pluralité de moyen de couplage à la périphérie de la surface de la membrane, l'invention permet une reconfiguration précise sur toute la surface, permettant notamment d'optimiser la polarisation croisée générée par l'antenne et également les lobes secondaires.

**[0015]** L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée des modes de réalisation donnés à titre d'exemple sur les figures suivantes.

La figure 1 représente un schéma de principe d'un réflecteur d'antenne reconfigurable en service, comprenant un support rigide, une membrane et des moyens de couplage,

les figures 2.a et 2.b représentent un moyen de couplage d'un réflecteur d'antenne selon un premier mode de réalisation, dans une configuration de stockage (2.a) et dans une configuration opérationnelle (2.b),

les figures 3.a et 3.b représentent un moyen de couplage d'un réflecteur d'antenne selon un deuxième mode de réalisation, dans une configuration de stockage (3.a) et dans une configuration opérationnelle (3.b),

les figures 4.a, 4.b et 4.c illustrent le principe d'un limiteur d'effort dans un mode de réalisation préféré de l'invention

les figures 5.a et 5.b représentent en vue de dessus un réflecteur d'antenne selon deux variantes de l'invention,

les figures 6.a et 6.b décrivent respectivement un coupleur périphérique et un coupleur central dans un mode de réalisation privilégié de l'invention.

**[0016]** Par souci de clarté, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures.

**[0017]** La figure 1 représente un schéma de principe d'un réflecteur d'antenne 10 comprenant un support rigide 11 et une membrane 12, déformable et ayant des propriétés de réflectivité radio-électrique. Le réflecteur d'antenne 10 comprend en outre une pluralité de moyens de couplage 13 reliant le support rigide 11 et la membrane 12. Les moyens de couplage 13 sont répartis sous la surface de la membrane 12.

**[0018]** Chacun des moyens de couplage 13 comprend une première liaison de type rotule à doigt 14 reliée au support rigide 11 et une seconde liaison de type rotule à doigt 15 reliée à la membrane 12. On entend par liaison de type rotule à doigt, une liaison mécanique bloquée en translation et possédant deux degrés de liberté en rotation.

**[0019]** Chacun des moyens de couplage 13 comprend en outre un actionneur linéaire 16, relié aux deux liaisons de type rotule à doigt 14 et 15, et apte à générer, dans

une configuration opérationnelle, un mouvement de translation permettant la déformation de la membrane 12.

**[0020]** Avantageusement, le support rigide 11 et la membrane 12 sont de forme sensiblement paraboliques, permettant de maintenir une distance sensiblement constante entre le support rigide 11 et la membrane 12 sur la surface de la membrane 12. Ainsi, les moyens de couplage 13 répartis sur la surface de la membrane 12 sont de longueur sensiblement équivalentes. Il est possible d'utiliser pour ces moyens de couplage les mêmes composants et donc de simplifier la mise en oeuvre et d'abaisser le coût d'une telle antenne reconfigurable.

**[0021]** Avantageusement, la répartition des moyens de couplage 13 peut être sensiblement uniforme sur la surface de la membrane 12. Dans un premier mode de réalisation, les moyens de couplage 13 sont répartis sous la surface de la membrane 12 selon une maille carrée ou selon une maille hexagonale. Dans un second mode de réalisation, une répartition de densité sensiblement différente entre le centre de la surface et sa périphérie est retenu, pour accroître la précision de la reconfiguration de surface dans une zone prédéterminée du réflecteur.

**[0022]** Les figures 2.a et 2.b représentent un des moyens de couplage 13 du réflecteur d'antenne 10 selon un premier mode de réalisation de l'invention, dans une configuration de stockage sur la figure 2.a, et dans une configuration opérationnelle sur la figure 2.b.

**[0023]** On parle de configuration de stockage, souvent aussi appelée de gerbage, la configuration d'une plateforme satellite et des ses équipements permettant de maintenir l'ensemble des équipements immobiles contre la plateforme, en particulier lors d'une phase de lancement par un engin spatial lanceur. En configuration opérationnelle, souvent aussi appelée dégerbée, les équipements sont libérés et positionnés de manière à permettre leur fonctionnement et participer aux missions du satellite.

**[0024]** L'axe de translation de l'actionneur linéaire 16 est repéré X1 sur les figures 2.a et 2.b. L'actionneur linéaire 16 de chacun de moyens de couplage 13 comprend un moteur rotatif 20 et un ensemble vis 21 - écrou 22, reliés aux deux liaisons de type rotules à doigt 14 et 15, et aptes à générer, dans une configuration opérationnelle, un mouvement de translation permettant la déformation de la membrane 12.

**[0025]** En effet, le moteur rotatif 20 entraîne la vis 21 en rotation selon l'axe X1. L'écrou 22 est bloqué en rotation par les deux liaisons de type rotule à doigt 14 qui lui est reliée. Ainsi, le corps 27 lié à la membrane 12 forme avec l'écrou 22 un ensemble lié en rotation selon l'axe X1. Le mouvement de rotation de la vis 21 entraîne donc en translation l'écrou 22 et la première liaison de type rotule à doigt 14.

**[0026]** Plus généralement, les deux modes de réalisation, décrits par les figures 2.a, 2.b, 3.a et 3.b, mettant en oeuvre deux liaisons de type rotules à doigt et un

moteur rotatif, sont particulièrement avantageux par rapport aux solutions connues. Ce montage permet en effet de reconfigurer la surface de la membrane 12 au moyen d'un mouvement de translation, en limitant les contraintes mécaniques locales sur la membrane 12 en son point de contact avec le moyen de couplage 13. Cette mise en oeuvre autorise le mouvement de translation de la membrane 12 tangentiellement à sa surface en ce point et les mouvements de rotation autour suivant des axes perpendiculaires à X1. Ainsi, la membrane 12, déformée en plusieurs points de contacts par les moyens de couplage 13 peut se déplacer tangentiellement à sa surface en ces différents points de contacts, permettant de limiter les contraintes mécaniques sur la membrane 12 en ces points de contact.

**[0027]** La mise en oeuvre des deux liaisons de type rotules à doigt permet ainsi de limiter significativement l'hyperstatisme de la liaison entre le support rigide 11 et la membrane 12.

**[0028]** Dans ce premier mode de réalisation, décrit sur les figures 2.a et 2.b, chacun des moyens de couplage 13 comprend plusieurs composants reliés entre eux, et positionnés en série entre la structure rigide 11 et la membrane 12 dans l'ordre suivant:

- le moteur rotatif 20, fixé sur la structure rigide 11,
- la vis 21 coopérant avec l'écrou 22,
- la première liaison de type rotule à doigt 14,
- une tige 23,
- la seconde liaison de type rotule à doigt 15, fixée sur la membrane 12.

**[0029]** Le moteur rotatif 20 est fixé sur la structure rigide 11. Pour des raisons d'encombrement, il peut être encastré dans la structure rigide 11, comme représenté sur les figures 2.a et 2.b. Ce montage permettant avantageusement de simplifier l'alimentation électrique des moyens de couplage 13 en maintenant cette alimentation immobile sur la structure rigide 11.

**[0030]** La tige 23 est relié à chacune de ces deux extrémités à une des liaisons de type rotule à doigt 14 et 15. Le mouvement de translation généré par l'actionneur linéaire 16 est transmis à la membrane 12 au moyen de la tige 23 et des deux rotules à doigt 14 et 15. La mise en oeuvre proposée permet ainsi la déformation de la membrane 12, par translation selon l'axe X1, tout en autorisant le mouvement de la membrane 12 tangentiellement à sa surface; permettant de limiter les contraintes mécaniques générés localement au point de contact du moyen de couplage 13 avec la membrane 12.

**[0031]** La figure 2.a représente le moyen de couplage 13 en configuration de stockage. La figure 2.b représente le moyen de couplage 13 en configuration opérationnelle.

**[0032]** Avantageusement, chacun des moyens de couplage 13 comprend une butée mécanique 24, permettant d'immobiliser, au moyen de l'actionneur linéaire 16, la membrane 12 par rapport au support rigide 11, dans une configuration de stockage.

**[0033]** Avantageusement, la tige 23 comprend entre ces deux extrémités un limiteur d'effort 25 actionné en configuration de stockage au moyen de l'actionneur linéaire 16, exerçant un effort sur la butée mécanique 24 de façon à immobiliser la membrane 12 par rapport au support rigide 11. Le limiteur d'effort 25 est apte, en configuration opérationnelle, à transmettre sans déformation le mouvement de translation généré par l'actionneur linéaire 16.

**[0034]** Avantageusement, la tige 23 et les deux liaisons de type rotule à doigt 14 et 15 sont composés d'un matériau composite à base de fibre de carbone. Ce type de matériau possède notamment l'avantage d'être robuste, léger et de présenter un très faible coefficient de dilation thermique.

**[0035]** Avantageusement, chacun des moyens de couplage 13 comprend deux corps tubulaires 26 et 27. Le premier corps tubulaire 26 est fixé par une première extrémité au support rigide 11 et présente un rebord conique 28 à une seconde extrémité. Le second corps tubulaire 27 est fixé par une première extrémité à la membrane 12 et présente un rebord conique 29 à une seconde extrémité. Les deux rebords coniques 28 et 29 sont aptes, en configuration de stockage, à venir en contact l'un de l'autre pour former la butée mécanique ou butée de gerbage 24.

**[0036]** En configuration de stockage, les deux rebords coniques 28 et 29 sont en butée l'un contre l'autre et le moteur rotatif 20 tire sur la tige 23 jusqu'à actionner le limiteur d'effort 25. En configuration de stockage, le limiteur d'effort applique constamment un effort permettant de maintenir les deux rebords coniques 28 et 29 en butée l'un contre l'autre, même lorsque le moteur rotatif 20 n'est pas en fonctionnement. Cet effort permet d'immobiliser la membrane 12 par rapport au support rigide 11, même en cas de fortes vibrations comme rencontrées lors d'une phase de lancement du satellite. Ainsi, la mise en oeuvre proposée permet d'une façon simple d'immobiliser la membrane selon les trois axes de translation au moyen du limiteur d'effort 25 et des deux rebords coniques 28 et 29.

**[0037]** Avantageusement, les deux corps tubulaires 26 et 27 comprennent un matériau composite à base de fibre de carbone. Ce type de matériau possède notamment l'avantage d'être robuste, léger et de présenter un très faible coefficient de dilation thermique. Cette mise en oeuvre permet, en configuration de stockage, de maintenir la membrane 12 solidaire du support rigide 11, et ainsi de la protéger des fortes contraintes vibratoires rencontrées notamment lors d'une phase de lancement du satellite.

**[0038]** Avantageusement, les liaisons de type rotule à doigt sont réalisées au moyen d'un ensemble de fibres déformables. L'ensemble de fibres déformables étant apte à accepter des déformations selon des axes de rotation perpendiculaires à l'axe X1, et à limiter sensiblement toute rotation selon l'axe X1.

**[0039]** Les figures 3.a et 3.b représentent un moyen

de couplage 30 d'un réflecteur d'antenne 31 selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, dans une configuration de stockage (3.a) et dans une configuration opérationnelle (3.b)

**[0040]** Le réflecteur d'antenne 31 comprend le support rigide 11, la membrane 12 et des moyens de couplage 30. Les moyens de couplage 30 comprennent les mêmes composants que les moyens de couplage 13, qui porteront les mêmes noms par commodité.

**[0041]** Dans ce second mode de réalisation, chacun des moyens de couplage 30 comprend plusieurs composants reliés entre eux, et positionnés en série entre la structure rigide 11 et la membrane 12 dans l'ordre suivant :

- la première liaison de type rotule à doigt 14, fixée sur la structure rigide 11,
- le moteur rotatif 20,
- la vis 21 coopérant avec l'écrou 22,
- la tige 23,
- la seconde liaison de type rotule à doigt 15, fixée sur la membrane 12.

**[0042]** Avantageusement, le moteur rotatif 20 et l'ensemble vis 21 - écrou 22 sont positionnés entre les deux liaisons de type rotule à doigt 14 et 15. Ainsi, l'axe de translation X1 du moyen de stockage 30 peut être mobile lors d'une reconfiguration de l'antenne. Cette mise en oeuvre est particulièrement avantageuse car elle permet de limiter les contraintes sur la membrane 12, et donc de limiter l'effort du moteur rotatif 20. Cette mise en oeuvre permet aussi d'augmenter l'amplitude d'une possible translation de la membrane 12 dans un plan tangentiel à la surface.

**[0043]** Les figures 4.a, 4.b et 4.c illustrent le principe d'un limiteur d'effort dans un mode de réalisation préféré de l'invention.

**[0044]** Le limiteur d'effort 25 comprend un piston 25a, un ressort 25b et une chambre 25c. Le piston 25a est susceptible de se déplacer en translation dans la chambre 25c selon l'axe X1. Le piston 25a est maintenu en configuration opérationnelle en contact de la chambre 25c au moyen d'un ressort 25b, en appui d'une part contre le piston 25a et d'autre part contre la chambre 25c.

**[0045]** La chambre 25c est reliée à la seconde liaison de type rotule à doigt 15 au moyen d'un premier élément rigide 23a de la tige 23. Le piston 25a est relié à la première liaison de type rotule à doigt 14 au moyen d'un second élément rigide 23b de la tige 23.

**[0046]** En configuration opérationnelle représentée sur la figure 4.a, la tige 23 comprenant le limiteur d'effort 25 et les éléments rigides 23a et 23b, est rigide sans déformation élastique du limiteur d'effort 25. En configuration de stockage, une déformation élastique du limiteur 25 est obtenue au moyen d'une traction de l'actionneur linéaire 16 sur l'élément rigide 23b, entraînant un écrasement du ressort 25b par translation du piston 25a dans la chambre 25c. Cet écrasement du ressort 25b a lieu lors-

que les corps 26 et 27 sont en butée et que l'actionneur linéaire 16 exerce un effort supérieur au tarage initial du ressort 25b. Autrement dit, en configuration de stockage, l'actionneur linéaire 16 exerce sur le piston 25a un effort de traction apte à compresser le ressort 25b et décoller le piston 25a de la chambre 25c.

**[0047]** L'effort de maintien de la membrane 12 sur la structure rigide 11, aussi appelé effort de gerbage est au minimum égal à l'effort de tarage du ressort 25b.

**[0048]** Ce principe est aussi décrit sur la figure 4.c. En configuration opérationnelle, l'actionneur linéaire 16 est libre d'opérer une translation entre le point A et le point B. Lorsque les corps 26 et 27 entrent en butée mécanique, représenté par le point B, un effort important doit être fourni par l'actionneur linéaire 16 pour décoller le piston 25a de la chambre 25c. Cet effort représenté par le point C correspond au tarage initial du ressort 25b. Le segment reliant le point C au point D est sensiblement vertical, la pente représentée sur la figure correspond à la raideur de la tige 23. Entre les points C et D, le limiteur d'effort 25 est dit actionné, il impose sur une plage correspondant à l'amplitude du déplacement du piston 25a à l'intérieur de la chambre 25c, un effort relativement peu variable, dépendant de la raideur du ressort 25b.

**[0049]** Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux, car il permet de maintenir un effort sensiblement constant, pour une valeur moyenne suffisamment élevée, sur une plage de déplacement significative. Sans limiteur d'effort, les efforts de gerbage sont très élevés et de nature à endommager l'actionneur 16.

**[0050]** Dans un mode de réalisation alternatif, non représenté sur les figures 4.a, 4.b et 4.c, le limiteur d'effort 25 comprend un ressort hélicoïdal dont les spires restent jointives en configuration opérationnelle. La tige 23 reste rigide sans déformation élastique du limiteur d'effort 25. Lorsque les corps 26 et 27 sont en butée et que l'actionneur linéaire 16 exerce un effort supérieur au tarage du ressort hélicoïdal, les spires du ressort hélicoïdal se décollent et oppose au-delà de cet effort de tarage, un effort relativement peu variable sur une plage de déplacement significative.

**[0051]** La figure 5.a représente en vue de dessus un réflecteur d'antenne 10 dans une première variante de l'invention.

**[0052]** La figure 5.a décrit une mise en oeuvre d'un réflecteur d'antenne 10 comprenant une pluralité de moyens de couplage 13 tels que définis précédemment. Toutefois il est entendu que cette variante de l'invention s'applique de la même manière dans le cas d'un réflecteur d'antenne 31 comprenant une pluralité de moyens de couplage 30 tels que définis précédemment.

**[0053]** Dans cette variante, le réflecteur d'antenne 10 comprend trois moyens de couplage 13, dits coupleurs périphériques, repérés 41, 42 et 43, positionnés à proximité de la périphérie, repérée 48, de la membrane 12. Les coupleurs périphériques 41, 42 et 43 sont sensiblement positionnés à égales distances entre eux.

**[0054]** Le point de contact entre la membrane et cha-

cun des coupleurs périphériques 41, 42 et 43 est repéré respectivement C41, C42 et C43.

**[0055]** L'axe tangentiel à la périphérie de la membrane en chacun des points de contact C41, C42 et C43 est repéré respectivement X41, X42 et X43.

**[0056]** Chacun des trois coupleurs périphériques 41, 42 et 43 comprend des moyens 44, 45 et 46 aptes à interdire le mouvement de la membrane 12 selon l'axe tangentiel X41, X42 et X43. Le mouvement de la membrane 12 reste libre selon un axe perpendiculaire à l'axe tangentiel.

**[0057]** Cette mise en oeuvre est particulièrement avantageuse car elle permet au moyen des trois coupleurs périphériques 41, 42 et 43 de maintenir la membrane 12 de façon isostatique sur la structure rigide 11 en configuration opérationnelle. Cette mise en oeuvre est particulièrement avantageuse par rapport aux solutions connues qui envisagent de fixer la membrane 12 sur le support rigide 11 en sa périphérie. La mise en oeuvre proposée s'affranchit des difficultés des solutions connues, et permet les déformations de la surface en périphérie de la membrane 12 pour contrôler la polarisation croisée et les lobes secondaires générés par l'antenne. Ainsi, le support rigide et la membrane sont uniquement reliés par la pluralité de moyens de couplage. Autrement dit, contrairement aux solutions connues, la membrane n'est pas fixée au support rigide en sa périphérie.

**[0058]** La figure 5.b est une vue de dessus du réflecteur d'antenne 10 dans une seconde variante de l'invention.

**[0059]** La figure 5.b décrit une mise en oeuvre d'un réflecteur d'antenne 10 comprenant une pluralité de moyens de couplage 13 tels que définis précédemment. Toutefois il est entendu que cette variante de l'invention s'applique de la même manière dans le cas d'un réflecteur d'antenne 31 comprenant une pluralité de moyens de couplage 30 tels que définis précédemment.

**[0060]** Dans cette seconde variante, le réflecteur d'antenne 10 comprend:

- un moyen de couplage, dit coupleur central, repéré 50, positionné au centre de la membrane 12 et comprenant des moyens 51 aptes à interdire le mouvement de la membrane 12 dans le plan tangentiel à la surface de la membrane 12 en un point de contact C50 entre le coupleur central 50 et la membrane 12,
- un coupleur périphérique 41 comprenant les moyens 44 aptes à interdire le mouvement de la membrane 12 selon l'axe tangentiel X41.

**[0061]** Cette mise en oeuvre est particulièrement avantageuse car elle permet, au moyen de deux moyens de couplage spécifiques, 41 et 50, de maintenir la membrane 12 de façon isostatique sur la structure rigide 11 en configuration opérationnelle.

**[0062]** Les figures 6.a et 6.b décrivent respectivement un coupleur périphérique 41 et un coupleur central 50

dans un mode de réalisation privilégié de l'invention.

**[0063]** Il est entendu que le mode de réalisation décrit sur la figure 6.a, mettant en oeuvre un coupleur périphérique 41, s'applique aussi pour un coupleur périphérique 42 ou 43.

**[0064]** Les coupleurs périphériques 41, 42 et 43 et le coupleur central 50 sont similaires aux moyens de couplage 13 ou 30 tels que définis sur les figures 2.a, 2.b, 3.a et 3.b mais ne comprennent pas la première liaison de type rotule à doigt 14.

**[0065]** Avantageusement, les coupleurs périphériques 41, 42 et 43 comprennent une liaison pivot 60, à la place de la première liaison de type rotule à doigt 14, dont l'axe de rotation libre est sensiblement parallèle à leur axe tangentiel X41, X42 et X43 à la périphérie 48 de la membrane 12, de façon à interdire le mouvement de la membrane 12 selon cet axe.

**[0066]** Avantageusement, le coupleur central 50 comprend une liaison complète 61, à la place de la première liaison de type rotule à doigt 14, de façon à interdire le mouvement de la membrane 12 tangentiellement à sa surface.

**[0067]** La mise en oeuvre du réflecteur d'antenne selon l'invention permet de minimiser considérablement les contraintes mécaniques sur la membrane 12. Avantageusement, la membrane 12 comprend au moins un matériau de type élastomère conducteur renforcé, de type tissu de fibre de carbone recouvert d'une couche de silicone chargé de particules de métal ou de carbone, ou de type tissu métallique noyé dans un silicone chargé de particule de métal ou de carbone. Ces trois matériaux présentant d'excellentes propriétés de réflectivité en bande Ku.

## Revendications

1. Réflecteur d'antenne (10; 31) adapté pour réfléchir un faisceau d'ondes électromagnétiques, comprenant un support rigide (11) et une membrane (12), déformable et ayant des propriétés de réflectivité radio-électrique,  
**caractérisé en ce qu'il** comprend une pluralité de moyens de couplage (13; 30) reliant le support rigide (11) et la membrane (12), répartis sur la surface de la membrane (12), comprenant une première liaison de type rotule à doigt (14) reliée au support rigide (11), et une seconde liaison de type rotule à doigt (15) reliée à la membrane (12),  
**et en ce que** chaque moyen de couplage (13; 30) comprend en outre un actionneur linéaire (16), comprenant un moteur rotatif (20) et un ensemble vis (21) - écrou (22), relié aux deux liaisons de type rotule à doigt (14, 15), et apte à générer un mouvement de translation permettant, dans une configuration dite opérationnelle, la déformation de la membrane (12);  
le support rigide (11) et la membrane (12) étant uni-

quement reliés par la pluralité de moyens de couplage (13 ; 30).

2. Réflecteur d'antenne (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque moyen de couplage (13) comprend :

- le moteur rotatif (20), fixé sur la structure rigide (11),
- la vis (21) coopérant avec l'écrou (22),
- la première liaison de type rotule à doigt (14),
- une tige (23),
- la seconde liaison de type rotule à doigt (15),

fixée sur la membrane (12) ; le moteur rotatif (20), la vis (21) coopérant avec l'écrou (22), la première liaison (14), la tige (23) et la seconde liaison (15) étant reliés entre eux, et positionnés successivement en série entre la structure rigide (11) et la membrane (12).

3. Réflecteur d'antenne (31) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque moyen de couplage (30) comprend :

- la première liaison de type rotule à doigt (14),
- le moteur rotatif (20),
- la vis (21) coopérant avec l'écrou (22),
- une tige (23),
- la seconde liaison de type rotule à doigt (15),

fixée sur la membrane (12) ; la première liaison (14), le moteur rotatif (20), la vis (21), l'écrou (22), la tige (23) et la seconde liaison (15) étant reliés entre eux, et positionnés en série entre la structure rigide (11) et la membrane (12).

4. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chacun des moyens de couplage (13; 30) comprend une butée mécanique (24), formée par un premier rebord (28) solidaire de la membrane (12) et un second rebord (29) solidaire de la membrane, aptes à venir en contact l'un de l'autre, permettant d'immobiliser la membrane (12) par rapport au support rigide (11), dans une configuration dite de stockage.

5. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** chacun des moyens de couplage (13; 30) comprend un limiteur d'effort (25) pouvant être actionné au moyen de l'actionneur linéaire (16); le limiteur d'effort (25) actionné exerçant un effort sur la butée mécanique (24) de façon à immobiliser, en configuration de stockage, la membrane (12) par rapport au support rigide (11); le limiteur d'effort (25) non actionné étant apte, en configuration opérationnelle, à transmettre sans déformation le mouvement de translation généré par l'actionneur linéaire (16).

6. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** limiteur d'effort (25) comprend un piston (25a), une chambre (25c) et un ressort (25b) ; le piston (25a) étant susceptible de se déplacer en translation dans la chambre (25c) selon un axe (X1), et **en ce que** le piston (25a) est maintenu en configuration opérationnelle en contact de la chambre (25c) au moyen du ressort (25b), et **en ce qu'**en configuration de stockage, l'actionneur linéaire (16) exerce sur le piston (25a) un effort de traction apte à compresser le ressort (25b) et décoller le piston (25a) de la chambre (25c).

7. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** chacun des moyens de couplage (13; 30) comprend un premier corps tubulaire (26), fixé par une première de ses extrémités au support rigide (11) et comprenant le premier rebord (28) à une seconde de ses extrémités, et un second corps tubulaire (27), fixé par une première de ses extrémités à la membrane (12) et comprenant le second rebord (28) à une seconde de ses extrémités ; les deux rebords étant de forme coniques (28, 29) ; les deux corps tubulaires entourant au moins partiellement l'actionneur linéaire (16) et les deux liaisons rotules (14, 15).

8. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comprend au moins trois moyens de couplage (13; 30), dits coupleurs périphériques (41, 42, 43), positionnés à proximité de la périphérie (48) de la membrane (12) et sensiblement positionnés à égales distances entre eux, et **en ce que** chacun des coupleurs périphériques (41, 42, 43) comprend des moyens (44, 45, 46) pour interdire le mouvement de la membrane (12) selon un axe tangentiel (X41, X42, X43) à la périphérie (48) de la membrane (12) en un point de contact (C41, C42, C43) entre le coupleur périphérique (41, 42, 43) et la membrane (12).

9. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** qu'il comprend :

- un moyen de couplage (10 ; 31) positionné sensiblement au centre de la membrane (12), dit coupleur central (50), et comprenant des moyens (51) pour interdire le mouvement de la membrane (12) dans le plan tangentiel à la surface de la membrane (12) en un point de contact (C50) entre le coupleur central (50) et la membrane (12),
- un moyen de couplage (10 ; 31), dit coupleur périphérique (41), positionné à proximité de la périphérie (48) de la membrane (12), et com-

- prenant des moyens (44) pour interdire le mouvement de la membrane (12) selon un axe tangentiel (X41) à la périphérie (48) de la membrane (12) en un point de contact (C41) entre le coupleur périphérique (41) et la membrane (12). 5
10. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le coupleur central (50) comprend des moyens pour interdire le mouvement de la membrane (12) tangentielllement à sa surface. 10
11. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon l'une des revendications 8 ou 9, **caractérisé en ce que** le ou les coupleurs périphériques (41, 42, 43) comprennent des moyens pour bloquer un degré de liberté en rotation de la première liaison de type rotule à doigt (14), laissant un axe de rotation libre sensiblement parallèle à l'axe tangentiel (X41, X42, X43) à la périphérie (48) de la membrane (12), de façon à interdire un mouvement de translation de la membrane (12) selon cet axe. 15
12. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le support rigide (11) et la membrane 12 sont de forme sensiblement paraboliques. 20
13. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux liaisons de type rotule à doigt (14, 15) comprennent un matériau composite à base de fibre de carbone. 25
14. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les deux corps tubulaires (26, 27) comprennent un matériau composite à base de fibre de carbone. 30
15. Réflecteur d'antenne (10 ; 31), selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la membrane comprend au moins un matériau de type élastomère conducteur renforcé, de type tissu de fibre de carbone recouvert d'une couche de silicone chargé de particules de métal ou de carbone, ou de type tissu métallique noyé dans un silicone chargé de particule de metal ou de carbone. 35
16. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une liaison de type rotule à doigt est réalisée au moyen d'un ensemble de fibres déformables. 40
- Patentansprüche** 45
1. Antennenreflektor (10; 31), der dazu ausgelegt ist, einen Strahl aus elektromagnetischen Wellen zu re-
- flektieren, umfassend einen starren Träger (11) und eine Membran (12), die verformbar ist und radioelektrisch reflektierende Eigenschaften aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Vielzahl von Kopplungsmitteln (13; 30) umfasst, welche den starren Träger (11) und die Membran (12) verbindet und über die Oberfläche der Membran (12) verteilt ist, umfassend eine erste Kreuzgelenkverbindung (14), die mit dem starren Träger (11) verbunden ist, und eine zweite Kreuzgelenkverbindung (15), die mit der Membran (12) verbunden ist, und dadurch, dass jedes Kopplungsmittel (13; 30) ferner einen Linearantrieb (16), umfassend einen Drehmotor (20) und eine Anordnung aus Schraube (21) und Mutter (22), die mit zwei Kreuzgelenkverbindungen (14, 15) verbunden ist, umfasst, der dazu ausgelegt ist, eine Translationsbewegung zu erzeugen, die in einer Betriebskonfiguration die Verformung der Membran (12) ermöglicht; wobei der starre Träger (11) und die Membran (12) allein durch die Vielzahl von Kopplungsmitteln (13; 30) verbunden sind.
2. Antennenreflektor (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes Kopplungsmittel (13) Folgendes umfasst:
- den Drehmotor (20), der an dem starren Träger (11) befestigt ist,
  - die Schraube (21), die mit der Mutter (22) zusammenwirkt,
  - die erste Kreuzgelenkverbindung (14),
  - eine Stange (23),
  - die zweite Kreuzgelenkverbindung (15), die auf der Membran (12) befestigt ist;
- wobei der Drehmotor (20), die Schraube (21), die mit der Mutter (22) zusammenwirkt, die erste Verbindung (14), die Stange (23) und die zweite Verbindung (15) miteinander verbunden sind und nacheinander in Reihe zwischen dem starren Träger (11) und der Membran (12) angeordnet sind.
3. Antennenreflektor (31) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes Kopplungsmittel (30) Folgendes umfasst:
- die erste Kreuzgelenkverbindung (14), die mit dem starren Träger (11) verbunden ist,
  - den Drehmotor (20),
  - die Schraube (21), die mit der Mutter (22) zusammenwirkt,
  - eine Stange (23),
  - die zweite Kreuzgelenkverbindung (15), die auf der Membran (12) befestigt ist;
- wobei die erste Verbindung (14), der Drehmotor (20), die Schraube (21), die Mutter (22), die Stange (23)



und die zweite Verbindung (15) miteinander verbunden sind und nacheinander in Reihe zwischen dem starren Träger (11) und der Membran (12) angeordnet sind.

4. Antennenreflektor (10; 31) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes der Kopplungsmittel (13; 30) einen mechanischen Anschlag (24) umfasst, der durch eine erste mit der Membran (12) einstückig ausgebildete Kante (28) und eine zweite mit der Membran einstückig ausgebildete Kante (29) ausgebildet ist, die dazu ausgelegt sind, miteinander in Kontakt zu kommen, sodass es in einer Lagerkonfiguration möglich ist, die Membran (12) in Bezug auf den starren Träger (11) zu fixieren.
5. Antennenreflektor (10; 31) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes der Kopplungsmittel (13; 30) einen Kraftbegrenzer (25) umfasst, der durch den Linearantrieb (16) betätigt werden kann; wobei der betätigte Kraftbegrenzer (25) eine Kraft auf den mechanischen Anschlag (24) derart ausübt, dass die Membran (12) in der Lagerkonfiguration in Bezug auf den starren Träger (11) fixiert wird; wobei der nicht betätigte Kraftbegrenzer (25) dazu fähig ist, in der Betriebskonfiguration die vom Linearantrieb (16) erzeugte Translationsbewegung ohne Verformung zu übertragen.
6. Antennenreflektor (10; 31) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kraftbegrenzer (25) einen Kolben (25a), eine Kammer (25c) und eine Feder (25b) umfasst; wobei der Kolben (25a) dazu fähig ist, sich translatorisch in der Kammer (25c) entlang einer Achse (X1) zu bewegen, und dadurch, dass der Kolben (25a) in der Betriebskonfiguration in Kontakt mit der Kammer (25c) durch die Feder (25b) gehalten wird, und dadurch, dass der Linearantrieb (16) in der Lagerkonfiguration auf den Kolben (25a) eine Zugkraft ausübt, die dazu fähig ist, die Feder (25b) zusammenzudrücken und den Kolben (25a) von der Kammer (25c) zu lösen.
7. Antennenreflektor (10; 31) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes der Kopplungsmittel (13; 30) einen ersten rohrförmigen Körper (26), der mit einem ersten seiner Enden an dem starren Träger (11) befestigt ist und die erste Kante (28) an einem zweiten seiner Enden umfasst, und einen zweiten rohrförmigen Körper (27), der mit einem ersten seiner Enden an der Membran (12) befestigt ist und die zweite Kante (28) an einem zweiten seiner Enden umfasst, umfasst; wobei die beiden Kanten eine konische Form (28, 29) aufweisen; wobei die beiden rohrförmigen Körper den Linearmotor (16) und die beiden Gelenkverbindungen (14, 15) zumindest teilweise umschließen.

8. Antennenreflektor (10; 31) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er wenigstens drei Kopplungsmittel (13; 30), d. h. die Umfangskopplungen (41, 42, 43), umfasst, die im Bereich des Umfangs (48) der Membran (12) angeordnet sind und im Wesentlichen in gleichen Abständen zueinander angeordnet sind, und dadurch, dass jede der Umfangskopplungen (41, 42, 43) Mittel (44, 45, 46) umfasst, um die Bewegung der Membran (12) entlang einer Tangentialachse (X41, X42, X43) zum Umfang (48) der Membran (12) an einem Kontaktpunkt (C41, C42, C43) zwischen der Umfangskopplung (41, 42, 43) und der Membran (12) zu verhindern.

9. Antennenreflektor (10; 31) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** er Folgendes umfasst:

- ein Kopplungsmittel (10; 31), das im Wesentlichen in der Mitte der Membran (12) angeordnet ist, d. h. die mittlere Kopplung (50), und Mittel (51) umfasst, um die Bewegung der Membran (12) in der Tangentialebene zur Oberfläche der Membran (12) an einem Kontaktpunkt (C50) zwischen der mittleren Kopplung (50) und der Membran (12) zu verhindern,
- ein Kopplungsmittel (10; 31), d. h. die Umfangskopplung (41), das im Bereich des Umfangs (48) der Membran (12) angeordnet ist und Mittel (44) umfasst, um die Bewegung der Membran (12) entlang einer Tangentialachse (X41) zum Umfang (48) der Membran (12) an einem Kontaktpunkt (C41) zwischen der Umfangskopplung (41) und der Membran (12) zu verhindern.

10. Antennenreflektor (10; 31) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittlere Kopplung (50) Mittel umfasst, um die Bewegung der Membran (12) tangential zu ihrer Oberfläche zu verhindern.

11. Antennenreflektor (10; 31) nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umfangskopplung(en) (41, 42, 43) Mittel umfasst/umfassen, um einen Drehfreiheitsgrad der ersten Kreuzgelenkverbindung (14) zu blockieren, wobei eine freie Drehachse im Wesentlichen parallel zur Tangentialachse (X41, X42, X43) zum Umfang (48) der Membran (12) belassen wird, sodass eine Translationsbewegung der Membran (12) entlang dieser Achse verhindert wird.

12. Antennenreflektor (10; 31) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der starre Träger (11) und die Membran (12) eine im Wesentlichen parabolische Form aufweisen.

13. Antennenreflektor (10; 31) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Kreuzgelenkverbindungen (14, 15) ein kohlenstofffaserhaltiges Verbundmaterial umfassen.

5

14. Antennenreflektor (10; 31) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden rohrförmigen Körper (26, 27) ein kohlenstofffaserhaltiges Verbundmaterial umfassen.

10

15. Antennenreflektor (10; 31) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membran wenigstens ein verstärktes leitendes Elastomermaterial umfasst, das aus mit einer mit Metall- oder Kohlenstoffpartikeln geladenen Silikonschicht überzogenem Kohlenstofffasergewebe oder aus einem in mit Metall- oder Kohlenstoffpartikeln geladenes Silikon getauchten Metallgewebe besteht.

15

20

16. Antennenreflektor (10; 31) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Kreuzgelenkverbindung durch einen Satz verformbarer Fasern ausgebildet ist.

25

## Claims

30

1. An antenna reflector (10; 31) adapted to reflect a beam of electromagnetic waves, comprising a rigid support (11) and a membrane (12) that is deformable and has radioelectric reflectivity properties, **characterised in that** it comprises a plurality of coupling means (13; 30) linking the rigid support (11) and the membrane (12), which means are distributed over the surface of the membrane (12) and comprise a first link (14) of the finger ball joint type linked to the rigid support (11) and a second link (15) of the finger ball joint type linked to the membrane (12), and **in that** each coupling means (13; 30) further comprises a linear actuator (16) comprising a rotary motor (20) and a screw (21) - nut (22) assembly linked to the two links (14, 15) of the finger ball joint type and able to generate a translation movement that allows, in a configuration called operational configuration, the deformation of the membrane (12), with the rigid support (11) and the membrane (12) only being linked by the plurality of coupling means (13; 30).

35

40

45

50

2. The antenna reflector (10) according to claim 1, **characterised in that** each coupling means (13) comprises:

55

- the rotary motor (20), fixed on the rigid structure (11);

- the screw (21) cooperating with the nut (22);  
- the first link (14) of the finger ball joint type;  
- a rod (23);  
- the second link (15) of the finger ball joint type, fixed on the membrane (12),

the rotary motor (20), the screw (21) cooperating with the nut (22), the first link (14), the rod (23) and the second link (15) being linked together and being successively positioned in series between the rigid structure (11) and the membrane (12).

3. The antenna reflector (31) according to claim 1, **characterised in that** each coupling means (30) comprises:

- the first link (14) of the finger ball joint type, fixed on the rigid structure (11);  
- the rotary motor (20);  
- the screw (21) cooperating with the nut (22);  
- a rod (23);  
- the second link (15) of the finger ball joint type, fixed on the membrane (12),

the first link (14), the rotary motor (20), the screw (21), the nut (22), the rod (23) and the second link (15) being linked together and being positioned in series between the rigid structure (11) and the membrane (12).

4. The antenna reflector (10; 31) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** each of the coupling means (13; 30) comprises a mechanical stop (24), formed by a first flange (28) integral with the membrane (12) and a second flange (29) integral with the membrane that are able to come into contact with each other, allowing the membrane (12) to be immobilised relative to the rigid support (11), in a configuration called stowed configuration.

5. The antenna reflector (10; 31) according to claim 4, **characterised in that** each of the coupling means (13; 30) comprises a force limiter (25) that can be actuated by means of the linear actuator (16), the actuated force limiter (25) exerting a force on the mechanical stop (24) so as to immobilise, in the stowed configuration, the membrane (12) relative to the rigid support (11), the non-actuated force limiter (25) being able, in the operational configuration, to transmit the translation movement generated by the linear actuator (16) without any deformation.

6. The antenna reflector (10; 31) according to claim 5, **characterised in that** the force limiter (25) comprises a piston (25a), a chamber (25c) and a spring (25b), the piston (25a) being able to translationally move inside the chamber (25c) along an axis (X1), and **in that** the piston (25a) is held, in the operational

configuration, in contact with the chamber (25c) by means of the spring (25b), and **in that**, in the stowed configuration, the linear actuator (16) exerts a traction force on the piston (25a) that is able to compress the spring (25b) and release the piston (25a) from the chamber (25c).

7. The antenna reflector (10; 31) according to any one of claims 4 to 6, **characterised in that** each of the coupling means (13; 30) comprises a first tubular body (26), which is fixed by a first one of its ends to the rigid support (11) and comprises the first flange (28) at a second one of its ends, and a second tubular body (27), which is fixed by a first one of its ends to the membrane (12) and comprises the second flange (28) at a second one of its ends, the two flanges (28, 29) being of conical shape, the two tubular bodies at least partially surrounding the linear actuator (16) and the two ball joint links (14, 15).

8. The antenna reflector (10; 31) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** it comprises at least three coupling means (13; 30), called peripheral couplers (41, 42, 43), positioned in the vicinity of the periphery (48) of the membrane (12) and substantially positioned at equal distances between them, and **in that** each of the peripheral couplers (41, 42, 43) comprises means (44, 45, 46) for preventing any movement of the membrane (12) along an axis (X41, X42, X43) tangential to the periphery (48) of the membrane (12) at a contact point (C41, C42, C43) between the peripheral coupler (41, 42, 43) and the membrane (12).

9. The antenna reflector (10; 31) according to any one of claims 1 to 7, **characterised in that** it comprises:

- a coupling means (10; 31), called central coupler (50), positioned substantially at the centre of the membrane (12), and comprising means (51) for preventing any movement of the membrane (12) in the plane tangential to the surface of the membrane (12) at a contact point (C50) between the central coupler (50) and the membrane (12);
- a coupling means (10; 31), called peripheral coupler (41), positioned in the vicinity of the periphery (48) of the membrane (12), and comprising means (44) for preventing any movement of the membrane (12) along an axis (X41) tangential to the periphery (48) of the membrane (12) at a point of contact (C41) between the peripheral coupler (41) and the membrane (12).

10. The antenna reflector (10; 31) according to claim 9, **characterised in that** the central coupler (50) comprises means for preventing any movement of the membrane (12) at a tangent to its surface.

11. The antenna reflector (10; 31) according to any one of claims 8 to 9, **characterised in that** the one or more peripheral couplers (41, 42, 43) comprise means for blocking a degree of rotational freedom of the first link (14) of the finger ball joint type, leaving a free axis of rotation substantially parallel to the axis (X41, X42, X43) tangential to the periphery (48) of the membrane (12), so as to prevent any translation movement of the membrane (12) along this axis.

12. The antenna reflector (10; 31) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the rigid support (11) and the membrane (12) are of substantially parabolic shape.

13. The antenna reflector (10; 31) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the two links (14, 15) of the finger ball joint type comprise a carbon fibre-based composite material.

14. The antenna reflector (10; 31) according to claim 7, **characterised in that** the two tubular bodies (26, 27) comprise a carbon fibre-based composite material.

15. The antenna reflector (10; 31) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the membrane comprises at least one material of the enhanced conductive elastomer type, of the carbon fibre weave type, coated with a silicon layer filled with metal or carbon particles, or of the metal fabric type embedded in a silicon filled with metal or carbon particles.

16. The antenna reflector (10; 31) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the at least one link of the finger ball joint type is produced by means of a set of deformable fibres.

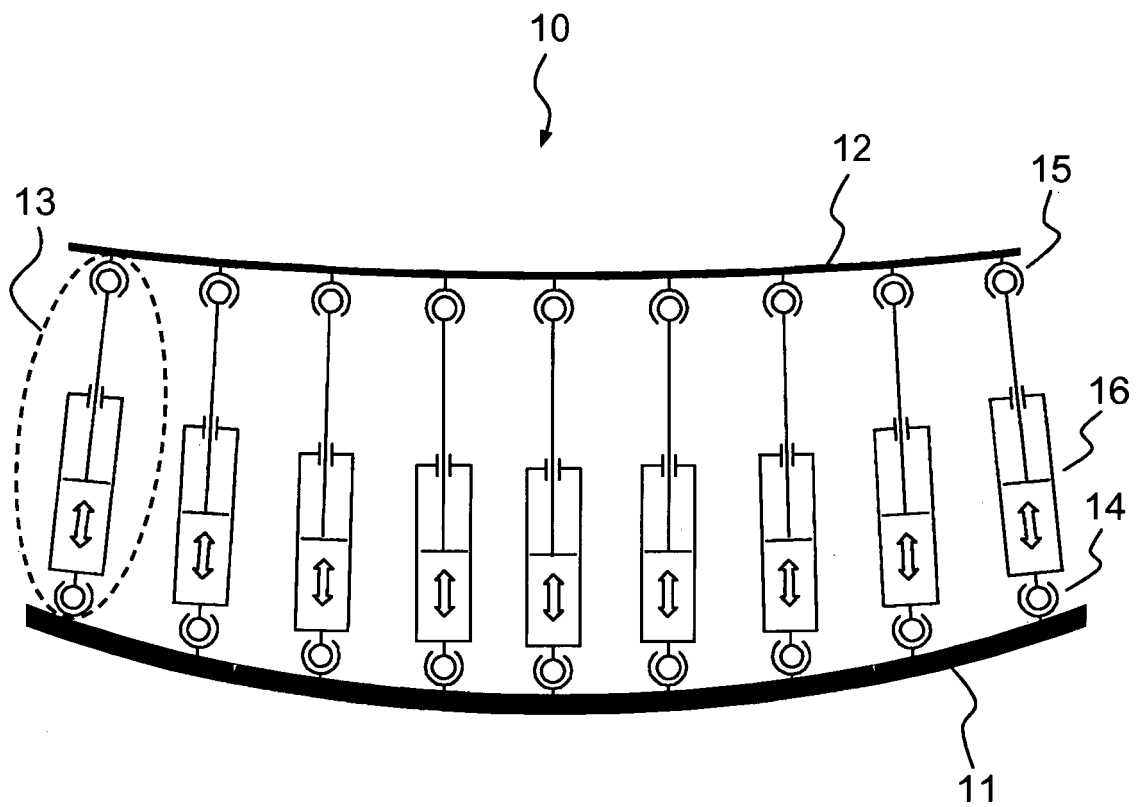


FIG.1

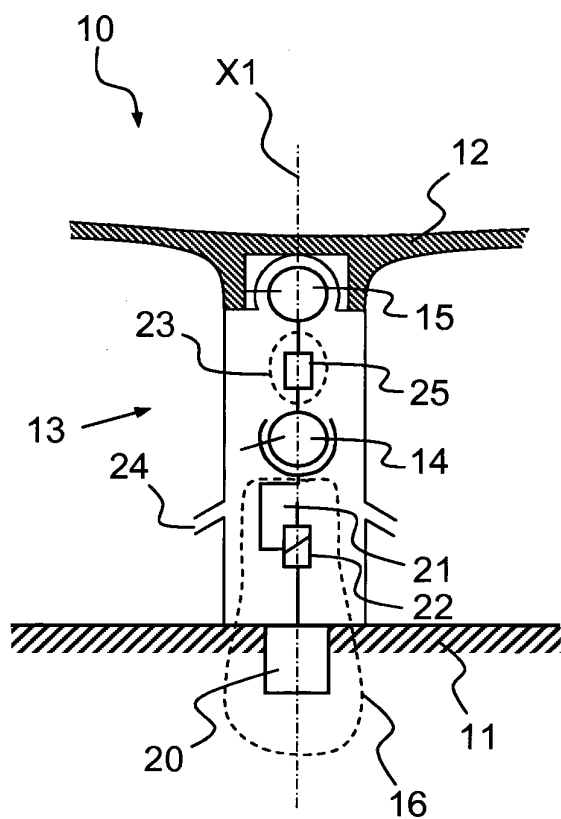


FIG. 2a

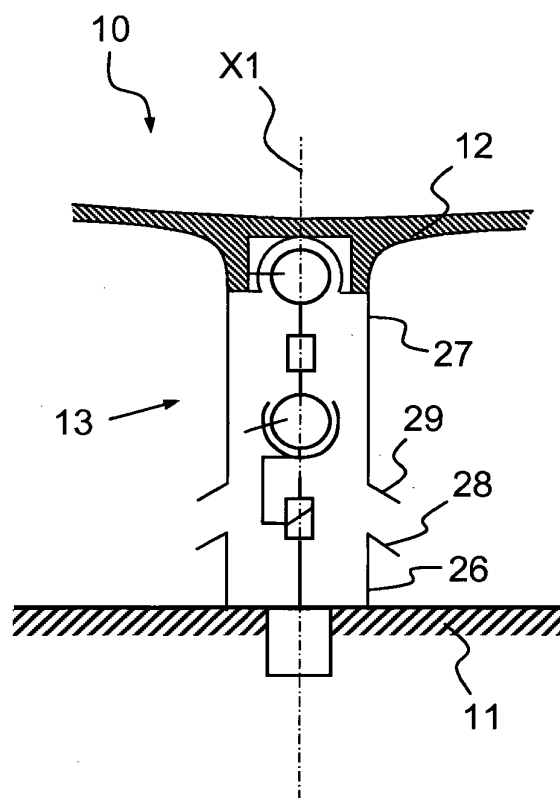


FIG. 2b

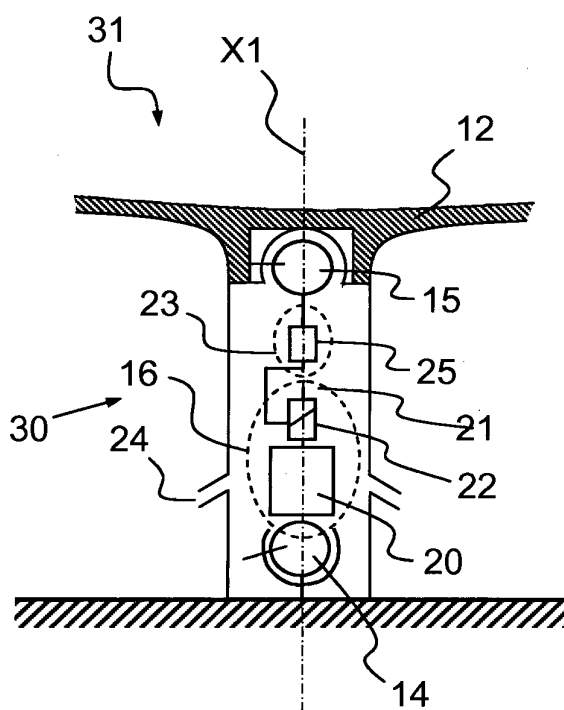


FIG. 3a

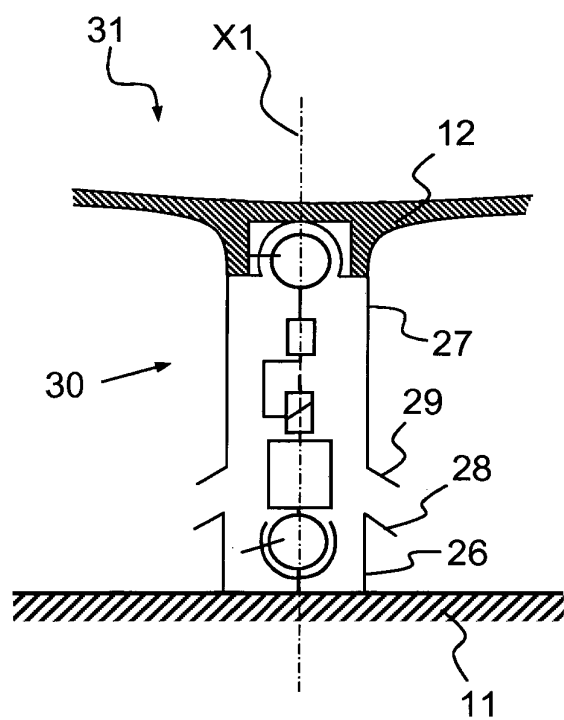


FIG. 3b

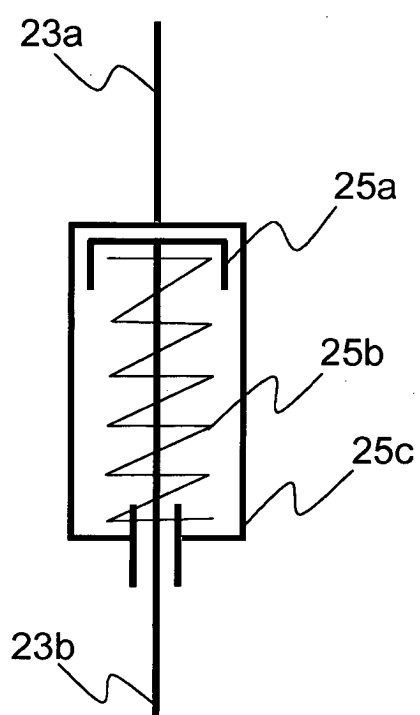


FIG. 4a

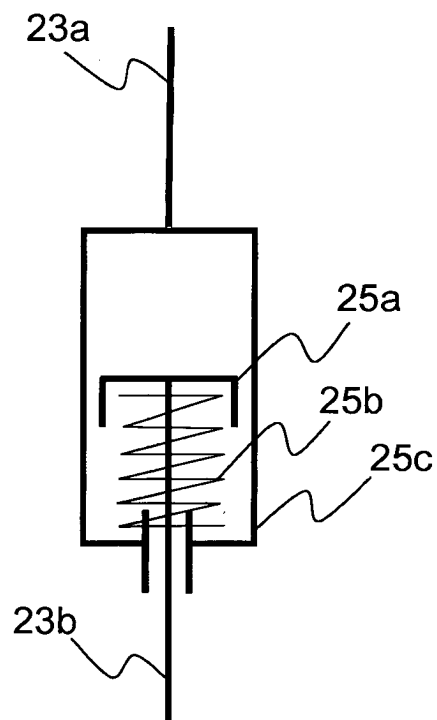


FIG. 4b

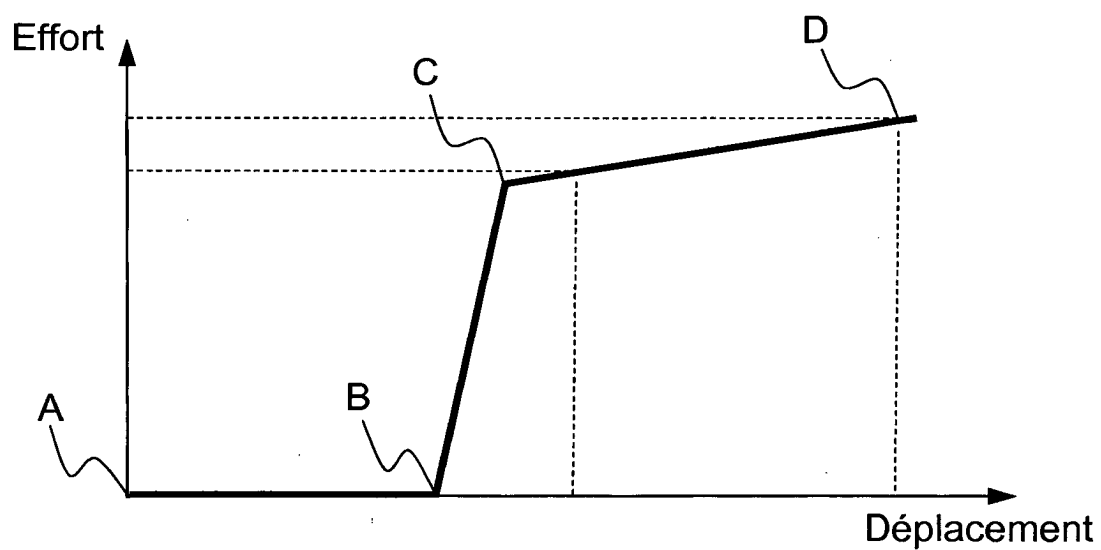


FIG. 4c

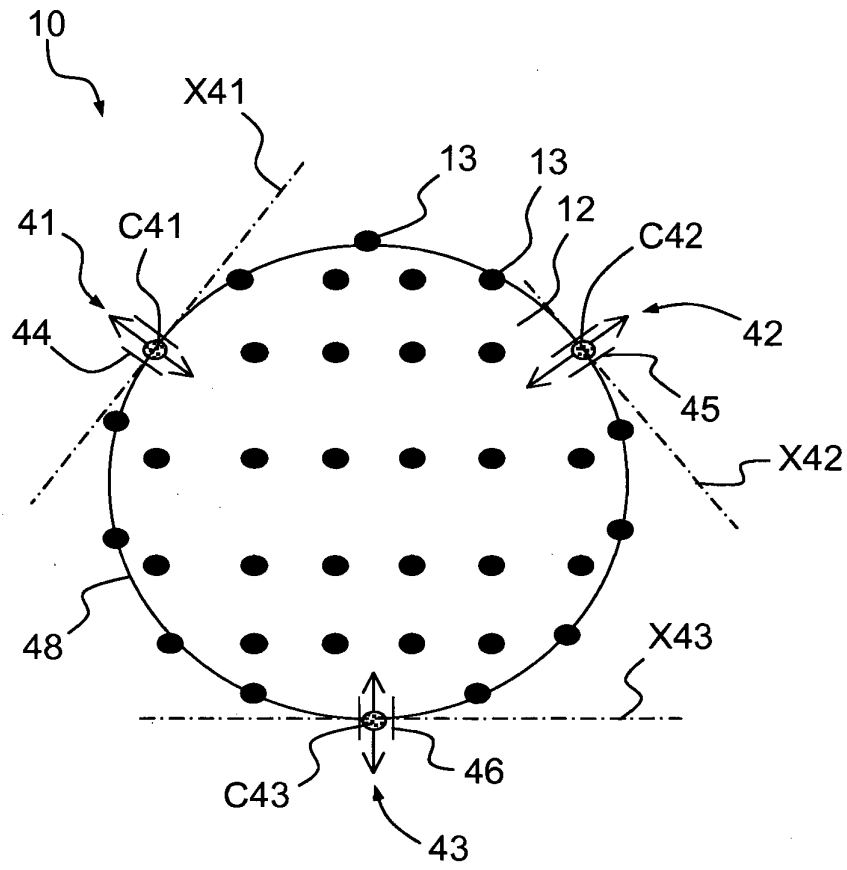


FIG. 5a

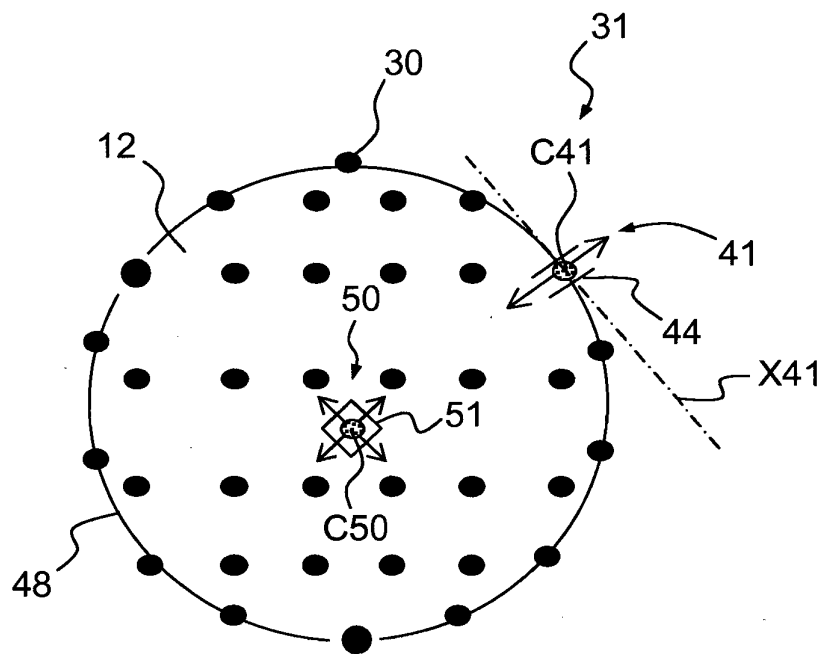


FIG. 5b

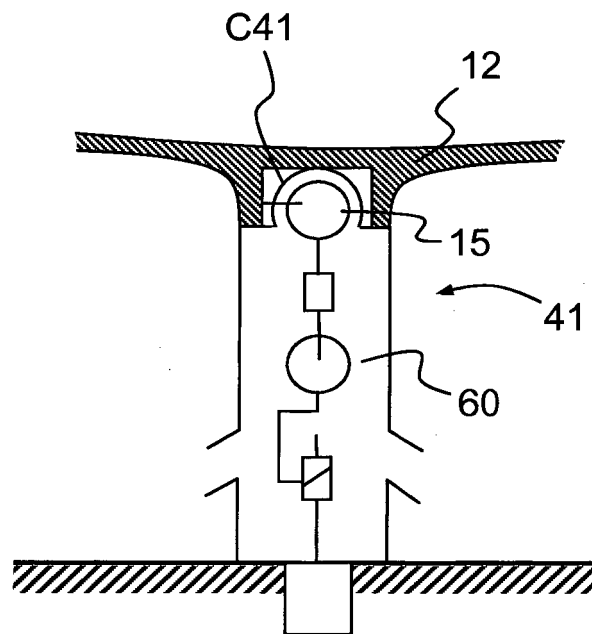


FIG. 6a

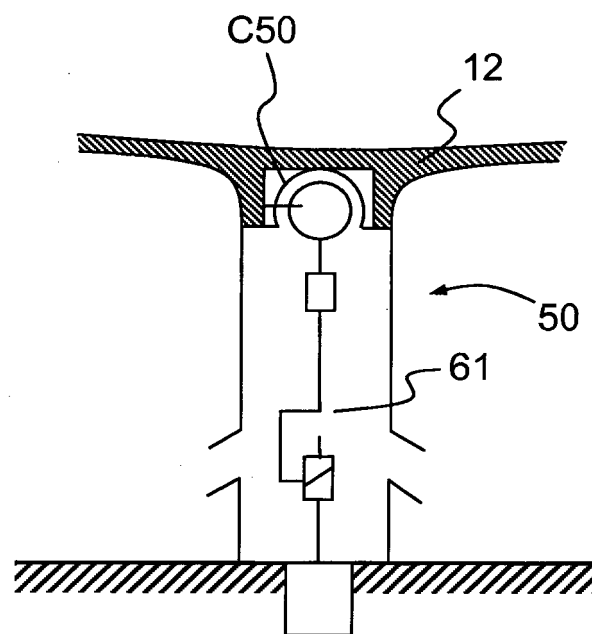


FIG. 6b



**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- EP 0519775 A [0011]
- JP 7249934 B [0011]
- US 4750002 A [0011]