



(11)

**EP 2 648 281 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

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

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

(21) Numéro de dépôt: **13162567.5**

(22) Date de dépôt: **05.04.2013**

(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**  
Etats d'extension désignés:  
**BA ME**

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

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

(71) Demandeurs:

- **Thales**  
92200 Neuilly Sur Seine (FR)
- **Centre National d'Etudes Spatiales**  
75039 Paris Cedex 01 (FR)

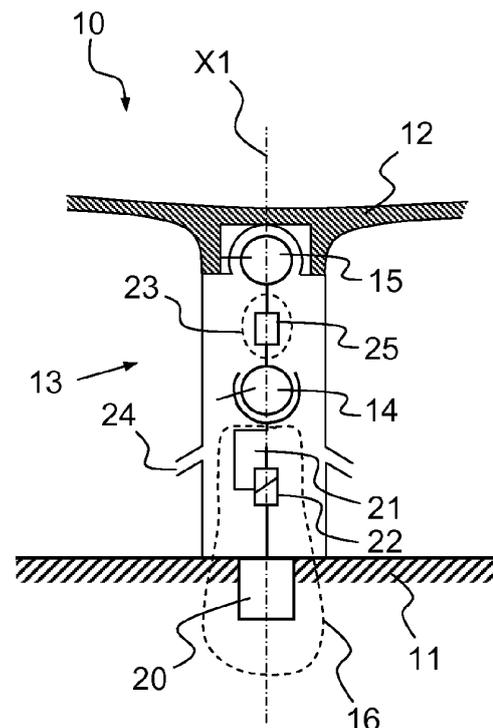
(74) Mandataire: **Collet, Alain**  
**Marks & Clerk France**  
**Conseils en Propriété Industrielle**  
**Immeuble Visium**  
**22, Avenue Aristide Briand**  
**94117 Arcueil Cedex (FR)**

(72) Inventeurs:

- **Brossier, Jérôme**  
31470 Fonsorbes (FR)

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

(57) La présente invention concerne réflecteur d'antenne (10) reconfigurable en service comprenant un support rigide (11) et une membrane (12), déformable et ayant des propriétés de réflectivité radio-électrique. Selon l'invention, le réflecteur comprend une pluralité de moyens de couplage (13) reliant le support rigide (11) et 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). Chaque moyen de couplage (13) 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, dans une configuration opérationnelle, un mouvement de translation permettant la déformation de la membrane (12).



**FIG.2a**

**EP 2 648 281 A1**

## 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 hypers-taticité.

**[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]** 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.

**[0012]** 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.

**[0013]** L'invention permet notamment de réduire l'hyperstaiticité 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 dis-

posant 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.

**[0014]** 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.

**[0015]** Par souci de clarté, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures.

**[0016]** 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.

**[0017]** 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.

**[0018]** 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.

**[0019]** 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.

**[0020]** 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.

**[0021]** 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.

**[0022]** 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.

**[0023]** 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.

**[0024]** 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.

**[0025]** 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 contrain-

tes 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.

**[0026]** 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.

**[0027]** 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.

**[0028]** 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.

**[0029]** 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.

**[0030]** 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.

**[0031]** 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.

**[0032]** 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.

**[0033]** 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.

**[0034]** 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.

**[0035]** 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.

**[0036]** 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.

**[0037]** 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.

**[0038]** 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)

**[0039]** 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.

**[0040]** 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.

**[0041]** 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.

**[0042]** 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.

**[0043]** 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.

**[0044]** 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.

**[0045]** En configuration opérationnelle représentée sur la figure 4.a, la tige 23 comprenant le limiteur d'effort 25 et les éléments rigide 23a et 23b, est rigide sans déformation élastique du limiteur d'effort 25. En configuration de stockage, une déformation élastique du limiteur 25 est obtenu 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 lorsque 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.

**[0046]** 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.

**[0047]** 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.

**[0048]** 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.

**[0049]** 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.

**[0050]** La figure 5.a représente en vue de dessus un réflecteur d'antenne 10 dans une première variante de l'invention.

**[0051]** 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.

**[0052]** 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.

**[0053]** Le point de contact entre la membrane et chacun des coupleurs périphériques 41, 42 et 43 est repéré respectivement C41, C42 et C43.

**[0054]** 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.

[0055] 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.

[0056] 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.

[0057] La figure 5.b est une vue de dessus du réflecteur d'antenne 10 dans une seconde variante de l'invention.

[0058] 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.

[0059] 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.

[0060] 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.

[0061] 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.

[0062] 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.

[0063] 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.

[0064] 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.

[0065] 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.

[0066] 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 silicium 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) reconfigurable en service, 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 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, dans une configuration opérationnelle, un mouvement de translation permettant la déformation de la membrane (12) ; la membrane (12) n'étant pas fixée au support rigide (11) en sa périphérie.
2. Réflecteur d'antenne (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque moyen 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).
3. Réflecteur d'antenne (31) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque moyen de couplage (30) comprend des 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),
  - une tige (23),
  - la seconde liaison de type rotule à doigt (15), fixée sur 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), permettant d'immobiliser, au moyen de l'actionneur linéaire (16), la membrane (12) par rapport au support rigide (11), dans une configuration 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) actionné en configuration de stockage au moyen de l'actionneur linéaire (16); le limiteur d'effort (25) 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) 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 présentant un rebord conique (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 présentant un rebord conique (28) à une seconde de ses extrémités, et **en ce que** les deux rebords coniques (28, 29) sont aptes, en configuration de stockage, à venir en contact l'un de l'autre pour former la butée mécanique (24).
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 comprenant 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).
10. Réflecteur d'antenne (10; 31) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le coupleur central (50) comprend une liaison complète (61), qui remplace la première liaison de type rotule à doigt (14), de façon à interdire le mouvement de la membrane (12) tangentiellement à sa surface.

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 une liaison pivot (60), qui remplace la première liaison de type rotule à doigt (14), et dont l'axe de rotation libre est 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. 5  
10
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. 15
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. 20
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. 25
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 métal ou de carbone. 30  
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  
45  
50  
55

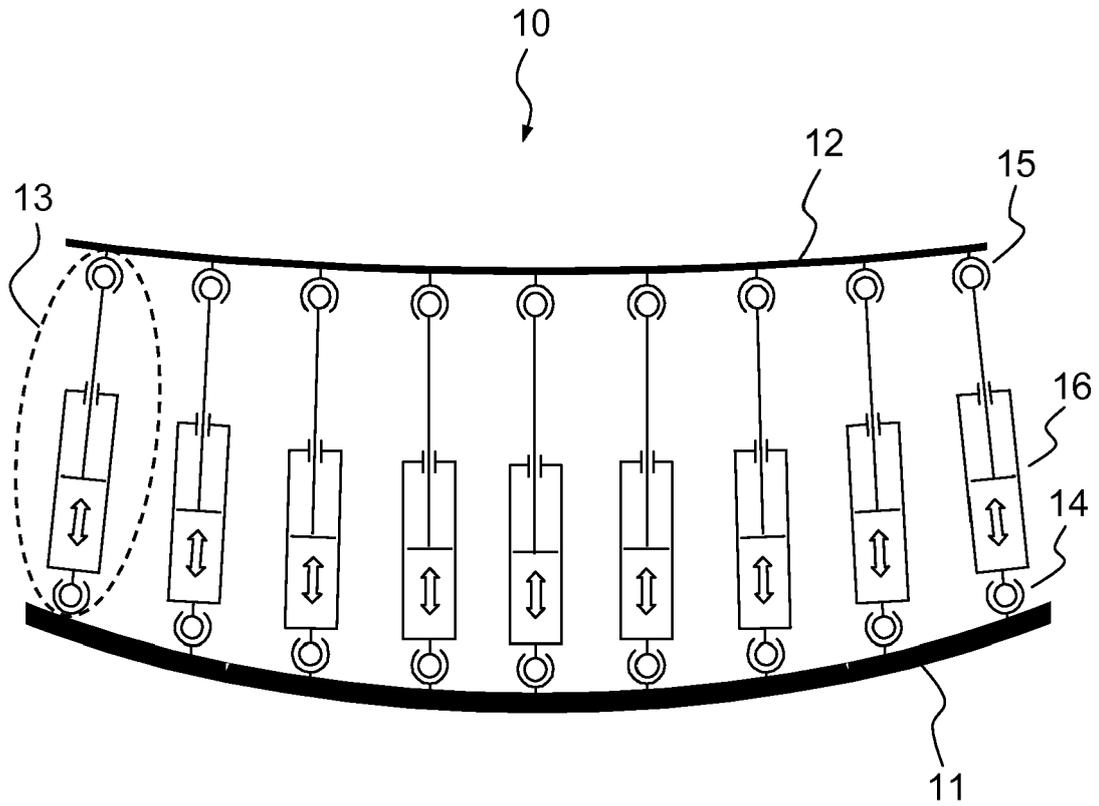


FIG.1

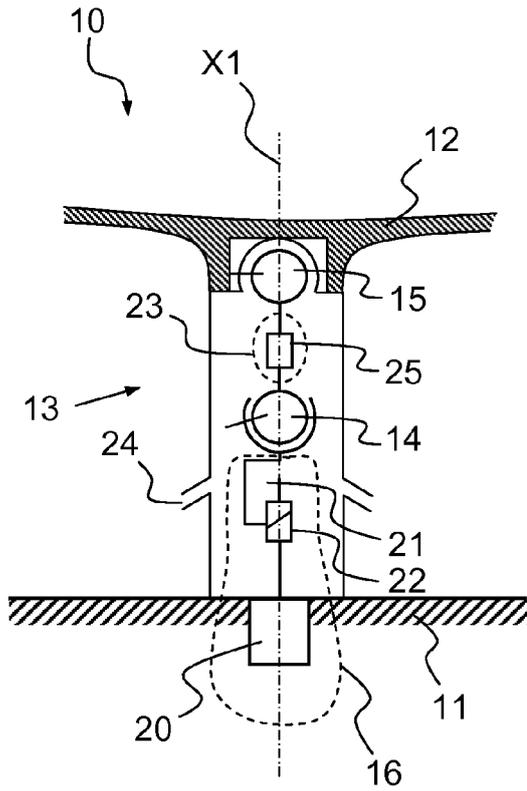


FIG. 2a

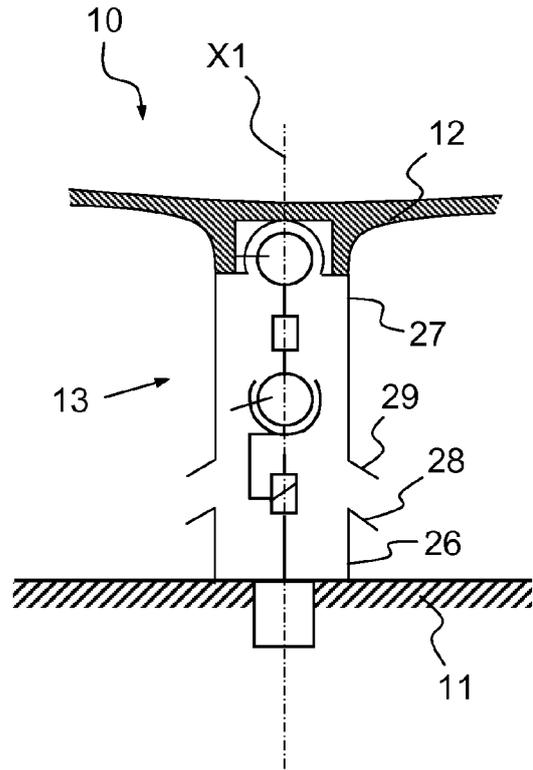


FIG. 2b

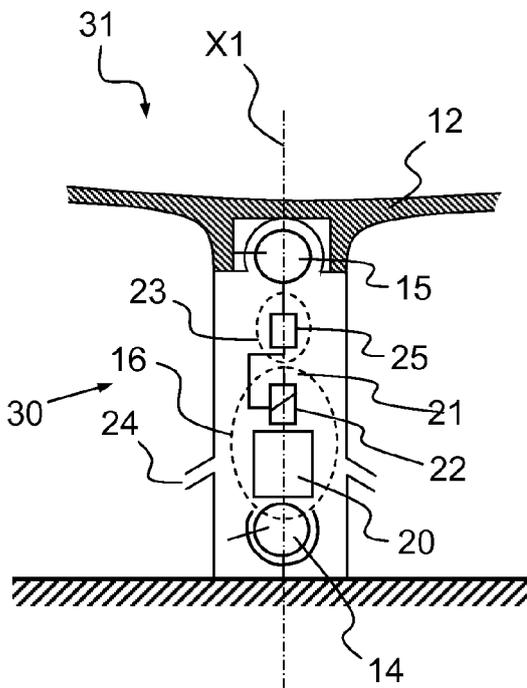


FIG. 3a

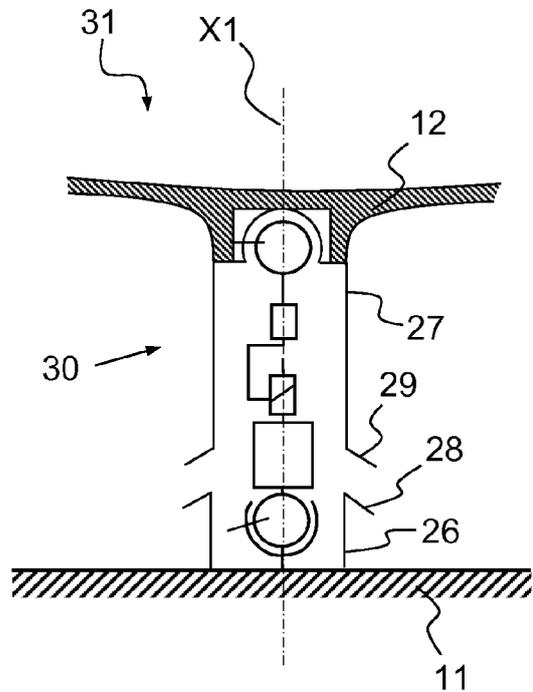


FIG. 3b

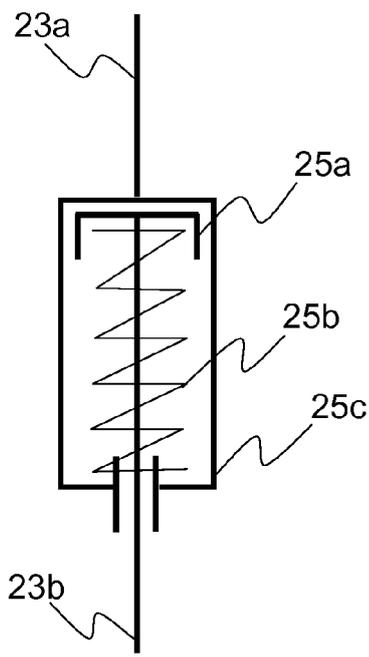


FIG. 4a

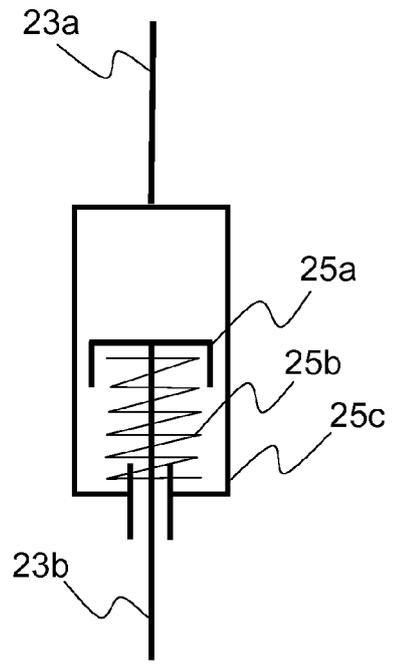


FIG. 4b

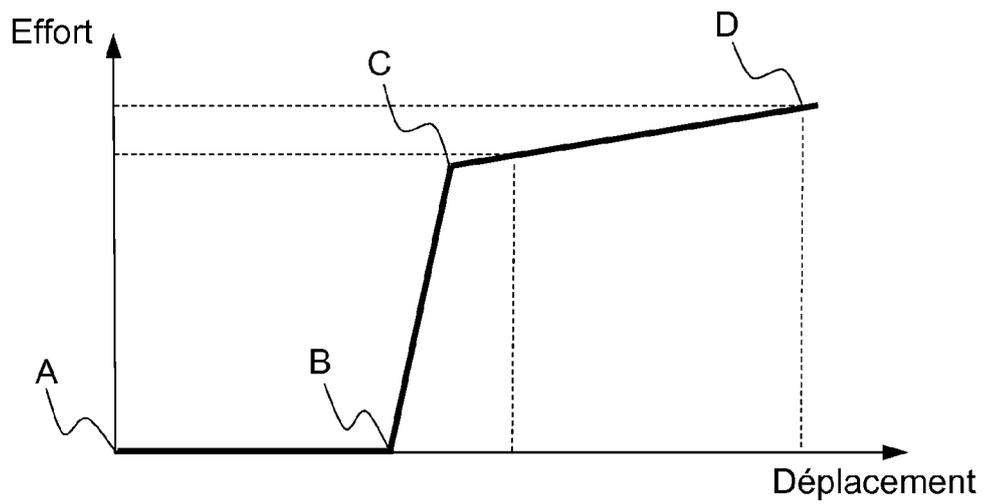


FIG. 4c



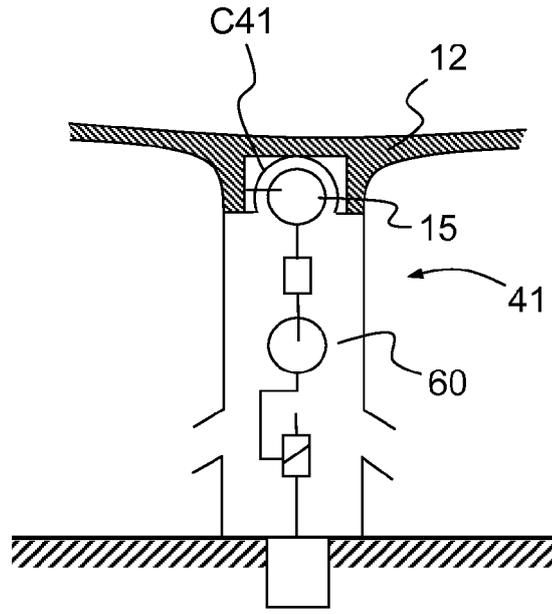


FIG.6a

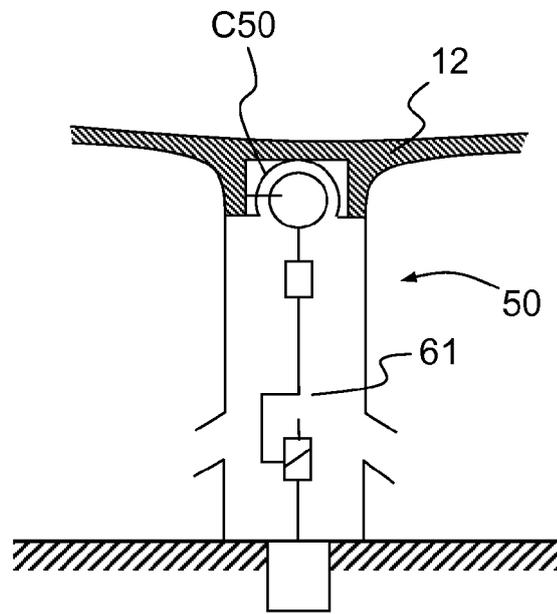


FIG.6b



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 13 16 2567

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 0 519 775 A1 (AEROSPATIALE [FR]) 23 décembre 1992 (1992-12-23)  * le document en entier * -----	1-4, 7-10, 12-16	INV. H01Q15/16 H01Q1/28 H01Q15/14
A	JP 7 249934 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 26 septembre 1995 (1995-09-26) * le document en entier * -----	1	
A	US 4 750 002 A (KOMMINENI PRASAD R [US]) 7 juin 1988 (1988-06-07) * le document en entier * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>La Haye</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>29 avril 2013</b>	Examineur <b>Fredj, Aziz</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

1  
EPO FORM 1503, 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 13 16 2567

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

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

29-04-2013

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0519775	A1	23-12-1992	CA 2070793 A1	20-12-1992
			EP 0519775 A1	23-12-1992
			FR 2678111 A1	24-12-1992
			JP H05191134 A	30-07-1993
			US 5440320 A	08-08-1995
-----				
JP 7249934	A	26-09-1995	-----	-----
US 4750002	A	07-06-1988	AUCUN	
-----				

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82