

(19)



(11)

EP 3 365 943 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

15.01.2020 Bulletin 2020/03

(21) Numéro de dépôt: **16784538.7**

(22) Date de dépôt: **21.10.2016**

(51) Int Cl.:

H01Q 15/08 (2006.01) **H01Q 19/06** (2006.01)
H01Q 21/30 (2006.01) **H01Q 25/00** (2006.01)
H01Q 5/28 (2015.01) **H01Q 1/12** (2006.01)
H01Q 1/36 (2006.01) **H01Q 15/16** (2006.01)
H01Q 5/30 (2015.01)

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/EP2016/075454

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2017/068155 (27.04.2017 Gazette 2017/17)

(54) **DISPOSITIF D'ANTENNE D'AIDE A L'ACQUISITION ET SYSTEME D'ANTENNE POUR LE SUIVI
D'UNE CIBLE EN MOUVEMENT ASSOCIE**

ANTENNENVORRICHTUNG FÜR ERFASSUNGSHILFE UND ENTSPRECHENDES
ANTENNENSYSTEM ZUR ÜBERWACHUNG EINES SICH BEWEGENDEN ZIELS

ACQUISITION AID ANTENNA DEVICE AND ASSOCIATED ANTENNA SYSTEM FOR MONITORING
A MOVING TARGET

(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: **22.10.2015 FR 1560104**

(43) Date de publication de la demande:
29.08.2018 Bulletin 2018/35

(73) Titulaire: **Zodiac Data Systems
91978 Courtaboeuf Cedex (FR)**

(72) Inventeurs:

- **COUSIN, Pascal
14650 Carpiquet (FR)**
- **MELLE, Christophe
33470 Gujan-Mestras (FR)**

- **KARAS, Alain
95130 Le Plessis Bouchard (FR)**

(74) Mandataire: **Regimbeau
20, rue de Chazelles
75847 Paris Cedex 17 (FR)**

(56) Documents cités:

**US-A- 2 761 141 US-A- 4 096 482
US-A1- 2010 013 726**

- **JOSEF MIGL ET AL: "X-Band acquisition aid
antenna for ground stations application",
ANTENNAS AND PROPAGATION (EUCAP), 2010
PROCEEDINGS OF THE FOURTH EUROPEAN
CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ,
USA, 12 avril 2010 (2010-04-12), pages 1-5,
XP031706105, ISBN: 978-1-4244-6431-9**

EP 3 365 943 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**DOMAINE DE L'INVENTION**

- 5 **[0001]** L'invention concerne un dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition ainsi qu'un système d'antenne pour le suivi d'une cible en mouvement incluant un tel dispositif d'aide à l'acquisition.
- [0002]** L'invention s'applique aux stations de suivi, de poursuite, pour la télémétrie et les essais en vol d'engins ou d'aéronef (avions, missiles, drones...) ou dans le domaine spatial comme la réception de données des charges utiles scientifiques et d'observation (satellites défilants en orbite basse), le contrôle en orbite durant la phase de lancement
- 10 pour tous types de satellites (LEO, MEO, GEO), aussi bien pour des systèmes d'antenne au sol ou bien embarqués sur des navires de guerre ou civils, des systèmes de défense aérienne, des systèmes de radars monopulse et multi-bandes.

ETAT DE LA TECHNIQUE

- 15 **[0003]** Dans une station de télémétrie, l'antenne principale est particulièrement directive avec un faisceau d'émission fin, ayant un angle d'ouverture de quelques degrés. Compte tenu de la finesse de son faisceau, il est difficile de pointer l'antenne principale vers la cible, en particulier lorsque celle-ci se déplace rapidement.
- [0004]** Les antennes d'aide à l'acquisition (en anglais, « Acquisition Aid Antenna ») sont des antennes auxiliaires destinées à être fixées à des antennes principales dans une station de télémétrie.
- 20 **[0005]** Cette antenne d'aide à l'acquisition est généralement solidaire de l'antenne principale et présente un lobe nettement plus large que celui de l'antenne principale (entre 15 et 30°, soit jusqu'à 20 fois celui de l'antenne principale). Le rôle de l'antenne d'aide à l'acquisition est de faciliter une acquisition rapide et d'assurer une poursuite à faible distance. Une fois que l'antenne principale est correctement orientée et que le niveau du signal reçu provenant de la cible est
- 25 suffisant pour permettre une réception par l'antenne principale, le signal est commuté vers l'antenne principale, sans perte de la poursuite lorsque la cible est à bonne distance.
- [0006]** L'antenne d'aide à l'acquisition est également utilisée pour récupérer des données de télémétrie en cas de perte de signal par l'antenne principale. L'antenne d'aide à l'acquisition permet en particulier de continuer à poursuivre une cible en mouvement (drone, avion ou missile par exemple) lorsque la cible est proche ou se déplace rapidement.
- [0007]** Il est ainsi possible de commuter entre l'antenne principale et l'antenne d'aide à l'acquisition afin de maintenir
- 30 une continuité du signal de télémétrie.
- [0008]** Une commutation de l'antenne principale vers l'antenne d'aide à l'acquisition peut également être réalisée à titre préventif lorsque la proximité de la cible risque d'entraîner une saturation des équipements radiofréquence.
- [0009]** On connaît des antennes d'aide à l'acquisition comprenant une source d'antenne et un réflecteur parabolique de petit diamètre, la source d'antenne étant disposée au foyer du réflecteur. Un inconvénient de ce type d'antenne est
- 35 que, le réflecteur étant de petit diamètre, la source d'antenne masque une partie importante du réflecteur. Cela a pour conséquence que l'antenne d'aide à l'acquisition présente un rendement médiocre et un diagramme de réception de mauvaise qualité (présentant des lobes secondaires d'amplitude élevée).
- [0010]** On connaît également des antennes d'aide à l'acquisition comprenant un réseau plan d'éléments rayonnants. Cependant, la largeur de bande du réseau est limitée, ce qui peut conduire à l'utilisation de plusieurs réseaux en parallèle
- 40 pour obtenir une réception multi-bande, et impacte le coût et l'encombrement de l'antenne d'aide à l'acquisition.
- [0011]** Le document US 4 096 482 décrit un système d'antenne mono-pulse comprenant plusieurs cornets à ouvertures carrées disposés côte à côte.
- [0012]** Le document US 2010/013726 décrit une antenne comprenant trois unités d'antenne empilées, chaque unité comprenant une lentille cylindrique en polytétrafluoroéthylène et un réseau de ports situé sur la surface focale de la lentille.
- 45 **[0013]** Le document « X-Band Acquisition Aid Antenna for Ground Stations Applications », Josef Migl et al, Antennas and Propagation (EUCAP), 2010, décrit une antenne d'aide à l'acquisition fonctionnant dans une bande de fréquence X (8,025-8,5 GHz). L'antenne d'aide à l'acquisition comprend une source, un sous-réflecteur et un réflecteur formant un montage Cassegrain et est positionnée à proximité d'un bord du réflecteur de l'antenne principale.

RESUME DE L'INVENTION

- 50 **[0014]** Un but de l'invention est de proposer un système d'antenne incluant une antenne d'aide à l'acquisition, qui présente un encombrement réduit et de bonnes performances en termes de rendement et de qualité du diagramme de rayonnement.
- 55 **[0015]** Ce but est atteint dans le cadre de la présente invention grâce à un système d'antenne pour le suivi d'une cible en mouvement, comprenant :

- un dispositif d'antenne principale comprenant :

- un réflecteur parabolique propre à réfléchir un rayonnement émis par une cible selon un premier diagramme de réception présentant un lobe principal de réception ayant un premier angle d'ouverture,
- une source d'antenne principale propre à recevoir le rayonnement réfléchi par le réflecteur parabolique, et

• un dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition monté fixe par rapport au dispositif d'antenne principale, comprenant :

- une source d'antenne d'aide à l'acquisition multibande, propre à recevoir un rayonnement émis par une cible selon un deuxième diagramme de réception présentant un lobe principal de réception ayant un deuxième angle d'ouverture, et
- une lentille disposée dans le lobe principal de réception de la source d'antenne d'aide à l'acquisition pour concentrer le rayonnement reçu de la cible vers la source d'antenne, de manière à recevoir le rayonnement émis par la cible selon un troisième diagramme de réception présentant un lobe principal de réception ayant un troisième angle d'ouverture inférieur au deuxième angle d'ouverture et supérieur au premier angle d'ouverture.

[0016] Grâce à l'utilisation d'une lentille, le dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition proposé permet de concentrer le rayonnement de la cible sur la source d'antenne tout en présentant un encombrement réduit. Le diamètre du dispositif peut être de l'ordre de 1,5 à 5 longueurs d'ondes, ce qui permet de placer le dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition sur le côté du dispositif d'antenne principale de plus grand diamètre.

[0017] L'utilisation d'une lentille disposée dans le lobe principal de réception de la source d'antenne d'aide à l'acquisition permet d'ajuster l'angle d'ouverture du dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition, et permet d'obtenir un bon rendement tout en présentant un encombrement réduit.

[0018] Le système proposé permet en particulier d'utiliser une source d'antenne d'aide à l'acquisition identique à celle utilisée pour le dispositif d'antenne principale.

[0019] Le système proposé peut en outre présenter les caractéristiques suivantes :

- la lentille permet de diminuer l'angle d'ouverture du lobe principal de la source d'antenne d'aide à l'acquisition d'un quotient troisième angle / deuxième angle compris entre 1/6,5 et 1/3,25,
- la source d'antenne d'aide à l'acquisition comprend plusieurs ensembles rayonnants, chaque ensemble rayonnant étant propre à recevoir un rayonnement dans une bande de fréquences donnée, différente des bandes de fréquences reçus par les autres ensembles rayonnants, et dans lequel l'ensemble rayonnant dans la gamme de fréquences la plus basse a un centre de phase situé au foyer de la lentille,
- les autres ensembles rayonnants ont des centres de phase situés sur un axe optique de la lentille en étant décalés par rapport au foyer de la lentille,
- les éléments rayonnants sont disposés de sorte que plus la gamme de fréquence d'un élément rayonnant est élevée, plus le centre de phase de l'élément rayonnant est proche de la lentille,
- la lentille est configurée pour transformer une onde quasi-plane reçue de la cible en une onde sphérique, l'onde sphérique étant émise vers la source d'antenne d'aide à l'acquisition,
- la lentille est formée dans au moins un bloc de matériau, le matériau présentant une densité comprise entre 1,05 et 1,15, et une permittivité relative (ou constante diélectrique) comprise entre 2,5 et 2,7,
- le matériau formant la lentille est un matériau polymérique, de préférence un matériau à base de polystyrène,
- la source d'antenne principale et la source d'antenne d'aide à l'acquisition sont identiques entre elles.

PRESENTATION DES DESSINS

[0020] D'autres caractéristiques et avantages ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative, et doit être lue en regard des figures annexées, parmi lesquelles :

- les figures 1 et 2 représentent de manière schématique un système d'antenne pour le suivi d'une cible en mouvement, conforme à un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 représente de manière schématique, en coupe longitudinale, un dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition,
- la figure 4 représente de manière schématique, en coupe longitudinale, une lentille du dispositif d'aide à l'acquisition,
- la figure 5 représente de manière schématique le paramétrage de la lentille du dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

[0021] Sur la figure 1, le système d'antenne 1 représenté comprend un dispositif d'antenne principale 2 et un dispositif

d'antenne auxiliaire 3 associé.

[0022] Le dispositif d'antenne principal 2 comprend une source d'antenne principale 4 et un réflecteur parabolique 5. La source d'antenne principale 4 est positionnée au foyer du réflecteur parabolique 5. La source d'antenne principale 4 est maintenue dans cette position par un support 6 permettant de fixer la source d'antenne principale 4 sur le réflecteur parabolique 5.

[0023] La source d'antenne principale 4 peut être une source multibande, par exemple une source multibande telle que décrite dans le document FR 3 007 215. Une telle source est propre à émettre et/ou recevoir des signaux de télémesure sélectivement dans chacune des bandes de fréquence L (1GHz à 2GHz), S (2GHz à 4GHz) et C (4 GHz à 8GHz).

[0024] La source d'antenne principale 4 est propre à éclairer le réflecteur parabolique 5 avec un angle d'ouverture à -10dB α d'environ 70 degrés autour de l'axe principale de réception X1 de la source 4. Ainsi, la source d'antenne principale 4 éclaire sensiblement la totalité de la surface réfléchissante du réflecteur parabolique 5.

[0025] Le réflecteur parabolique 5 est propre à réfléchir un rayonnement émis par une cible vers la source 4 avec un angle d'ouverture à -10dB β compris entre 2 et 8 degrés.

[0026] Le dispositif d'antenne auxiliaire 3 (appelé « dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition ») est disposé à côté du dispositif d'antenne principal 2. Le dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition 3 est monté fixe sur le dispositif d'antenne principale 2. Ainsi, lors du suivi d'une cible en mouvement, les deux dispositifs 2 et 3 sont entraînés ensemble, selon un déplacement identique.

[0027] Le dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition 3 comprend une source d'antenne d'aide à l'acquisition 7, un support de lentille 8 et une lentille 9.

[0028] Le système d'antenne 1 comprend également un bras de support 10 reliant le dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition 3 au dispositif d'antenne principale 2. Le bras de support 10 est fixé d'une part au réflecteur parabolique 5 du dispositif d'antenne principale 2 et d'autre part au carter de la source d'antenne d'aide à l'acquisition 7. Le bras de support 10 maintient le dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition 3 dans une position fixe par rapport au dispositif d'antenne principale 2. Ainsi, au cours de l'acquisition de signaux de télémesure, le dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition 3 et le dispositif d'antenne principal 2 sont déplacés simultanément, de manière identique.

[0029] Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 1 et 2, la source d'antenne d'aide à l'acquisition 7 est identique à la source d'antenne principale 4.

[0030] Cette caractéristique présente l'avantage de ne pas nécessiter un développement spécifique pour la source d'antenne d'aide à l'acquisition. De cette manière, la source d'aide à l'acquisition présente les mêmes caractéristiques de bandes de fréquences, de polarisation et de diagrammes (somme et différence) que la source d'antenne principale. De plus, en cas de panne de la source d'antenne principale, la source d'antenne d'aide à l'acquisition peut être utilisée de manière provisoire comme source d'antenne principale.

[0031] Le dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition est illustré plus précisément sur la figure 3.

[0032] La source d'antenne d'aide à l'acquisition 7 présente un axe principal de réception X2, parallèle à l'axe principal de réception X1 de la source d'antenne principale.

[0033] La source d'antenne d'aide à l'acquisition 7 comprend une pluralité d'ensemble rayonnants 11 à 16 propres à générer un rayonnement respectivement dans les bandes de fréquence C, S et L. Chaque ensemble rayonnant 11 à 16 est propre à recevoir un rayonnement selon un premier diagramme de réception présentant un lobe principal de réception orienté selon l'axe principal de réception X2.

[0034] Plus précisément, les ensembles rayonnants comprennent :

- un premier ensemble rayonnant delta 11 propre à recevoir un rayonnement delta dans la première bande de fréquence L,
- un premier ensemble rayonnant sigma 12 propre à recevoir un rayonnement sigma dans la première bande de fréquence L,
- un deuxième ensemble rayonnant delta 13 propre à recevoir un rayonnement delta dans la deuxième bande de fréquence S,
- un deuxième ensemble rayonnant sigma 14 propre à recevoir un rayonnement sigma dans la deuxième bande de fréquence S,
- un troisième ensemble rayonnant delta 15 propre à recevoir un rayonnement delta dans la troisième bande de fréquence C, et
- un troisième ensemble rayonnant sigma 16 propre à recevoir un rayonnement sigma dans la troisième bande de fréquence C.

[0035] Dans chacune des bandes de fréquence L, S et C, le lobe principal de réception présente un angle d'ouverture γ . Par angle d'ouverture γ , on désigne l'angle d'ouverture de la source d'antenne d'aide à l'acquisition 7 seule, sans la lentille 9. L'angle d'ouverture γ est d'environ 130 degrés à - 10dB.

[0036] La lentille 9 est positionnée sur l'axe principal de réception X2 de la source d'antenne d'aide à l'acquisition 7, l'axe optique de la lentille 9 étant confondu avec l'axe principal de réception de la source 7. La lentille 9 est disposée par rapport à la source d'antenne d'aide à l'acquisition 7 de sorte que la source reçoit la totalité du rayonnement transmis par la lentille.

[0037] La lentille 9 est une lentille convergente présentant une première surface convexe 17 (appelée également « surface intérieure ») et une deuxième surface convexe 18 (appelée également « surface extérieure »), opposée à la première surface convexe 17. La première surface convexe 17 est dirigée vers la source 7. La deuxième surface convexe 18 est dirigée vers une cible à détecter. La lentille 9 est configurée pour concentrer le rayonnement émis par la cible vers la source d'antenne d'aide à l'acquisition 7, de manière à obtenir un diagramme de réception du dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition présentant un lobe principal de réception ayant un angle d'ouverture δ inférieur à l'angle d'ouverture γ .

[0038] Plus précisément, la lentille 9 est dimensionnée pour diminuer l'angle d'ouverture du lobe principal avec un quotient δ/γ compris entre 1/6,5 et 1/3,25. L'angle δ est ainsi compris entre 20 et 40 degrés à -10 dB (en fonction de la bande de fréquence considérée).

[0039] Le support de lentille 8 permet de monter la lentille 9 fixe par rapport à la source d'antenne d'aide à l'acquisition 7. Le support de lentille 8 présente une forme générale tubulaire. Le support de lentille 8 comprend une paroi 19 de forme générale cylindrique de révolution définissant une première ouverture 21 et une deuxième ouverture 22. Le support de lentille 8 est fixé d'une part à la source d'aide à l'acquisition 7, la source s'étendant à travers la première ouverture 21, et d'autre part à la lentille 9, la lentille 9 obstruant la deuxième ouverture 22.

[0040] La lentille 9 présente un foyer ponctuel. L'ensemble rayonnant dans la gamme de fréquences la plus basse (en l'espèce, l'ensemble 12 rayonnant dans la bande L) a son centre de phase situé au foyer de la lentille 9. En revanche, les ensembles rayonnants dans les autres gammes de fréquences (en l'espèce, les ensembles 14 et 16 rayonnant dans les bandes S et C) ont des centres de phase situés sur l'axe optique de la lentille 9 en étant décalés par rapport au foyer de la lentille 9. Les ensembles rayonnants 12, 14 et 16 sont disposés de sorte que plus la gamme de fréquence d'un ensemble rayonnant est élevée, plus le centre de phase de l'ensemble rayonnant est éloigné du foyer de la lentille 9 et proche de la première surface 17 de la lentille 9. Ainsi, les centres de phase des éléments rayonnants dans les gammes de fréquence les plus élevées (en l'espèce, les ensembles 14 et 16 rayonnant dans les bandes S et C) sont situés entre le foyer de la lentille 9 et la lentille 9.

[0041] En contrôlant la position des centres de phase des ensembles rayonnants 12, 14 et 16 par rapport au foyer de la lentille 9, il est possible d'ajuster l'angle d'ouverture δ , pour chacune des gammes de fréquences L, S et C, sur une bande passante de 2 octaves. En particulier, les ensembles rayonnants 12, 14 et 16 peuvent être disposés le long de l'axe optique de la lentille de manière à minimiser la variation de l'angle d'ouverture δ en fonction de la gamme de fréquences de réception L, S et C.

[0042] La lentille 9 est dimensionnée pour transformer une onde quasi-plane reçue de la cible en une onde sphérique, l'onde sphérique étant émise vers la source d'antenne 7, dans la gamme de fréquences la plus basse (en l'espèce, la bande L).

[0043] Comme illustré sur les figures 3 et 4, la lentille 9 peut être formée par usinage dans un ou plusieurs blocs de matériau. Le matériau utilisé présente de préférence une densité comprise entre 1,05 et 1,15, et une permittivité relative comprise entre 2,5 et 2,7.

[0044] Le matériau formant la lentille 9 est un matériau diélectrique, tel qu'un matériau polymérique, présentant de faibles pertes diélectriques (tangente de perte $< 0,0007$ à 10 GHz) dans les gammes de fréquence de réception de la source d'aide à l'acquisition et un indice de réfraction supérieur à 1,5. Le matériau polymérique peut être un matériau à base de polystyrène et d'hydrocarbure. Un exemple de matériau approprié est un matériau commercialisé sous la dénomination Rexolite® par la société San Diego Plastics, Inc., obtenu par réticulation d'un polystyrène avec un divinylbenzène.

[0045] Néanmoins, d'autres matériaux polymériques pourraient être utilisés, tels que du polytétrafluoroéthylène expansé par exemple.

[0046] Dans l'exemple illustré sur les figures 3 et 4, la lentille 9 est formée en deux pièces de matériaux 23 et 24. Les deux pièces 23 et 24 sont fixées l'une à l'autre au moyen de vis 25. Il est ainsi possible de fabriquer chaque pièce 23, 24 indépendamment de l'autre, et en particulier d'usiner chaque surface convexe 17 et 18 séparément.

[0047] La figure 5 représente de manière schématique le paramétrage de la lentille permettant de calculer les équations des surfaces 17 et 18 de la lentille.

[0048] On définit les paramètres suivants :

D : diamètre de la lentille,

O_1 : foyer de la lentille,

O_2 : point de calcul à distance quasi-infini (grande par rapport à la distance L_0),

L_0 : distance entre le foyer O_1 et la première surface convexe 17,

EP 3 365 943 B1

L_0' : distance entre le point O_2 et la première surface convexe 17 (L_0' est une distance arbitraire très supérieure à la distance L_0 , par exemple $L_0' \sim 10000 \times L_0$),

T : épaisseur de la lentille,

θ_1^{max} : angle maximum de focalisation par la lentille des rayons au foyer O_1 de la lentille,

θ_2^{max} : angle maximum de focalisation par la lentille des rayons au point O_2 ,

T_{1dB} : niveau du champ de l'onde incidente au bord de la lentille

T_{2dB} : niveau du champ de l'onde réfractée au bord de la lentille

n : indice du matériau formant la lentille.

[0049] Pour obtenir un gain maximum, les deux conditions suivantes doivent être remplies :

1/ la lentille est collimatrice, c'est-à-dire que les rayons incidents parallèles sont focalisés sur la source, cela implique

que $|L_0'| \gg |L_0|$ et $L_0' \sim 10000 \times L_0$,

2/ la répartition d'amplitude du champ électromagnétique dans l'ouverture rayonnante en entrée de la lentille est la plus uniforme possible, cela implique que $T_{2dB}(\theta_2^{max}) \approx 0dB$.

[0050] On définit un point M_1 , de coordonnées (x_1, z_1) , comme un point d'intersection d'un rayon avec la première surface 17 de la lentille, et un point M_2 , de coordonnées (x_2, z_2) , un point d'intersection du même rayon avec la deuxième surface 18 de la lentille.

[0051] Les coordonnées des points M_1 et M_2 vérifient l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dz_1}{dx_1} = \frac{x_1 \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (z_1 - z_2)^2} - n(x_2 - x_1) \sqrt{x_1^2 + z_1^2}}{n(z_2 - z_1) \sqrt{(x_1^2 + z_1^2)} - z_1 \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}}$$

$$r_1 = \sqrt{x_1^2 + z_1^2}$$

$$\cos(\theta_1) = \frac{z_1}{r_1}$$

$$\cos(\theta_2) = \left\{ 1 - [1 - \cos^{2a+1}(\theta_1)] \times \frac{1 - \cos^{2b+1}(\theta_2^{max})}{1 - \cos^{2a+1}(\theta_1^{max})} \right\}^{\frac{1}{2b+1}}$$

dans lequel a et b sont des exposants des lois d'illumination en $\cos(\theta)$:

$$a = -\frac{T_{1dB}}{20 \log(\cos \theta_1^{max})}$$

$$b = -\frac{T_{2dB}}{20 \log(\cos \theta_2^{max})}$$

avec

$$T_{1dB} = -10 \text{ dB}$$

et

$$T_{2dB} = -0.0001 \text{ dB}$$

$$\sin(\theta_2) = \sqrt{1 - [\cos(\theta_2)]^2}$$

$$\tan(\theta_2) = \frac{\sqrt{1 - [\cos(\theta_2)]^2}}{\cos(\theta_2)}$$

$$a_0 = \frac{[(n-1) \times T + L_0 - r_1]}{n}$$

$$a_1 = \frac{1}{n \times \sin(\theta_2)}$$

$$a_2 = \frac{1}{[\sin(\theta_2)]^2} \times \left[1 - \frac{1}{n^2} \right]$$

$$a_3 = \frac{L'_0 - z_1}{\tan(\theta_2)} - x_1 - a_0 \cdot a_1$$

$$a_4 = (L'_0 - z_1)^2 - a_0^2 + x_1^2$$

$$\Delta = a_3^2 - a_2 \cdot a_4$$

$$x_2 = \frac{-a_3 + \sqrt{\Delta}}{a_2}$$

$$z_2 = L'_0 + \frac{x_2}{\tan(\theta_2)}$$

[0052] Avec les conditions initiales suivantes :

$$x_1 = 0 \text{ et } z_1 = L_0$$

$$x_2 = 0 \text{ et } z_2 = L_0 + T$$

[0053] La résolution de l'équation différentielle peut être réalisée par une méthode de Runge Kutta, d'ordre 4.

[0054] La résolution de l'équation différentielle conduit à l'obtention de deux séries de points M_1 et M_2 (chaque point étant défini par ses coordonnées (x_1, z_1) et (x_2, z_2)) de la première surface 17 et de la deuxième surface 18 de la lentille.

[0055] A partir de chaque série de points, il est possible de calculer une équation de la surface correspondante de la lentille. L'équation de la surface peut être calculée sous la forme d'un polynôme, par interpolation de la série de points.

[0056] La lentille est ainsi spécifiquement conformée pour présenter une distance focale ajustée aux différents centres de phase de chaque sous-bande de la source, ce qui permet d'atteindre un excellent rendement aux fréquences même les plus faibles. Le diamètre de l'antenne d'aide à l'acquisition est ainsi minimisé, de même que son poids.

[0057] Par exemple, une lentille de 30 à 40 centimètres de diamètre peut couvrir simultanément les bandes L, S et C

de la télémesure avec le bon angle d'ouverture et des lobes secondaires réduits.

[0058] L'utilisation d'une lentille disposée dans le faisceau de réception de la source d'antenne d'aide à l'acquisition permet d'ajuster l'angle d'ouverture du dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition, et permet d'obtenir un bon rendement tout en présentant un encombrement réduit.

[0059] La source multi-bandes à base d'éléments rayonnants différenciés est une solution qui confère de bons facteurs de mérite à l'antenne principale.

[0060] Le système proposé permet d'utiliser une source d'antenne d'aide à l'acquisition identique à la source d'antenne principale. La réutilisation de la source d'antenne principale pour l'acquisition permet de simplifier la conception et la maintenance du système d'antenne, même s'il demeure possible d'utiliser des sources différentes.

[0061] La topologie du dispositif de poursuite est ainsi identique pour les deux antennes.

Revendications

1. Système d'antenne (1) pour le suivi d'une cible en mouvement, comprenant :

- un dispositif d'antenne principale (2) comprenant :

- un réflecteur parabolique (5) propre à réfléchir un rayonnement émis par une cible selon un premier diagramme de réception présentant un lobe principal de réception ayant un premier angle d'ouverture (β),
- une source d'antenne principale (4) propre à recevoir le rayonnement réfléchi par le réflecteur parabolique (5), et

- un dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition (3) monté fixe par rapport au dispositif d'antenne principale (2), comprenant une source d'antenne d'aide à l'acquisition (7) propre à recevoir un rayonnement émis par une cible selon un deuxième diagramme de réception présentant un lobe principal de réception ayant un deuxième angle d'ouverture (γ),

caractérisé en ce que la source d'antenne d'aide à l'acquisition (7) est multibande et **en ce que** le dispositif d'antenne d'aide à l'acquisition (3) comprend en outre une lentille (9) disposée dans le lobe principal de réception de la source d'antenne d'aide à l'acquisition (7) pour concentrer le rayonnement reçu de la cible vers la source d'antenne (7), de manière à recevoir le rayonnement émis par la cible selon un troisième diagramme de réception présentant un lobe principal de réception ayant un troisième angle d'ouverture (δ) inférieur au deuxième angle d'ouverture (γ et supérieur au premier angle d'ouverture (β).

2. Système selon la revendication 1, dans lequel la lentille (9) permet de diminuer l'angle d'ouverture du lobe principal de la source d'antenne d'aide à l'acquisition d'un quotient troisième angle / deuxième angle compris entre 1/3,25 et 1/6,5.

3. Système selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel la source d'antenne d'aide à l'acquisition (7) comprend plusieurs ensembles rayonnants (12, 14, 16), chaque ensemble rayonnant (12, 14, 16) étant propre à recevoir un rayonnement dans une bande de fréquences donnée, et dans lequel l'ensemble rayonnant (12) dans la gamme de fréquences la plus basse a un centre de phase situé au foyer de la lentille (9).

4. Système selon la revendication 3, dans lequel les autres ensembles rayonnants (14, 16) ont des centres de phase situés sur un axe optique de la lentille (9) en étant décalés par rapport au foyer de la lentille (9).

5. Système selon la revendication 4, dans lequel les éléments rayonnants (11-16) sont disposés de sorte que plus la gamme de fréquence d'un élément rayonnant est élevée, plus le centre de phase de l'élément rayonnant est proche de la lentille (9).

6. Système selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la lentille (9) est configurée pour transformer une onde quasi-plane reçue de la cible en une onde sphérique, l'onde sphérique étant émise vers la source d'antenne d'aide à l'acquisition (7).

7. Système selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la lentille (9) est formée dans au moins un bloc de matériau, le matériau présentant une densité comprise entre 1,05 et 1,15, et une permittivité relative comprise entre 2,5 et 2,7.

8. Système selon la revendication 7, dans lequel le matériau formant la lentille (9) est un matériau polymérique, de préférence un matériau à base de polystyrène.
9. Système selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel la source d'antenne principale (4) et la source d'antenne d'aide à l'acquisition (7) sont identiques entre elles.

Patentansprüche

1. Antennensystem (1) zur Überwachung eines sich bewegenden Ziels, das umfasst:
- eine Hauptantennenvorrichtung (2), die umfasst:
 - einen parabolischen Reflektor (5), der geeignet ist, eine Strahlung, die durch ein Ziel emittiert wird, gemäß einem ersten Empfangsdiagramm zu reflektieren, das eine Hauptempfangskeule aufweist, die einen ersten Öffnungswinkel (β) aufweist,
 - eine Hauptantennenquelle (4), die geeignet ist, die durch den parabolischen Reflektor (5) reflektierte Strahlung zu empfangen, und
 - eine Antennenvorrichtung zur Erfassungshilfe (3), die in Bezug auf die Hauptantennenvorrichtung (2) fest montiert ist und eine Antennenquelle zur Erfassungshilfe (7) umfasst, die geeignet ist, eine Strahlung, die durch ein Ziel emittiert wird, gemäß einem zweiten Empfangsdiagramm zu empfangen, das eine Hauptempfangskeule aufweist, die einen zweiten Öffnungswinkel (γ) aufweist,
- dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenquelle zur Erfassungshilfe (7) mehrbandig ist, und dadurch, dass die Antennenvorrichtung zur Erfassungshilfe (3) ferner eine Linse (9) umfasst, die in der Hauptempfangskeule der Antennenquelle zur Erfassungshilfe (7) angeordnet ist, um die von dem Ziel empfangene Strahlung derart hin zu der Antennenquelle (7) zu konzentrieren, dass die durch das Ziel emittierte Strahlung gemäß einem dritten Empfangsdiagramm empfangen wird, das eine Hauptempfangskeule aufweist, die einen dritten Öffnungswinkel (δ) aufweist, der kleiner als der zweite Öffnungswinkel (γ) und größer als der erste Öffnungswinkel (β) ist.
2. System nach Anspruch 1, wobei die Linse (9) die Verkleinerung des Öffnungswinkels der Hauptkeule der Antennenquelle zur Erfassungshilfe um einen Quotienten dritter Winkel / zweiter Winkel ermöglicht, der zwischen 1/3,25 und 1/6,5 enthalten ist.
3. System nach einem der Ansprüche 1 und 2, wobei die Antennenquelle zur Erfassungshilfe (7) mehrere strahlende Baugruppen (12, 14, 16) umfasst, wobei jede strahlende Baugruppe (12, 14, 16) geeignet ist, eine Strahlung in einem gegebenen Frequenzband zu empfangen, und wobei die strahlende Baugruppe (12) in dem niedrigsten Frequenzbereich eine Phasenmitte aufweist, die sich im Brennpunkt der Linse (9) befindet.
4. System nach Anspruch 3, wobei die anderen strahlenden Baugruppen (14, 16) Phasenmitten aufweisen, die sich auf einer optischen Achse der Linse (9) befinden und dabei in Bezug auf den Brennpunkt der Linse (9) versetzt sind.
5. System nach Anspruch 4, wobei die strahlenden Elemente (11-16) derart angeordnet sind, dass sich die Phasenmitte des strahlenden Elements bei zunehmender Höhe des Frequenzbereichs eines strahlenden Elements näher an der Linse (9) befindet.
6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Linse (9) ausgestaltet ist, um eine von dem Ziel empfangene nahezu ebene Welle in eine sphärische Welle umzuwandeln, wobei die sphärische Welle hin zu der Antennenquelle zur Erfassungshilfe (7) emittiert wird.
7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Linse (9) in mindestens einem Materialblock gebildet ist, wobei das Material eine Dichte, die zwischen 1,05 und 1,15 enthalten ist, und eine relative Permittivität aufweist, die zwischen 2,5 und 2,7 enthalten ist.
8. System nach Anspruch 7, wobei das Material, das die Linse (9) bildet, ein Polymermaterial, vorzugsweise ein Material auf Polystyrolbasis, ist.

9. System nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Hauptantennenquelle (4) und die Antennenquelle zur Erfassungshilfe (7) untereinander identisch sind.

Claims

1. An antenna system (1) for monitoring a moving target, comprising:

- a main antenna device (2) comprising:

- a parabolic reflector (5) capable of reflecting radiation emitted by a target according to a first reception diagram having a main reception lobe having a first aperture angle (β),
- a main antenna source (4) capable of receiving the radiation reflected by the parabolic reflector (5), and

- an acquisition aid antenna device (3) fixedly mounted relative to the main antenna device (2), comprising an acquisition aid antenna source (7) capable of receiving radiation emitted by a target according to a second reception diagram having a main reception lobe having a second aperture angle (γ),

characterized in that the acquisition aid antenna source (7) is multiband and **in that** the acquisition aid antenna device (3) further comprises a lens (9) disposed in the main reception lobe of the acquisition aid antenna source (7) for concentrating the radiation received from the target to the antenna source (7), so as to receive the radiation emitted by the target according to a third reception diagram having a main reception lobe having a third aperture angle (δ) less than the second aperture angle (γ) and greater than the first aperture angle (β).

2. The system according to claim 1, wherein the lens (9) reduces the aperture angle of the main lobe of the acquisition aid antenna source by a third angle / second angle quotient between 1/3.25 and 1/6.5.

3. The system according to one of claims 1 and 2, wherein the acquisition aid antenna source (7) comprises several radiating assemblies (12, 14, 16), each radiating assembly (12, 14, 16) being capable of receiving radiation in a given frequency band, and wherein the radiating assembly (12) in the lowest frequency range has a phase center located at the focus of the lens (9).

4. The system according to claim 3, wherein the other radiating assemblies (14, 16) have phase centers located on an optical axis of the lens (9) and being offset relative to the focus of the lens (9).

5. The system according to claim 4, wherein the radiating elements (11-16) are disposed such that the higher the frequency range of a radiating element, the closer the phase center of the radiating element is to the lens (9).

6. The system according to one of claims 1 to 5, wherein the lens (9) is configured to transform an almost-planar wave received from the target into a spherical wave, the spherical wave being transmitted towards the acquisition aid antenna source (7).

7. The system according to one of claims 1 to 6, wherein the lens (9) is formed in at least one block of material, the material having a density between 1.05 and 1.15, and relative permittivity between 2.5 and 2.7.

8. The system according to claim 7, wherein the material forming the lens (9) is a polymer material, preferably a polystyrene-based material.

9. The system according to one of claims 1 to 8, wherein the main antenna source (4) and the acquisition aid antenna source (7) are identical to each other.

FIG. 1

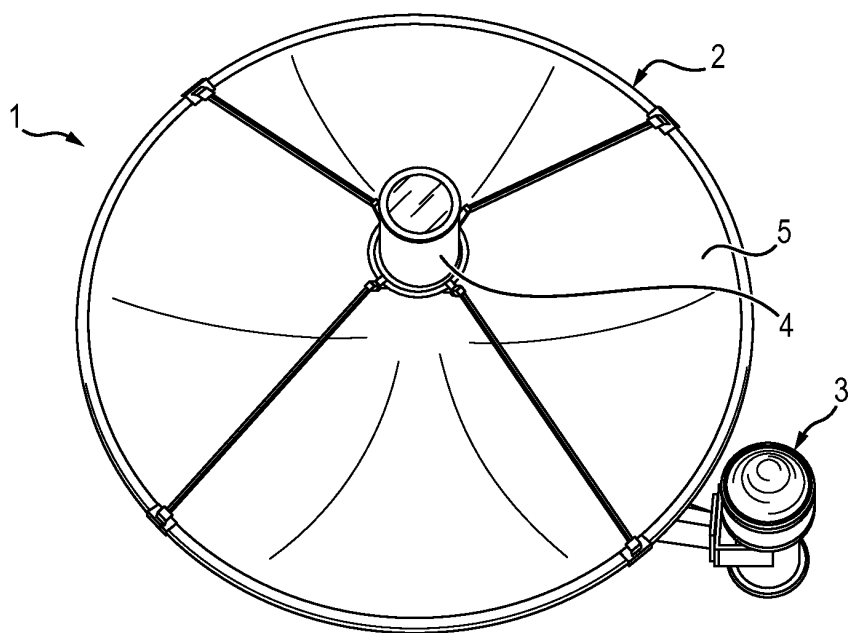
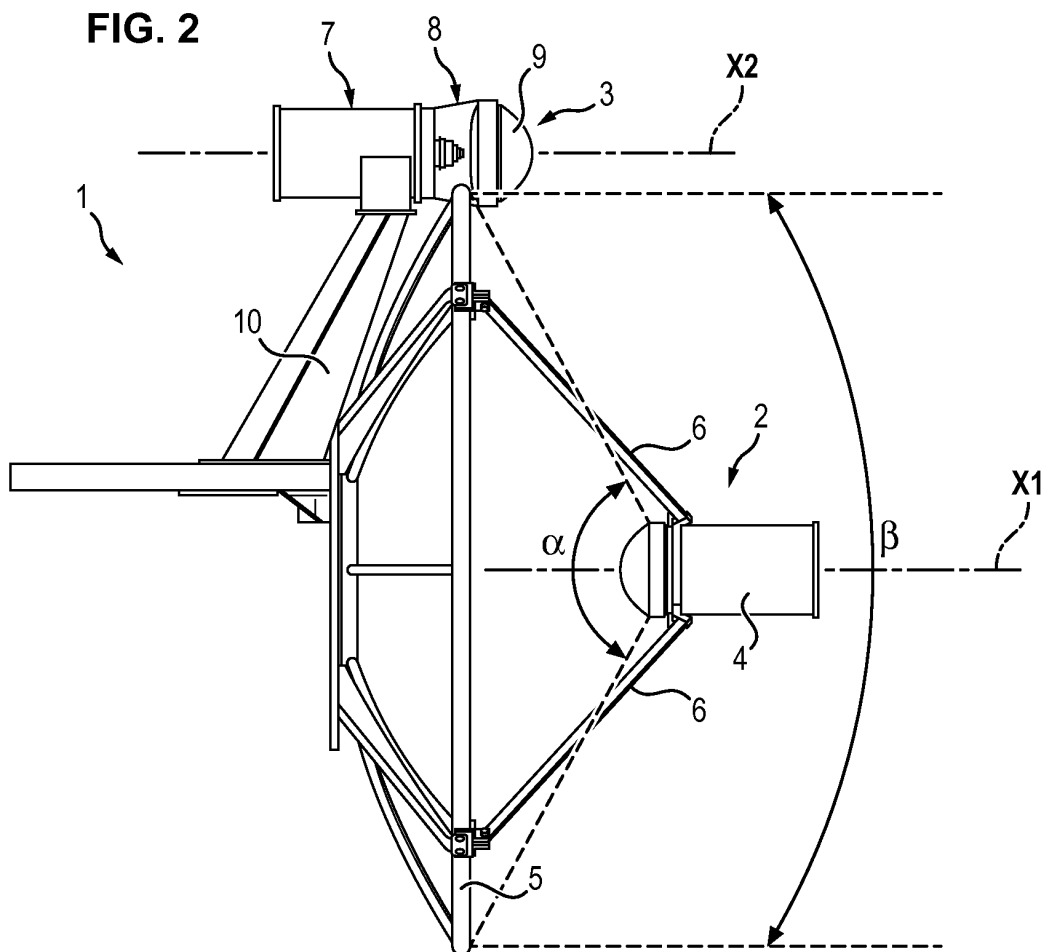
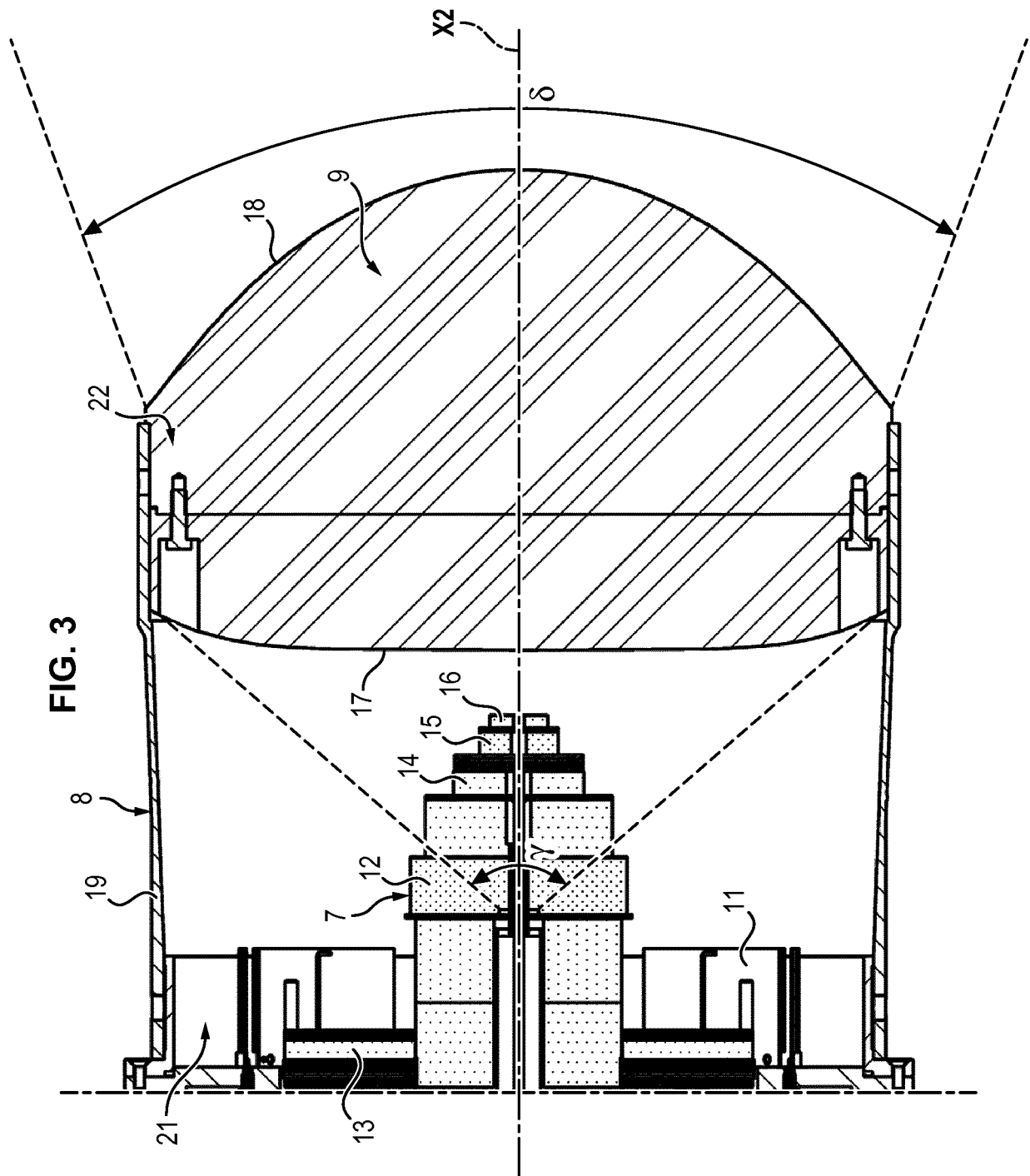


FIG. 2





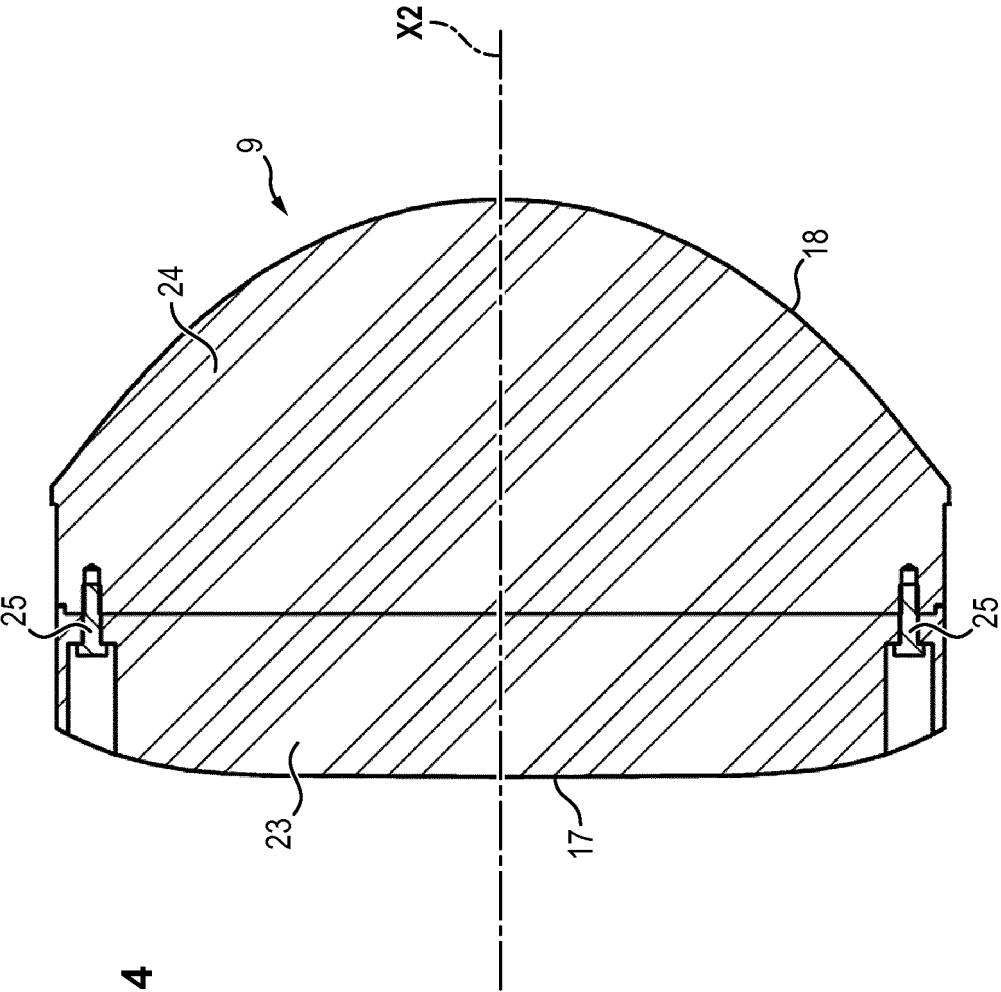
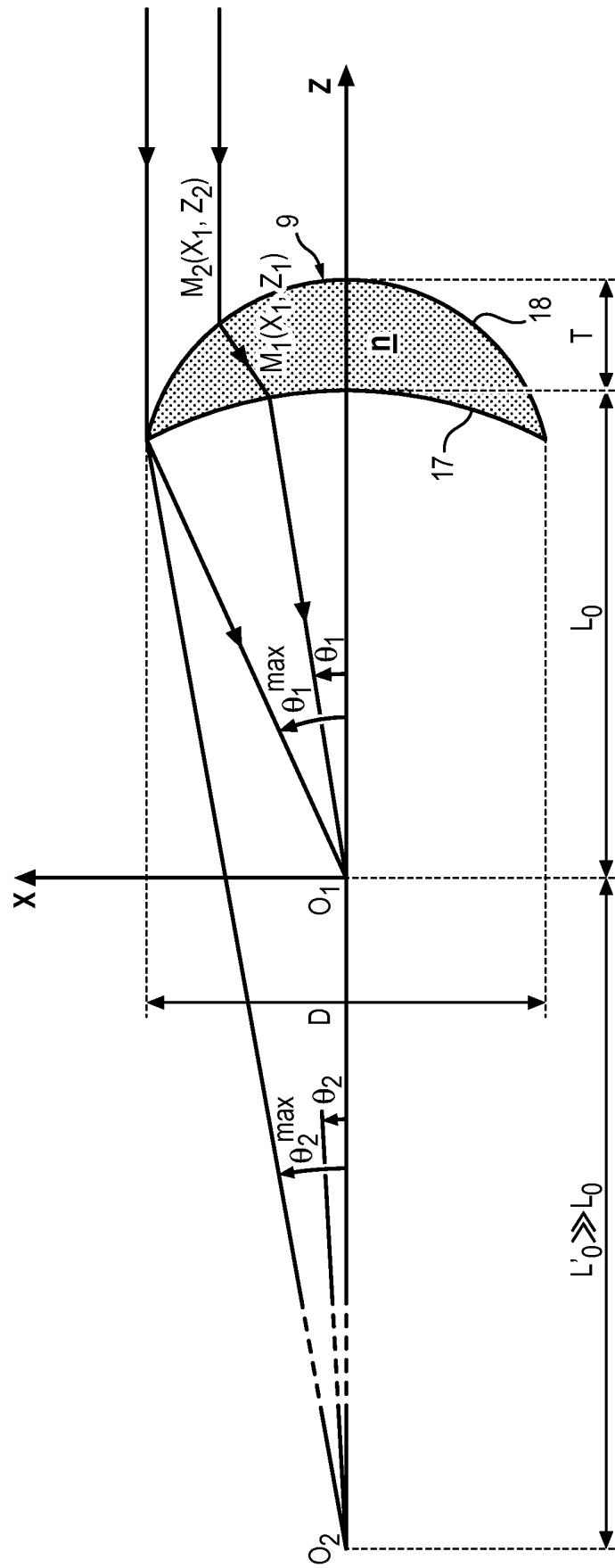


FIG. 4

FIG. 5



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

- US 4096482 A [0011]
- US 2010013726 A [0012]
- FR 3007215 [0023]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **JOSEF MIGL et al.** X-Band Acquisition Aid Antenna for Ground Stations Applications. *Antennas and Propagation (EUCAP)*, 2010 [0013]