



EP 4 293 823 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
20.12.2023 Bulletin 2023/51

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01Q 1/28 (2006.01) *H01Q 1/38 (2006.01)*
H01Q 3/26 (2006.01) *H01Q 21/00 (2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: 23178638.5

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01Q 1/281; H01Q 1/38; H01Q 3/26; H01Q 21/00

(22) Date de dépôt: 12.06.2023

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Etats d'extension désignés:

BA

Etats de validation désignés:

KH MA MD TN

(30) Priorité: 14.06.2022 FR 2205722

(71) Demandeurs:

- **THALES**
92400 Courbevoie (FR)
- **Université de Bordeaux**
33000 Bordeaux (FR)
- **Institut Polytechnique de Bordeaux**
33400 Talence (FR)

• **Centre National de la Recherche Scientifique**
75016 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- **MAZEAU, Thierry**
33700 MERIGNAC (FR)
- **RENARD, Christian**
78851 ELANCOURT CEDEX (FR)
- **GHIOTTO, Anthony**
33130 BEGLES (FR)
- **BELLANGER, Yohan**
33700 MERIGNAC (FR)

(74) Mandataire: Lavoix
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(54) ANTENNE ACTIVE DONT LES ÉLÉMENTS RAYONNANTS SONT MONTÉS SUR UNE SURFACE CONIQUE

(57) Antenne active (300) comportant une pluralité d'éléments rayonnants (ER_{ij}), caractérisée en ce que les éléments rayonnants (ER_{ij}) sont disposés sur une surface de support (S') non plane qui est inscrite à l'intérieur d'un cône (S), un élément rayonnant étant positionné en

un point (CR_{ij}) de la surface de support (S') de manière à ce qu'une direction normale (V_{ij}) audit élément rayonnant (ER_{ij}) forme un angle d'inclinaison par rapport à un axe (A) du cône.

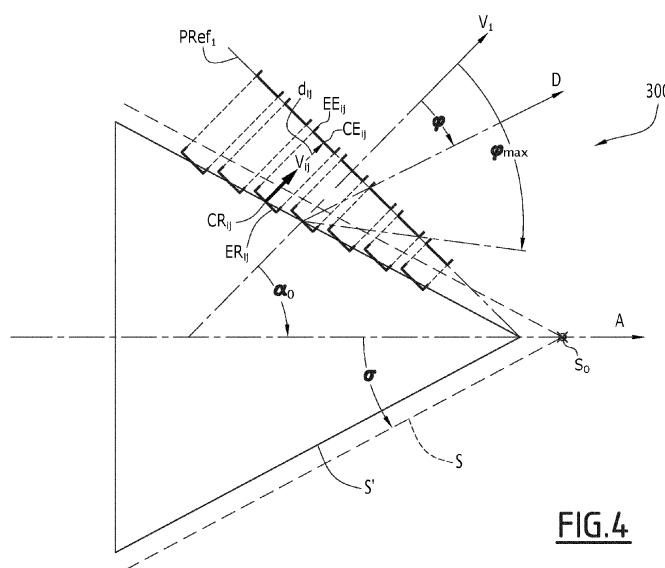


FIG.4

Description

[0001] La présente invention concerne les antennes actives, notamment les antennes actives pour l'aéronautique, en particulier des avions de chasse.

[0002] Aujourd'hui, les antennes actives sont des antennes planes. Elles comportent un plateau portant des éléments rayonnants disposés selon un motif régulier.

[0003] En particulier, le RADAR de pointe avant d'un avion de chasse émet et reçoit sur une antenne de front, qui est coiffée d'un radôme de forme conique pour des raisons d'aérodynamique.

[0004] Pour augmenter l'exploration de l'espace autour de l'avion, il est connu d'embarquer des antennes additionnelles à bord de l'avion, dont les plateaux sont disposés perpendiculairement à l'antenne de front.

[0005] On souhaiterait augmenter les capacités d'une antenne de front en utilisant une surface de support des éléments rayonnants qui exploite au maximum le volume intérieur du radôme conique.

[0006] Ceci permettrait, par exemple pour un avion de chasse, d'augmenter les capacités en terme de détection RADAR (en particulier par accroissement du domaine d'exploration angulaire de l'antenne), mais également en terme de guerre électronique et de télécommunications.

[0007] L'article de JAECK V et al. "Design and manufacturing of conformal antenna array on a conical surface at 5.2 GHz", 2017 EUROPEAN RADAR CONFERENCE (EURAD), EUROPEAN MICROWAVE ASSOCIATION, 11 octobre 2017 (2017-10-11), pages 359-362, XP033292855, DOI: 10.23919/EURAD.2017.8249221 divulgue un réseau d'antennes pour la radiocommunication. Il s'agit d'un réseau 3D conformé en cône. Il évoque la possibilité de faire fonctionner les différentes antennes en formation de faisceau (« beam steering »).

[0008] Le document EP 0 512 487 B1 divulgue une antenne réseau disposée sur une surface ayant un axe de symétrie et un profil quelconque (conique, sphérique, elliptique, parabolique, hyperbolique, etc...). Un déphasageur compense le retard de propagation pour les différents éléments rayonnants situés le long d'une même génératrice de la surface.

[0009] Le document D3 (DE 26 50 603 A1 divulgue une antenne radar à commande de phase comportant un système d'alimentation primaire et un certain nombre de radiateurs individuels. Un radiateur individuel est composé d'un élément collecteur, qui reçoit le rayonnement du système d'alimentation primaire, et d'un élément émetteur, qui rayonne dans l'espace. Un déphasageur contrôlé électroniquement est prévu entre l'élément collecteur et l'élément émetteur d'un radiateur individuel. Les déphasateurs servent à focaliser et à dévier le faisceau d'antenne dans un secteur particulier.

[0010] L'article de YUNXIANG ZHANG et al. "Full-polarisation three-dimensional pattern synthesis for conformal conical arrays with dynamic range ratio constraint by using the initialisations based on équivalence theorem", IET MICROWAVES, ANTENNAS & PROPAGA-

TION, THE INSTITUTION OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, UNITED KINGDOM, vol. 9, no. 15, 1 décembre 2015 (2015-12-01), pages 1659-1666, XP006106536, ISSN: 1751-8725, DOI: 10.1049/IET-MAP.2015.0273, présente une modélisation mathématique pour la synthèse de faisceau pour un réseau d'antennes radar disposé sur une surface conique.

[0011] Le but de la présente invention est de répondre à ce problème.

[0012] Pour cela l'invention a pour objet une antenne active selon les revendications annexées.

[0013] L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée qui va suivre d'un mode de réalisation particulier, donné uniquement à titre d'exemple non limitatif, cette description étant faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 est une représentation selon un plan axial et un plan transversal d'un premier mode de réalisation d'une antenne active conique selon l'invention ;

La figure 2 est une représentation du gain en émission d'antennes conformes au premier mode de réalisation de la figure 1 par rapport à une antenne plane ;

La figure 3 est une représentation d'une variante du premier mode de réalisation d'une antenne active conique ;

La figure 4 est une représentation selon un plan axial d'un second mode de réalisation d'une antenne active conique ne faisant pas partie de l'invention ; et, La figure 5 est une représentation selon un plan transversal de l'antenne de la figure 4.

[0014] D'un point de vue général, la présente invention est relative au placement d'éléments rayonnants sur une surface de support non plane afin de réaliser une antenne active fonctionnelle apte à être positionnée à l'intérieur d'un radôme de forme essentiellement conique constituant le nez d'un avion.

[0015] Ainsi, le radôme est un cône S, d'axe A, de sommet S0, et de demi-angle au sommet σ . La surface de support est quant à elle notée S'.

45 Premier mode de réalisation : direction de référence parallèle à l'axe du cône et éléments rayonnants disposés en gradins plans

[0016] Dans un premier mode de réalisation de l'invention, illustré sur la figure 1, l'antenne active 100 permet l'observation d'un domaine situé à l'avant du nez de l'avion, c'est-à-dire selon une direction de référence V qui soit parallèle à l'axe A du radôme conique.

[0017] Un plan de référence PRef est défini comme perpendiculaire à la direction de référence V, passant par exemple par le sommet S0 du radôme conique. Le plan de référence est muni d'un repère XY.

[0018] Dans ce premier mode de réalisation, les élé-

ments rayonnants ER_{ij} sont disposés de manière à être parallèles au plan de référence PRef.

[0019] Compte tenu de la symétrie autour de l'axe A, il convient alors de disposer les éléments rayonnants ER_{ij} sur une pluralité de couronnes C_i, circulaires et concentriques échelonnées le long de l'axe A. L'antenne active 100 est ainsi étagée, selon l'axe A, de manière à présenter des paliers annulaires. Chaque couronne porte des éléments rayonnants sur sa face orientée selon l'axe A.

[0020] Pour occuper au mieux le volume intérieur du radôme conique, le rayon R_i du bord extérieur d'une couronne C_i est de préférence égal (ou légèrement inférieur) au rayon du radôme pour cette position le long de l'axe A. La surface de support S' de l'antenne active 100 est donc inscrite dans le cône S que forme le radôme.

[0021] Par exemple, l'antenne active comporte une pluralité de couronnes C_i, indexées par l'entier i, entre 1 et N. Par exemple, sur la figure 1, elle comporte quatre couronnes (N=4).

[0022] Chaque couronne porte une pluralité d'éléments rayonnants ER_{ij} indexés par l'entier i et l'entier j, entre 1 et M. La valeur M dépend de la couronne considérée. M est donc fonction de i : M(i).

[0023] Les éléments rayonnants ER_{ij} sont identiques entre eux. Ils sont plans. Ils ont par exemple une forme carrée. Le centre de chaque élément rayonnant ER_{ij} est noté CR_{ij}. En variante, un élément rayonnant peut avoir une autre forme (circulaire, elliptique, etc.) ou relever d'une autre technologie qu'un plan rayonnant, comme une antenne dipolaire, une antenne Vivaldi, etc.

[0024] Dans un plan transversal, ils sont orientés de manière à être parallèles entre eux, pour faciliter par exemple l'émission d'ondes polarisées. En variante, pour respecter la symétrie par rotation autour de l'axe A, les éléments rayonnants sont tournés, dans le plan transversal, vers l'axe A. Pour que l'antenne émette une onde polarisée, il faut alors tenir compte d'une orientation relative entre les éléments rayonnants.

[0025] Le vecteur normal V_{ij} définissant la direction normale à la surface de l'élément rayonnant ER_{ij} est parallèle à l'axe A, quel que soit i et quel que soit j, pour permettre l'observation du domaine à l'avant de l'antenne.

[0026] La distance entre deux couronnes successives évaluée selon l'axe A est noté L.

[0027] Les éléments rayonnants ER_{ij} portés par une couronne C_i doivent rayonner avec une compensation de phase ϕ_{ij} proportionnelle à la différence de marche d_{ij}, c'est-à-dire à la distance entre la couronne C_i et le plan de référence PRef, pour que le rayonnement total de l'antenne active soit équivalent à celui d'une antenne active plane située dans le plan de référence PRef.

[0028] Dans le mode de réalisation de la figure 1, on a :

$$\phi_{ij} = \frac{i \cdot L}{\lambda} \cdot 2 \cdot \pi$$

où λ est la longueur d'onde considérée.

[0029] Ce déphasage sur la commande d'activation électronique de l'élément rayonnant, est ici dénommé déphasage « géométrique ». Il peut être complété par un déphasage « électronique » pour former un faisceau dans une direction de pointage D hors de la direction de référence V.

[0030] La figure 2 est une simulation du rayonnement d'une antenne réseau constituée d'une matrice de 3x3 éléments rayonnants.

[0031] La courbe G1 correspond à une antenne plane.

[0032] La courbe G2 correspond à une antenne selon le premier mode de réalisation, à deux couronnes et tel que la première couronne, portant l'élément rayonnant central, est disposée en avant de la seconde couronne, portant les huit autres éléments rayonnants, d'une distance L qui est prise comme égale à une fois la longueur d'onde.

[0033] La courbe G3 correspond à une antenne selon le premier mode de réalisation, mais cette fois-ci la distance L est prise comme égale à cinq fois la longueur d'onde.

[0034] Pour la courbe G1, la largeur à 3 dB du lobe principal est d'environ 34°, le gain est de 14,6 dB, et la réjection des lobes secondaires est de 16 dB.

[0035] Pour la courbe G2, la largeur à 3 dB est d'environ 30°, le gain de 13,4 dB, et la réjection des lobes secondaires de 12 dB.

[0036] Pour la courbe G3, la largeur à 3 dB est d'environ 30°, un gain de 14,5 dB (donc similaire à la disposition planaire), et la réjection des lobes secondaires de 17,5 dB (soit une amélioration de 1,5 dB par rapport à la disposition planaire).

[0037] Cette amélioration peut être expliquée par le fait que les éléments rayonnants ne sont pas tous dans le même plan transversal, ils n'interagissent pas autant les uns avec les autres que dans le cas d'une configuration plane.

[0038] Pour l'optimisation de la position des éléments rayonnants sur les différentes couronnes de l'antenne, on peut partir d'un motif régulier dans le plan de référence et le projeter sur les différentes couronnes.

[0039] Par exemple, le motif régulier peut être une matrice cartésienne délimitée extérieurement par un cercle dont le rayon correspond à celui de la première couronne (la plus large) et comportant des colonnes d'éléments rayonnants selon la direction de référence X du plan PRef et des lignes selon la direction de référence Y du plan PRef.

[0040] Pour conserver cette répartition, il suffit de délimiter des zones annulaires dans le motif régulier et de projeter les éléments rayonnants de chaque zone sur la couronne correspondante.

[0041] Les éléments rayonnants qui sont à cheval sur deux zones annulaires sont éliminés, ce qui conduit à un réseau ponctuellement lacunaire.

[0042] Alternativement, le motif régulier respecte une symétrie radiale autour du sommet S. C'est cette variante

de réalisation qui est représentée sur la figure 1.

Variante du premier mode de réalisation : antenne à couronnes polygonales.

[0043] Dans une variante de réalisation de ce premier mode de réalisation, représentée à la figure 3, les éléments rayonnants ERij de l'antenne active 200 sont répartis, non plus sur des couronnes circulaires, mais sur des couronnes polygonales C'i, en l'occurrence hexagonales. Les sommets du bord extérieur de chaque couronne polygonale reposent sur le cône que définit le radôme. La surface de support S' de l'antenne active 200 est donc inscrite dans le cône S que forme le radôme.

[0044] Cette variante permet de tenir compte de la géométrie des éléments rayonnants et d'optimiser le nombre et le placement des éléments rayonnants.

[0045] Dans un plan transversal, l'antenne peut être divisée en secteurs. Deux éléments rayonnants situés dans un même secteur sont orientés parallèlement, alors que deux éléments rayonnants de deux secteurs différents ont une orientation relative. Cette orientation relative doit être prise en compte pour pouvoir émettre un rayonnement selon une polarité commune à l'ensemble des éléments rayonnants.

[0046] Une orientation relative entre éléments rayonnant dans le plan transversal peut être compensée par exemple en tournant les éléments rayonnants pour qu'ils soient tous orientés parallèlement les uns aux autres, ou encore par des moyens physiques ou électroniques (comme des éléments rayonnants multiports).

Second mode de réalisation : direction de référence présentant un angle d'inclinaison avec l'axe du cône / éléments rayonnants disposés en gradins inclinés

[0047] Dans un second mode de réalisation ne faisant pas partie de l'invention, représenté sur les figures 4 et 5, les éléments rayonnants ERij de l'antenne active 300 sont également disposés en couronne autour de l'axe A, mais ils sont inclinés par rapport à l'axe A vers l'extérieur du cône S. Ceci afin d'augmenter la couverture angulaire vers l'arrière du nez de l'avion. La surface de support S' sur laquelle sont implantés les éléments rayonnants est ici essentiellement un cône similaire au cône S.

[0048] Le mode de réalisation présenté ici est particulièrement simple, au sens où tous les éléments rayonnants ERij sont parallèles entre eux. Ils présentent le même angle d'inclinaison avec l'axe A. En variante, le vecteur V_{ij} normal à la surface de l'élément rayonnant ERij fait un angle d'inclinaison avec l'axe A qui dépend de l'élément rayonnant considéré.

[0049] Pour pouvoir observer un domaine angulaire non plus centré sur l'axe A du cône S, on choisit une direction de référence V1 faisant un angle α_0 avec l'axe A.

[0050] Un plan de référence PRef1 est maintenant choisi perpendiculairement à la direction de référence V1.

[0051] Dans le plan axial défini par l'axe A et la direction de référence V1 (c'est-à-dire le plan de la figure 4), on choisit d'incliner les éléments rayonnants ERij de l'angle α_0 pour qu'ils soient disposés parallèlement au plan de référence PRef1.

[0052] L'angle α_0 est avantageusement choisi pour pouvoir dépointer le faisceau selon une direction D faisant un angle de dépointage φ par rapport à la direction de référence V1 de manière à conserver la possibilité d'observer le domaine dans l'axe de l'avion, c'est-à-dire selon l'axe A.

[0053] Sachant que l'angle de dépointage φ est limité par une valeur maximale φ_{max} (par exemple d'environ 60°) par rapport à la direction de référence V1 (c'est-à-dire la direction sans dépointage), pour pouvoir observer selon l'axe A tout en accroissant le domaine d'observation vers l'arrière le plus possible, α_0 est choisi égal à φ_{max} .

[0054] La valeur maximale φ_{max} de l'angle de dépointage est définie en fonction de la dégradation du diagramme de rayonnement que l'on peut tolérer.

[0055] Dans le plan transversal à l'axe A (c'est-à-dire le plan de la figure 5), les éléments rayonnants ERij pouvant potentiellement participer à l'observation selon la direction de référence V1, sont les éléments rayonnants du demi-cône résultant de la section du cône S par un plan axial P0, orthogonal au plan défini par les directions A et V1.

[0056] Cependant, plus l'élément rayonnant ERij se situe à l'écart du plan défini par les directions A et V1, plus sa projection dans le plan de référence PRef1 est déformée. Le centre CRij de l'élément ERij se projette au point CEij, qui est le centre de l'élément rayonnant équivalent EEij, résultant de la projection de l'élément ERij dans le plan de référence PRef1.

[0057] Cette déformation influe sur le diagramme de rayonnement général et sur la puissance rayonnée par chaque élément rayonnant.

[0058] La puissance rayonnée par l'élément rayonnant doit alors être augmentée pour compenser cette déformation afin que l'antenne active sur la surface conique se comporte comme une antenne active plane dans le plan de référence.

[0059] Il est donc nécessaire de compenser le gain de chaque élément rayonnant en fonction de sa position par rapport au plan défini par les directions A et V1.

[0060] Cependant, il n'est pas possible de compenser le gain pour les éléments rayonnants les plus distants, c'est-à-dire ceux proches du bord du demi-cône (c'est-à-dire proches du plan P0). Il est donc nécessaire d'effectuer une coupure en ne retenant que les éléments rayonnants les plus proches du plan défini par les directions A et V1.

[0061] Par exemple, le réseau actif est réduit à la section du cône entre deux plans axiaux P1 et P2 faisant un angle β_0 de +/-60° par rapport au plan défini par les directions A et V1.

[0062] Les éléments rayonnants qui ne peuvent con-

tribuer au rayonnement dans la direction de référence V1 doivent être éteints.

[0063] Restreindre le nombre d'éléments rayonnants dégrade les caractéristiques de l'antenne, notamment la réjection des lobes secondaires. De plus, cela diminue la « Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente » - PIRE ou le gain d'antenne par rapport à une antenne plane. Il peut donc être préférable de relâcher la contrainte sur la réjection des lobes secondaires pour conserver une PIRE maximum et une largeur du lobe principal minimum.

[0064] On notera que l'antenne active selon ce second mode de réalisation est symétrique autour de l'axe A. Ainsi, il est envisageable plutôt que d'activer les éléments rayonnants associés à une première direction de référence, puis de dépointer le faisceau dans une direction de dépointage par rapport à cette première direction de référence, d'activer les éléments rayonnants associés à une seconde direction de référence correspondant à la direction de dépointage initialement recherchée.

[0065] Les éléments rayonnants actifs pour un fonctionnement selon la direction de référence sélectionnée doivent rayonner avec une compensation de phase ϕ_{ij} proportionnelle à la distance d_{ij} entre leur centre CR_{ij} et le plan de référence pour que le rayonnement total de l'antenne active soit équivalent à celui d'une antenne active plane située dans le plan de référence.

[0066] On notera que l'inclinaison des éléments rayonnants limite la surface rayonnante en raison du masquage des éléments rayonnants entre eux lorsque le faisceau est proche de l'axe A. La zone d'ombre d'un élément rayonnant est proportionnelle à l'angle de masquage et à la forme de l'élément rayonnant (carré, disque, ...).

[0067] Une manière d'augmenter la surface rayonnante d'un élément rayonnant est de lui donner une forme sphérique.

[0068] Une autre manière de limiter ce masquage est de disposer les éléments rayonnants en quinconce d'une couronne à l'autre.

[0069] Quel que soit le mode de réalisation, il faut s'assurer que tous les éléments rayonnants émettent avec une polarisation identique par rapport à un trièdre de référence associé au plan de référence considéré pour la formation du faisceau. Pour cela, il est nécessaire d'ajuster les polarisations de chaque élément rayonnant en fonction de sa position et son orientation par rapport au plan de référence.

[0070] Comme pour le premier mode de réalisation, en variante de ce second mode de réalisation, les éléments rayonnants pourraient être disposés non pas sur des couronnes circulaires, mais sur des couronnes polygonales.

Avantages

[0071] La présente invention présente différentes façons de disposer les éléments rayonnants d'une antenne non plane dans le but d'augmenter leur nombre, donc la PIRE ou le gain antennaire et de maîtriser la qualité des

diagrammes de rayonnement pour se rapprocher le plus possible d'une antenne planaire.

[0072] En particulier, la disposition d'une antenne active sur une surface de support conique permet de créer des sous réseaux d'antennes. Les éléments rayonnants d'un sous réseau sont dans une direction de référence particulière à ce sous réseau. Il est alors possible d'orienter le faisceau par déphasage électronique dans n'importe quelle direction à l'intérieur d'un domaine d'exploration RADAR étendu. Une telle antenne active autorise une exploration non seulement vers l'avant, mais également sur les côtés, jusqu'à un angle d'ouverture par rapport à l'axe du cône, par exemple de l'ordre de 120°.

[0073] L'invention permet par conséquent de disposer des éléments rayonnants sur une surface de support non plane, de préférence conique, pour occuper au mieux le volume intérieur du radôme conique du nez d'un avion, tout en optimisant le nombre d'éléments rayonnants, la couverture angulaire de l'antenne active ainsi obtenue, et la qualité du diagramme de rayonnement.

Revendications

25 1. Antenne active (100) comportant une pluralité d'éléments rayonnants, les éléments rayonnants (ER_{ij}) étant disposés sur une surface de support non plane qui est inscrite à l'intérieur d'un cône (S), un élément rayonnant étant positionné en un point (CR_{ij}) de la surface de support (S') de manière à ce qu'une direction normale (V_{ij}) audit élément rayonnant (ER_{ij}) forme un angle d'inclinaison par rapport à un axe (A) du cône, **caractérisée en ce que** l'angle d'inclinaison de chaque élément rayonnant est nul et la surface de support est étagée de manière à présenter une pluralité de couronnes (C_i) concentriques distantes les unes des autres le long de l'axe (A) du cône, les éléments rayonnants étant positionnés sur les différentes couronnes.

30 2. Antenne active selon la revendication 1, dans laquelle le ledit angle d'inclinaison est tel qu'un ensemble d'éléments rayonnants actifs parmi ladite pluralité d'éléments rayonnants peut, par dépointage électronique, observer un domaine situé à l'avant de la surface de support, selon l'axe (A) du cône.

35 3. Antenne active (100) selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle les couronnes de la pluralité de couronnes sont circulaires ou polygonales.

40 4. Antenne active (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle, dans un plan de référence perpendiculaire à l'axe (A) du cône, les projections (EE_{ij}) des éléments rayonnants (ER_{ij}) suivent un motif régulier, à symétrie cartésienne ou à symétrie radiale.

45 5. Antenne active (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle, dans un plan de référence perpendiculaire à l'axe (A) du cône, les projections (EE_{ij}) des éléments rayonnants (ER_{ij}) suivent un motif régulier, à symétrie cartésienne ou à symétrie radiale.

5. Antenne active (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle, lorsqu'un élément rayonnant (ER_{ij}) est actif, un déphasage dit géométrique est introduit pour compenser une différence de marche entre ledit élément rayonnant et un plan de référence commun à l'ensemble des éléments rayonnants actifs, de sorte que pour qu'un rayonnement total de l'antenne active soit équivalent à celui d'une antenne active plane située dans le plan de référence. 5

6. Antenne active (100) selon la revendication 5, dans laquelle, lorsqu'un élément rayonnant est actif, une correction de puissance est introduite pour compenser une différence entre la surface dudit élément rayonnant (ER_{ij}) et une surface d'une projection (EE_{ij}) dudit élément rayonnant dans le plan de référence commun à l'ensemble des éléments rayonnants actifs. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

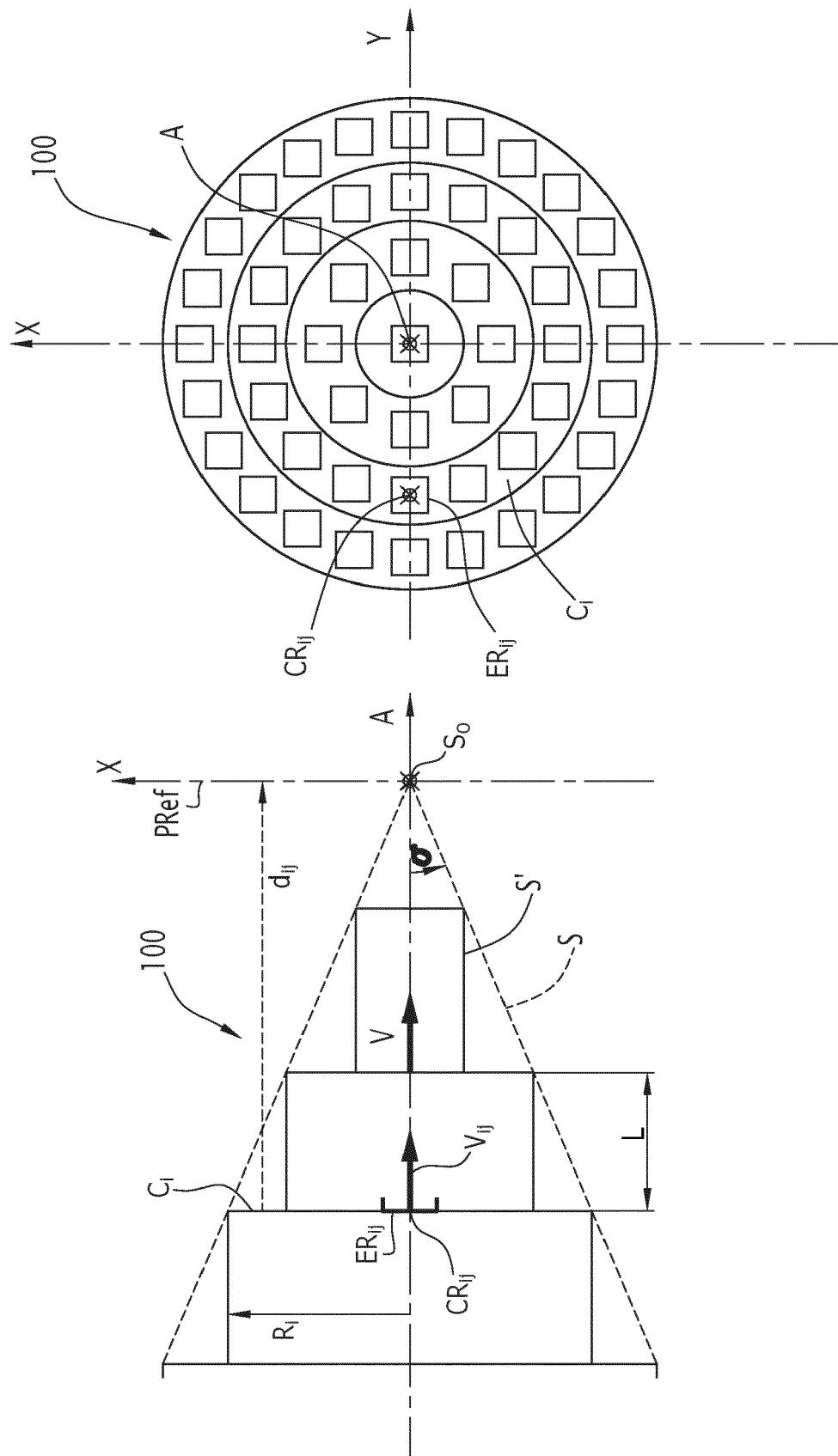
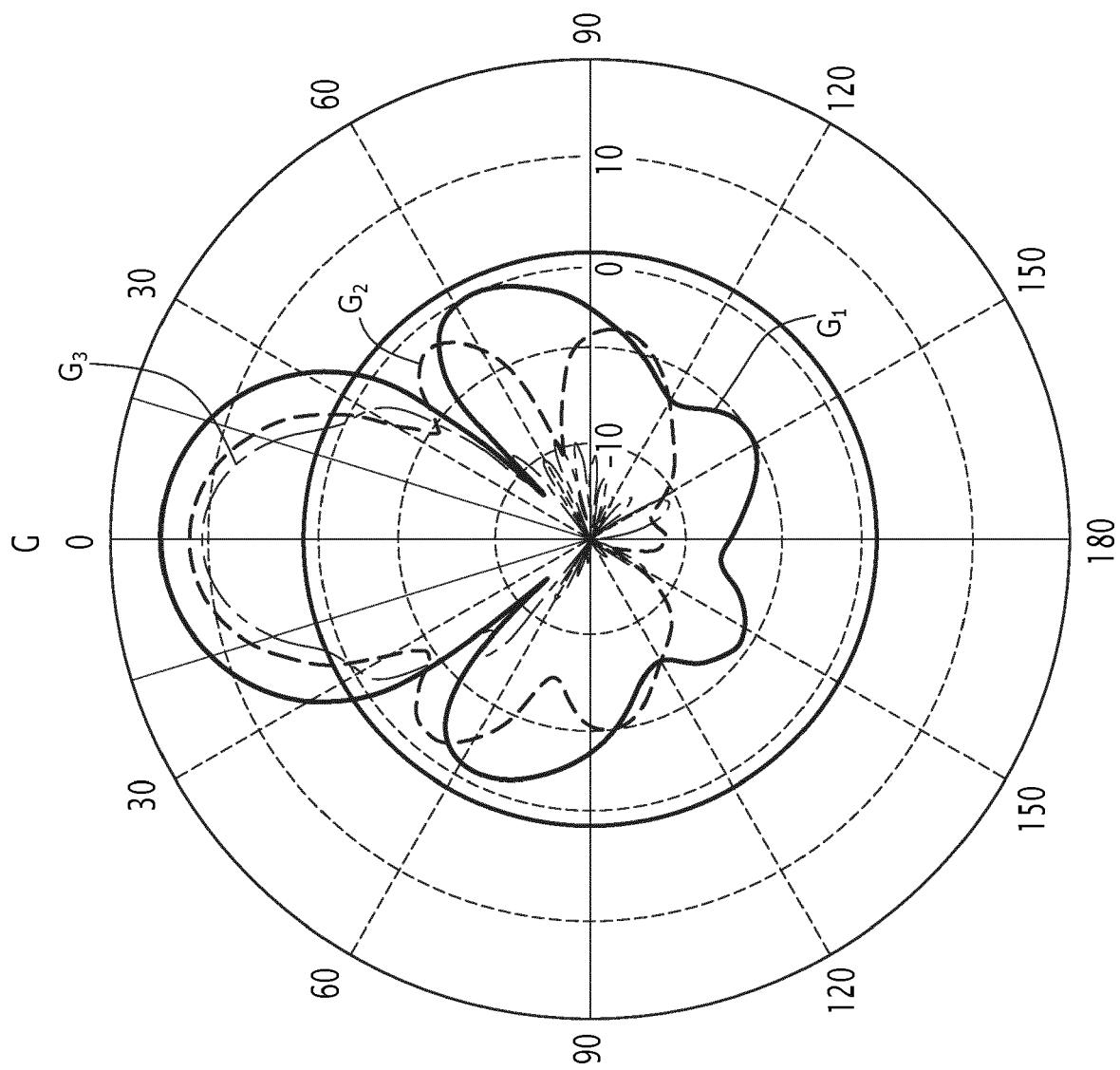
FIG.1

FIG. 2



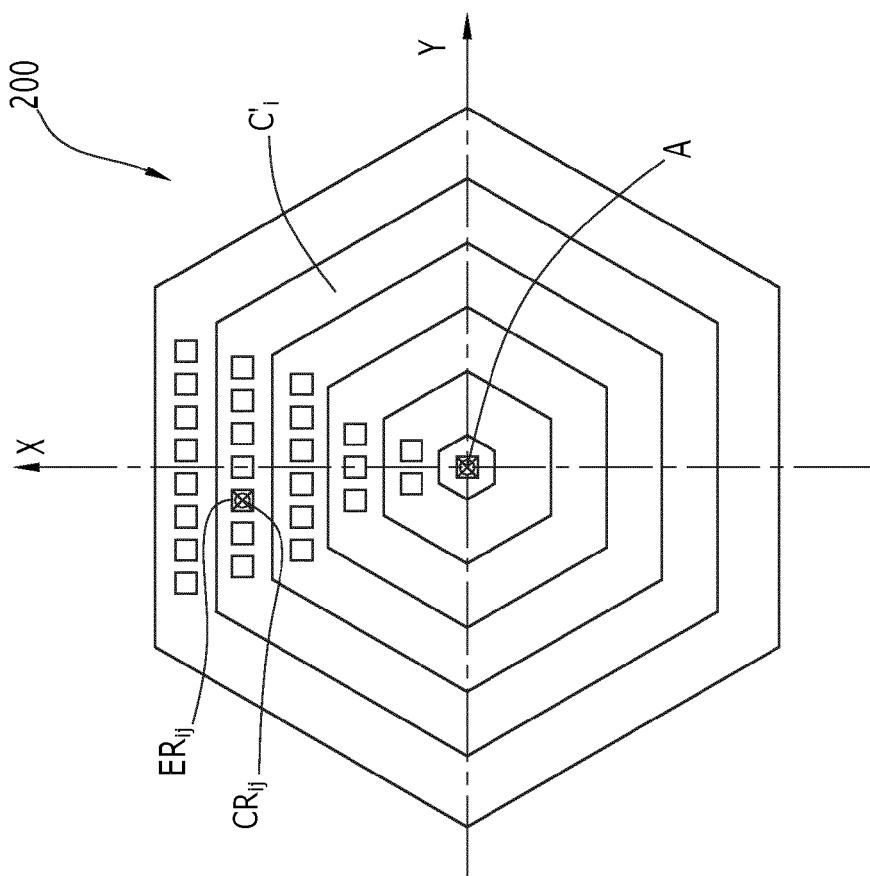


FIG.3

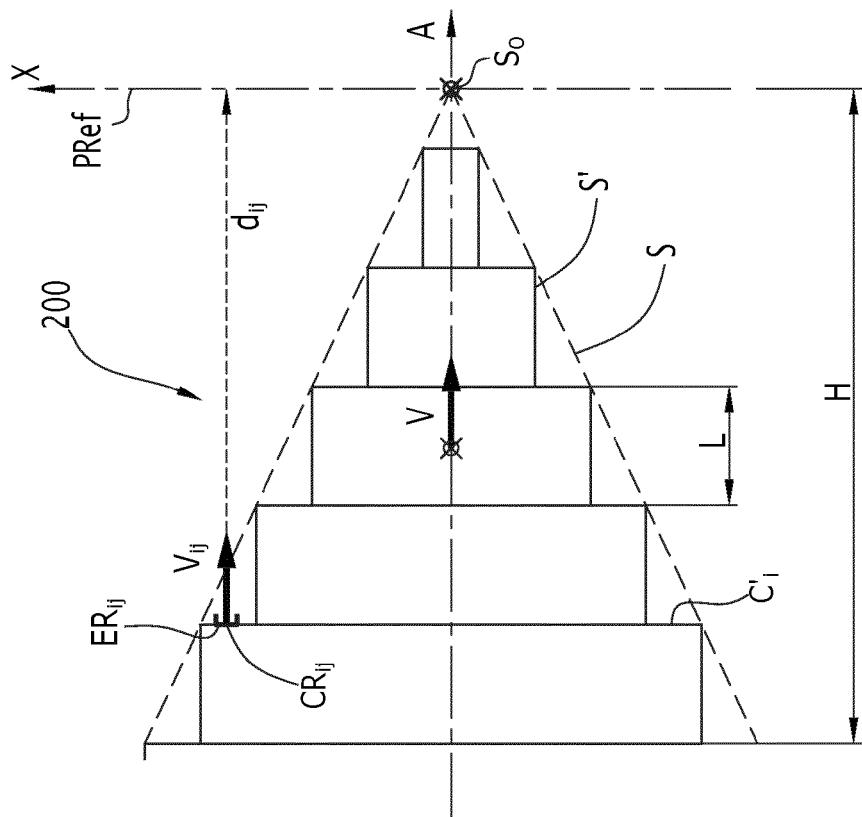


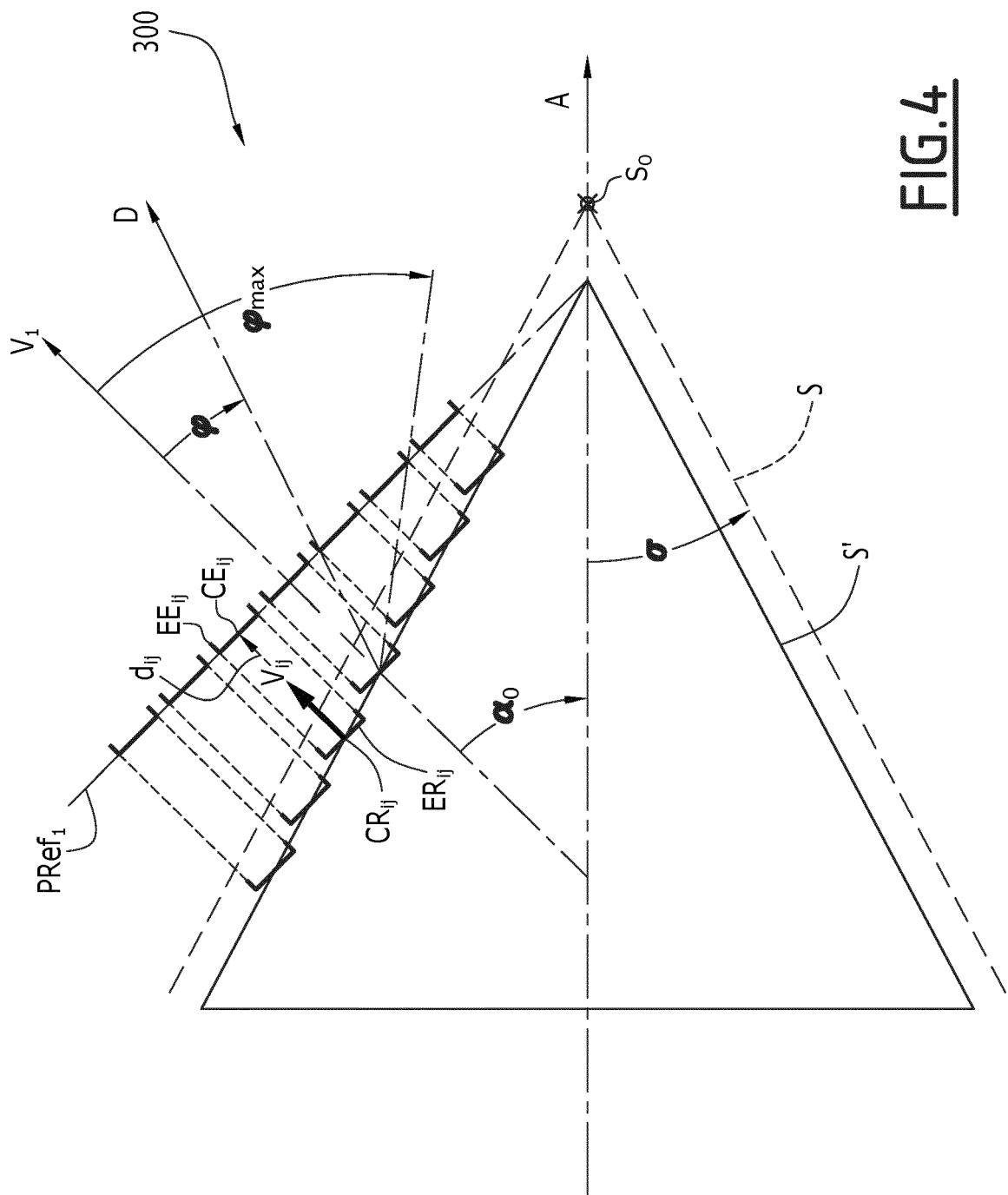
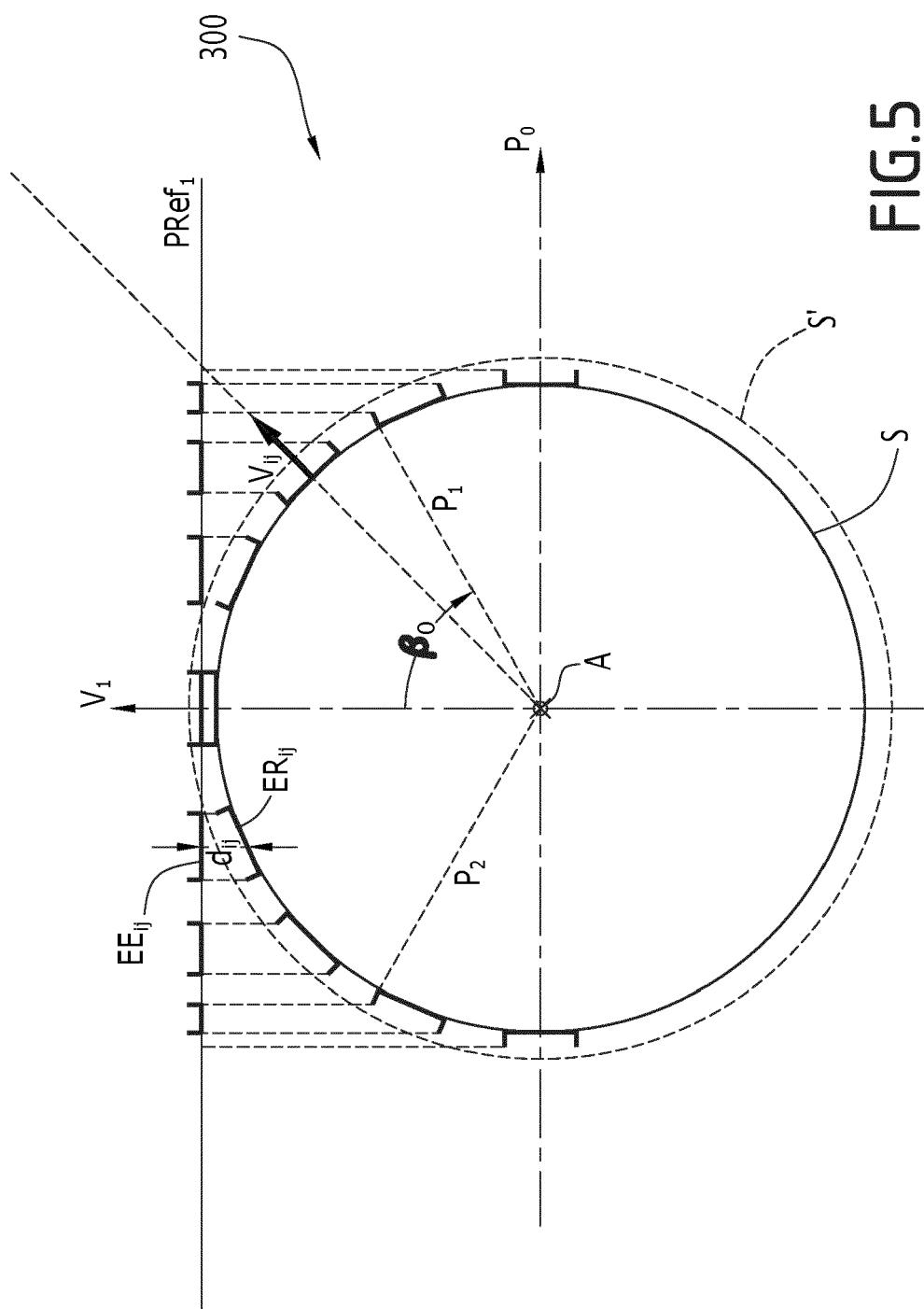
FIG.4

FIG.5



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 23 17 8638

5

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
	Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
10	A	JAECK V ET AL: "Design and manufacturing of conformal antenna array on a conical surface at 5.2 GHz", 2017 EUROPEAN RADAR CONFERENCE (EURAD), EUROPEAN MICROWAVE ASSOCIATION, 11 octobre 2017 (2017-10-11), pages 359-362, XP033292855, DOI: 10.23919/EURAD.2017.8249221 * abrégé * * figure 1 * * I. * -----	1-6	INV. H01Q1/28 H01Q1/38 H01Q3/26 H01Q21/00
15	A	EP 0 512 487 B1 (ALCATEL ESPACE [FR]) 24 juillet 1996 (1996-07-24) * figures 1-3 * * colonne 3, ligne 53 - ligne 55 * * colonne 3, ligne 56 - colonne 4, ligne 33 * * colonne 4, ligne 34 - ligne 37 * * colonne 4, ligne 49 - ligne 53 * -----	1-6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
20	A	DE 26 50 603 A1 (SIEMENS AG) 11 mai 1978 (1978-05-11) * figure 1 * -----	1-6	H01Q
25				
30				
35				
40				
45				
50	2	Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications		
		Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
		La Haye	10 novembre 2023	Yvonnet, Yannick
		CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
		X : particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention	
		Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
		A : arrrière-plan technologique	D : cité dans la demande	
		O : divulgation non-écrite	L : cité pour d'autres raisons	
		P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03/82 (F04C02)

55

page 1 de 2



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 23 17 8638

5

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS									
		Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)						
10	A	<p>YUNXIANG ZHANG ET AL: "Full-polarisation three-dimensional pattern synthesis for conformal conical arrays with dynamic range ratio constraint by using the initialisations based on equivalence theorem", IET MICROWAVES, ANTENNAS & PROPAGATION, THE INSTITUTION OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, UNITED KINGDOM, vol. 9, no. 15, 1 décembre 2015 (2015-12-01), pages 1659-1666, XP006106536, ISSN: 1751-8725, DOI: 10.1049/IET-MAP.2015.0273 * figures 1, 2 * * 1. * * 4. *</p> <p>-----</p>	1-6						
15	X	<p>WO 2018/036009 A1 (AXILSPOT COMMUNICATION CO LTD [CN]) 1 mars 2018 (2018-03-01) * figure 1 * * alinéas [0021], [0022], [0024] *</p> <p>-----</p>	1-4						
20			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)						
25									
30									
35									
40									
45									
50	2	<p>Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications</p>							
		<table border="1"> <tr> <td>Lieu de la recherche</td> <td>Date d'achèvement de la recherche</td> <td>Examinateur</td> </tr> <tr> <td>La Haye</td> <td>10 novembre 2023</td> <td>Yvonnet, Yannick</td> </tr> </table>	Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	La Haye	10 novembre 2023	Yvonnet, Yannick	
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur							
La Haye	10 novembre 2023	Yvonnet, Yannick							
		<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>	<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet 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</p>						
55									

EPO FORM 1503 03/82 (F04C02)

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

EP 23 17 8638

5 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.

10-11-2023

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
15	EP 0512487 B1 24-07-1996 CA 2067932 A1 07-11-1992 DE 69212378 T2 28-11-1996 EP 0512487 A1 11-11-1992 FR 2676310 A1 13-11-1992 JP H05129822 A 25-05-1993			
20	DE 2650603 A1 11-05-1978 AUCUN			
25	WO 2018036009 A1 01-03-2018 CN 106159464 A 23-11-2016 WO 2018036009 A1 01-03-2018			
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0460

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

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 0512487 B1 [0008]
- DE 2650603 A1 [0009]

Littérature non-brevet citée dans la description

- Design and manufacturing of conformal antenna array on a conical surface at 5.2 GHz. **JAECK V et al.** 2017 EUROPEAN RADAR CONFERENCE (EURAD). EUROPEAN MICROWAVE ASSOCIATION, 11 Octobre 2017, 359-362 [0007]
- Full-polarisation three-dimensional pattern synthesis for conformal conical arrays with dynamic range ratio constraint by using the initialisations based on equivalence theorem. **YUNXIANG ZHANG et al.** IET MICROWAVES, ANTENNAS & PROPAGATION. THE INSTITUTION OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, 01 Décembre 2015, vol. 9, 1659-1666 [0010]