

(19)



(11)

EP 4 576 431 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
25.06.2025 Bulletin 2025/26

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01Q 13/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **24222598.5**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01Q 13/0275; H01Q 13/0283

(22) Date de dépôt: **20.12.2024**

(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:
GE KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
 • **VARAULT, Stefan**
78990 ELANCOURT (FR)
 • **GUEDES, Antonio**
78990 ELANCOURT (FR)

(74) Mandataire: **Atout PI Laplace**
Immeuble Up On
25 Boulevard Romain Rolland
CS 40072
75685 Paris Cedex 14 (FR)

(30) Priorité: **21.12.2023 FR 2314751**

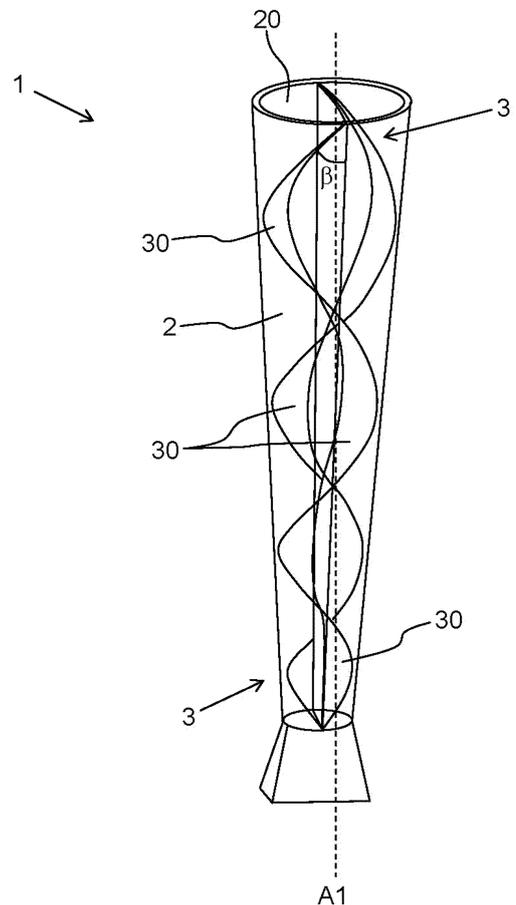
(71) Demandeur: **THALES**
92190 Meudon (FR)

(54) **ANTENNE RADIOÉLECTRIQUE PRÉSENTANT DES PALES ET AYANT UN ANGLE D'ATTAQUE MAÎTRISÉ, ET PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE TELLE ANTENNE**

(57) L'invention concerne une antenne radioélectrique (1) comportant au moins une pale (3) torsadée le long et autour d'un axe longitudinal (A1) de l'antenne radioélectrique (1), la pale (3) comprenant plusieurs torsades (30), chaque torsade (30) correspondant à une portion de la pale ayant un angle polaire de 2π . La distance le long de l'axe longitudinal (A1) entre chaque torsade et une torsade adjacente à ladite torsade est choisie de sorte que l'angle (β) entre la torsade (30) et l'axe longitudinal (A1) est inférieur à un angle maximal prédéfini.

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une telle antenne radioélectrique, la fabrication étant réalisée par fabrication additive.

[Fig. 1]



EP 4 576 431 A1

Description

[0001] L'invention se rapporte au domaine des antennes radioélectriques, c'est-à-dire aux dispositifs permettant de rayonner et/ou de capter des ondes électromagnétiques. L'invention s'intéresse plus particulièrement aux antennes à polarisation circulaire à large bande.

[0002] Lorsqu'une polarisation circulaire est recherchée sur une large bande de fréquence (typiquement supérieure ou égale à une octave), la solution classique préférentielle consiste à utiliser une antenne spirale. Néanmoins, dans certains cas, son gain est insuffisant. Il convient alors d'utiliser un cornet à polarisation linéaire simple, associé à un polariseur en sortie d'antenne. Il est également possible d'utiliser un cornet à double polarisation linéaire, associé à un coupleur hybride large-bande en amont de l'antenne.

[0003] Avec la première solution (le polariseur), il est très difficile d'assurer de bonnes performances (notamment en termes de pureté de polarisation) sur de larges bandes passantes. La deuxième solution (cornet à double polarisation linéaire) nécessite l'utilisation d'un coupleur hybride pour la polarisation circulaire, ce coupleur générant nécessairement des pertes.

[0004] Une meilleure solution consiste à modifier la structure même de l'antenne cornet de sorte que ladite structure permette à elle seule de générer une polarisation circulaire. Pour ce faire, on connaît des cornets ridgés dont les ridges (sorte de nervures au centre desquelles est confiné le champ électrique) sont torsadées autour d'un axe longitudinal (axe du cornet). Les ridges forment avec l'axe longitudinal un angle dit angle d'attaque.

[0005] Bien que les solutions de l'art antérieur (antennes cornets à ridges torsadées) soient satisfaisantes sur le plan du rayonnement électromagnétique, elles ne le sont pas toujours sur le plan de la fabrication. En effet, les inventeurs se sont rendu compte que ces solutions n'étaient pas toujours compatibles avec certains procédés de fabrication. En particulier, les inventeurs se sont rendus compte que ces solutions n'étaient pas fabricables, ou du moins pas avec un rendement de production optimal avec un procédé de fabrication préférentiel qui est la fabrication additive. La fabrication additive de type Fusion Laser sur Lit de Poudre (ou LPBF pour l'acronyme anglais de "Laser Powder Bed Fusion") exige en effet la maîtrise de l'angle d'attaque de l'antenne. Plus précisément, ce type de procédé de fabrication exige que l'angle d'attaque ne dépasse pas une certaine valeur dépendant du type de machine de fabrication et du matériau de fabrication utilisé.

[0006] L'invention vise donc à fournir une antenne radioélectrique configurée pour convertir un signal à polarisation linéaire en un signal à polarisation circulaire, permettant de garantir à la fois les performances radiofréquences souhaitées et le bon respect des règles technologiques de fabrication.

[0007] L'invention propose à cet effet une antenne

radioélectrique comportant au moins une pale torsadée le long et autour d'un axe longitudinal de l'antenne radioélectrique, la pale comprenant plusieurs torsades, chaque torsade correspondant à une portion de la pale parcourant un angle polaire de 2π .

[0008] Selon l'invention, la distance le long de l'axe longitudinal entre chaque torsade et une torsade adjacente à ladite torsade étant choisie de sorte que l'angle entre la torsade et l'axe longitudinal est inférieur à un angle maximal prédéfini.

[0009] Grâce à l'invention, la structure même de l'antenne est paramétrée pour permettre à la fois les fonctions électromagnétiques mais également garantir la fabricabilité de l'antenne selon la technologie LPBF. La géométrie de l'antenne est optimisée, notamment en maîtrisant la distance le long de l'axe longitudinal entre chaque torsade et une torsade adjacente, pour garantir la fabrication de l'antenne, en particulier lorsque cette fabrication est réalisée par fabrication additive.

[0010] Des caractéristiques préférées particulièrement commodes de l'antenne selon l'invention sont présentées ci-dessous.

[0011] L'angle entre chaque torsade et la torsade adjacente à ladite torsade est le même le long de l'antenne radioélectrique.

[0012] L'angle maximal est prédéfini en fonction du matériau de fabrication de l'antenne radioélectrique et de la machine utilisée pour la fabrication.

[0013] L'antenne radioélectrique est réalisée en métal. L'angle maximal prédéfini est égal à 45.

[0014] L'antenne radioélectrique comporte en outre un boîtier, la pale s'étendant à l'intérieur du boîtier.

[0015] Le boîtier présente une forme tronconique.

[0016] L'intersection de la pale avec le boîtier forme une courbe dite courbe de pale, la projection de la courbe de pale sur tout plan orthogonal à l'axe longitudinal est une spirale logarithmique.

[0017] Le boîtier présente une forme cylindrique ou conique, la distance le long de l'axe longitudinal entre chaque torsade et une torsade adjacente à ladite torsade étant identique tout le long de l'antenne radioélectrique.

[0018] L'antenne radioélectrique est une antenne cornet.

[0019] L'antenne radioélectrique comporte au moins deux pales torsadées autour de l'axe longitudinal.

[0020] L'invention porte également sur un procédé de fabrication d'une antenne radioélectrique présentant au moins l'une des caractéristiques précédentes, et dans lequel la fabrication est réalisée par fabrication additive.

[0021] La fabrication additive est par exemple de type Fusion Laser sur Lit de Poudre.

[0022] D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après en référence aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs :

- la figure 1 est une vue en perspective d'une antenne radioélectrique selon un mode de réalisation de

l'invention ;

- la figure 2 est une vue en perspective de pales de l'antenne radioélectrique de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en perspective d'une antenne radioélectrique selon un autre mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 représente la projection d'une spirale logarithmique sur un cône ;
- la figure 5 représente une projection de l'antenne sur un plan longitudinal ;
- la figure 6 montre deux graphiques de diagrammes de rayonnement pour comparaison, un graphique étant relatif à une antenne radioélectrique de l'art antérieur et un autre graphique étant relatif à l'antenne radioélectrique selon l'invention ; et
- la figure 7 montre pour comparaison deux graphiques de diagrammes de rayonnement relatifs à l'antenne radioélectrique selon deux variantes de l'invention.
- la figure 8 illustre la définition de l'angle d'attaque.

[0023] La figure 1 représente un exemple de réalisation selon l'invention d'une antenne radioélectrique 1. L'antenne radioélectrique 1 est configurée pour convertir un signal à polarisation linéaire en signal à polarisation circulaire.

[0024] L'antenne radioélectrique 1 est de préférence en métal, par exemple en alliage d'aluminium, cuivre, ou titane.

[0025] L'antenne radioélectrique 1 possède un axe longitudinal A1, notamment un axe longitudinal médian.

[0026] L'antenne radioélectrique 1 comporte au moins une pale 3. Dans l'exemple représenté, l'antenne radioélectrique 1 comporte deux pales 3.

[0027] L'antenne radioélectrique 1 comporte en outre ici un boîtier 2 représenté en figure 1 et ôté en figure 2 pour montrer les pales 3 seules.

[0028] Le boîtier 2 peut présenter une forme de révolution. L'axe longitudinal A1 est dans ce cas l'axe de révolution du boîtier 2.

[0029] Le boîtier 2 présente de préférence une forme conique ou tronconique. L'antenne radioélectrique 1 est alors dite antenne cornet. Dans l'exemple représenté, le boîtier 2 présente une forme tronconique.

[0030] Les pales 3 s'étendent à l'intérieur du boîtier 2. Les pales 3 sont assemblées à une paroi interne 20 du boîtier 2. Alternativement, les pales 3 sont formées d'un seul tenant avec le boîtier 2 et prolongent la paroi interne 20 du boîtier 2.

[0031] Les pales 3 sont torsadées le long et autour de l'axe longitudinal A1.

[0032] Chaque pale 3 comprend plusieurs torsades 30 ou spires. Chaque torsade 30 correspond à une portion de la pale ayant parcouru un angle polaire de 2π . Dans les solutions de l'état de l'art, la distance entre chaque torsade est identique. Dans l'invention proposée, la distance entre chaque torsade varie progressivement le long de l'axe longitudinal.

[0033] Chaque torsade 30 forme avec l'axe longitudinal A1 un angle dit angle d'attaque β qui peut également être défini comme suit :

- Soit un point P appartenant à la courbe C définie par l'intersection entre le profil de l'hélice conique et les parois du cornet tronconique,
- Soit $ez(P)$ le vecteur directeur normalisé parallèle à l'axe longitudinal et passant par P, orienté vers le haut de l'hélice
- Soit $ut(P)$ le vecteur directeur normalisé tangent à C en P, orienté vers le haut de l'hélice

[0034] Alors l'angle d'attaque β est l'angle formé par les deux vecteurs ($ez(P)$, $ut(P)$) voir la figure 8.

[0035] La distance L_t le long de l'axe longitudinal A1 entre chaque torsade 30 et une torsade 30 adjacente (i.e. consécutive) à ladite torsade 30 est choisie de sorte que l'angle d'attaque β entre la torsade 30 et l'axe longitudinal A1 est inférieur à un angle maximal β_{max} (ou angle d'attaque maximal β_{max}) prédéfini.

[0036] Avantageusement, l'angle d'attaque β le même tout le long de l'antenne radioélectrique 1.

[0037] Alternativement, l'angle d'attaque β peut varier le long de l'antenne, i.e. le long de l'axe longitudinal A1. l'angle d'attaque β doit néanmoins rester inférieur à l'angle maximal β_{max} .

[0038] L'angle maximal β_{max} prédéfini est imposé notamment par le procédé de fabrication de l'antenne radioélectrique et la machine utilisée. L'angle maximal β_{max} est notamment critique lorsque l'antenne radioélectrique est fabriquée par fabrication additive. En particulier, l'angle maximal β_{max} est critique lorsque la fabrication additive est de type Fusion Laser sur Lit de Poudre. En effet, la fiabilité d'une telle fabrication est soumise aux règles de conception d'une telle fabrication. L'angle maximal β_{max} permet de garantir une bonne maîtrise de la géométrie (et donc des performances rayonnées). Si l'angle maximal β_{max} n'est pas respecté, l'antenne peut être dégradée localement. Cette dégradation peut, par propagation de défauts lors de la fabrication, altérer l'ensemble de l'antenne. Ultiment, cela peut conduire à un affaissement partiel de l'antenne. Il peut être également observé une altération des propriétés mécaniques et/ou radioélectriques de l'antenne ainsi fabriquée.

[0039] Lors d'une fabrication additive de type Fusion Laser sur Lit de Poudre, l'angle maximal β_{max} dépend également du matériau utilisé pour la poudre ainsi que de la granularité de ladite poudre. L'angle maximal β_{max} peut

également dépendre de la machine utilisée pour la fabrication et éventuellement des paramètres d'impression additive.

[0040] Lorsque l'antenne radioélectrique 1 est fabriquée en métal, notamment au moyen de poudre de métal (tel que l'alliage d'aluminium) par fabrication additive, l'angle maximal β_{\max} prédéfini est par exemple égal à 45°.

[0041] Dans l'exemple représenté en figures 1 et 2, l'antenne radioélectrique 1 comporte deux pales 3. Ce nombre peut bien entendu varier et peut par exemple être égal à un, deux, trois, quatre, etc. La figure 3 montre à titre d'exemples non limitatifs, l'antenne radioélectrique 1 comportant respectivement trois pales 3 et quatre pales 3.

[0042] Par ailleurs, l'antenne radioélectrique 1 décrite ci-avant comporte un boîtier 2. Le rayonnement électromagnétique a lieu dans ce cas dans l'axe longitudinal A1. Alternativement, l'antenne radioélectrique 1 peut ne pas comporter de boîtier 2. Autrement dit, l'antenne radioélectrique 1 peut être dépourvue de boîtier 2. Le rayonnement électromagnétique a alors lieu orthogonalement à l'axe longitudinal A1.

[0043] Comme visible sur la figure 4, l'intersection de chaque pale 3 avec le boîtier 2 forme une courbe dite courbe de pale. L'intersection est entendue au sens mathématique. La courbe de pale présente une forme d'hélice conique. La projection de la courbe de pale sur tout plan orthogonal à l'axe longitudinal A1 est une spirale logarithmique.

[0044] Dans cette configuration, l'angle d'attaque β est constant sur tout le long de l'antenne radioélectrique 1. La distance L_t entre les torsades 30 consécutives varie le long de l'antenne radioélectrique 1. En particulier, la distance L_t augmente en progressant depuis une première extrémité 21 du boîtier 2 vers une deuxième extrémité 22 opposée à la première extrémité 21.

[0045] La paramétrisation cartésienne de l'hélice conique est la suivante :

$$\begin{cases} x = ae^{kt} \cos t \\ y = ae^{kt} \sin t \\ z = ae^{kt} \cos \alpha \end{cases}$$

avec $k = \sin \alpha \cos \beta$ et où α correspond au demi-angle au sommet du cône et β à l'angle entre l'hélice et les génératrices du cône.

[0046] L'angle β tel que défini dans l'équation ci-avant correspond également à l'angle d'attaque entre chaque torsade 30 et l'axe longitudinal A1 de l'antenne radioélectrique 1. Il est ainsi possible d'imposer à l'angle β de l'équation ci-avant d'être inférieur à l'angle maximal β_{\max} . La structure de l'antenne radioélectrique peut ainsi être optimisée en paramétrant la géométrie des pales.

[0047] La solution de l'hélice conique permet de garantir un angle d'attaque β constant sur toute l'antenne et paramétrable, en se basant sur l'utilisation d'une spirale

logarithmique en guise de génératrice.

[0048] La figure 5 montre les paramètres du boîtier tronconique. Certains paramètres du boîtier 2 sont fixés par des contraintes physiques. Le boîtier 2 présente par exemple un rayon à sa base (i.e. au niveau de la deuxième extrémité 22) ou rayon de sortie R_{out} déterminé par le gain souhaité pour l'antenne. Le boîtier 2 présente par exemple un rayon à son sommet (i.e. au niveau de la première extrémité 21) ou rayon d'entrée R_{in} déterminé en partie par la bande passante souhaitée.

[0049] Un moyen préféré de réalisation consiste à fixer le rayon de sortie R_{out} et le rayon d'entrée R_{in} . Les paramètres d'optimisation restant sont alors la longueur de l'antenne L_{horn} , le nombre de tours N_{turn} de l'hélice conique dans la longueur L_{horn} , et $\beta < \beta_{\max}$.

[0050] D'après la géométrie du boîtier tronconique, il est possible d'écrire :

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{R_{\text{out}} - R_{\text{in}}}{L_{\text{horn}}} \right)$$

[0051] Le nombre de tours N_{turn} permet de s'assurer que $\beta < \beta_{\max}$ au travers l'équation suivante :

$$k = \frac{1}{2\pi N_{\text{turn}}} \ln \left(\frac{L_{\text{tot}}}{R_{\text{in}}} \tan \alpha \right) = \sin \alpha \cdot \cos \beta$$

[0052] Il est ainsi possible de paramétrer l'angle d'attaque β de façon à garantir $\beta < \beta_{\max}$, où β_{\max} dépend comme expliqué plus haut de la machine utilisée pour la fabrication, de sa paramétrisation, et du type de matériau utilisé.

[0053] La courbe de pale est définie ci-avant comme l'intersection de chaque pale 3 avec le boîtier 2 tronconique. Dans un exemple dans lequel le boîtier 2 présenterait une forme autre que tronconique, ou encore dans lequel l'antenne radioélectrique 1 serait dépourvue de pales, la courbe de pale serait définie par l'intersection entre la pale et le cône circonscrit. On entend par cône circonscrit, l'objet mathématique et ne constitue pas une pièce physique de l'antenne radioélectrique 1.

[0054] Dans un exemple de réalisation non représenté, la distance L_t le long de l'axe longitudinal A1 entre les torsades 30 consécutives peut être identique tout le long de l'antenne radioélectrique 1. Par exemple, chaque pale 3 présenterait la forme d'une hélice conique. Si l'antenne radioélectrique 1 comporte un boîtier 2, la distance L_t peut être constante depuis la première extrémité 21 du boîtier 2 jusqu'à la deuxième extrémité 22. Le boîtier 2 peut présenter par exemple dans ce cas une forme cylindrique. Que l'antenne radioélectrique 1 comprenne ou non un boîtier 2, l'angle d'attaque β peut être alors maintenu constant le long de l'antenne radioélectrique 1 tout en étant inférieur à l'angle maximal β_{\max} .

[0055] Par « pale », on entend dans le présent document un volume généré à partir du balayage d'une sec-

tion quelconque le long de la génératrice définie ci-avant au paragraphe [0044]. Dans le cas d'une section circulaire, par exemple, la « pale » représente un brin (ou fil). Dans le cas d'une section rectangulaire, la pale forme ce que l'on appelle classiquement un « ridge » dans le domaine antennaire.

[0056] L'antenne radioélectrique 1 est de préférence fabriquée par fabrication additive.

[0057] Lors de la fabrication de l'antenne, la ou les pales obtenues suivent alors un profil selon une hélice conique. La ou les pales peuvent être d'abord fabriquées en ayant une surface pleine et sont ensuite évidés selon un profil progressif particulier. Le profil progressif est choisi de façon à garantir une adaptation large bande et des lobes secondaires maîtrisés. Plusieurs modes de réalisation sont possibles pour le profil progressif (taperisation), par exemple un profil exponentiel ou un profil de Klopfenstein.

[0058] La figure 6 représente des diagrammes de rayonnement obtenus à 16 GHz : en a) le diagramme obtenu pour l'antenne de l'art antérieur telle que décrite dans le document US 2021/184359, et en b) le diagramme obtenu pour l'exemple de réalisation de l'hélice conique de l'invention. La polarisation native de l'antenne (i.e. la polarisation droite) RHCP ainsi que la polarisation orthogonale (i.e. la polarisation gauche) sont représentées. Les diagrammes sont tracés selon trois plans de coupe, pour trois valeurs de ϕ : 0° , 45° et 90° .

[0059] Les diagrammes a) et b) sont relativement similaires. Les diagrammes sont symétriques dans les deux cas. Le gain dans l'axe est identique, et les niveaux de polarisation croisée sont du même ordre de grandeur. Il est également observé dans les deux cas (art antérieur et exemple selon l'invention), un découplage important entre la polarisation gauche et la polarisation droite.

[0060] La comparaison réalisée avec l'art antérieur à la figure 6 montre que la structure de l'antenne radioélectrique selon l'invention se comporte de façon nominale du point de vue du rayonnement électromagnétique.

[0061] La figure 7 représente pour comparaison des diagrammes de rayonnement obtenus à 16 GHz : en a) le diagramme représenté en b) de la figure 6 et dans lequel le nombre de tours N_{turn} de l'hélice conique est égal à 2,6, et en b) le diagramme obtenu pour le même exemple de réalisation de l'hélice conique de l'invention mais avec un nombre de tours N_{turn} égal à 4. La comparaison des diagrammes montre que le rayonnement est maintenu même avec un nombre de tours importants, et qu'il est possible d'atteindre des puretés de polarisation excellentes avec la configuration de l'antenne radioélectrique selon l'invention.

[0062] L'antenne selon l'invention permet un rendement de fabrication plus élevé que celui de l'art antérieur en garantissant un angle d'attaque toujours inférieur à l'angle d'attaque maximal prédéfini.

[0063] L'invention permet de largement simplifier la phase de conception : la paramétrisation proposée permet de simplement lancer une optimisation dans un

logiciel dédié, contrainte par la valeur d'attaque β inférieure à celle de l'angle d'attaque maximal prédéfini β_{max} . La solution obtenue est alors garantie fabricable, notamment imprimable par impression additive. Cela évite la multiplication de modifications électromagnétiques ou mécaniques, ou des retouches de la géométrie pour satisfaire les paramètres d'impression (et qui nécessiterait une ré-optimisation pour satisfaire les performances rayonnées) et ainsi de suite (approche itérative).

Revendications

1. Antenne radioélectrique comportant un boîtier (2) à l'intérieur duquel s'étend au moins une pale (3) torsadée le long et autour d'un axe longitudinal (A1) de l'antenne radioélectrique (1), la pale (3) comprenant plusieurs torsades (30), chaque torsade (30) correspondant à une portion de la pale ayant un angle polaire de 2π , ladite antenne radioélectrique (1) étant **caractérisée en ce que** :

- boîtier (2) présente une forme tronconique,
- la distance (L_t) le long de l'axe longitudinal (A1) entre chaque torsade et une torsade adjacente à ladite torsade est choisie de sorte que l'angle d'attaque (β) entre la torsade (30) et l'axe longitudinal (A1) est inférieur à un angle d'attaque maximal prédéfini (β_{max}).
- l'angle d'attaque (β) de chaque torsade est le même le long de l'antenne radioélectrique (1).

2. Antenne radioélectrique selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle l'angle maximal (β_{max}) est prédéfini en fonction du matériau de fabrication de l'antenne radioélectrique (1).

3. Antenne radioélectrique selon la revendication 3, réalisée en métal et dans laquelle l'angle maximal (β_{max}) prédéfini est égal à 45° .

4. Antenne radioélectrique selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle l'intersection de la pale (3) avec le boîtier (2) forme une courbe dite courbe de pale et la projection de la courbe de pale sur tout plan orthogonal à l'axe longitudinal est une spirale logarithmique.

5. Antenne radioélectrique selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle l'antenne radioélectrique (1) est une antenne cornet.

6. Antenne radioélectrique selon l'une des revendications précédentes, comportant au moins deux pales (3) torsadées le long et autour de l'axe longitudinal (A1).

7. Procédé de fabrication d'une antenne radioélec-

trique selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la fabrication est réalisée par fabrication additive.

8. Procédé de fabrication selon la revendication 7, dans lequel la fabrication additive est de type Fusion Laser sur Lit de Poudre.

10

15

20

25

30

35

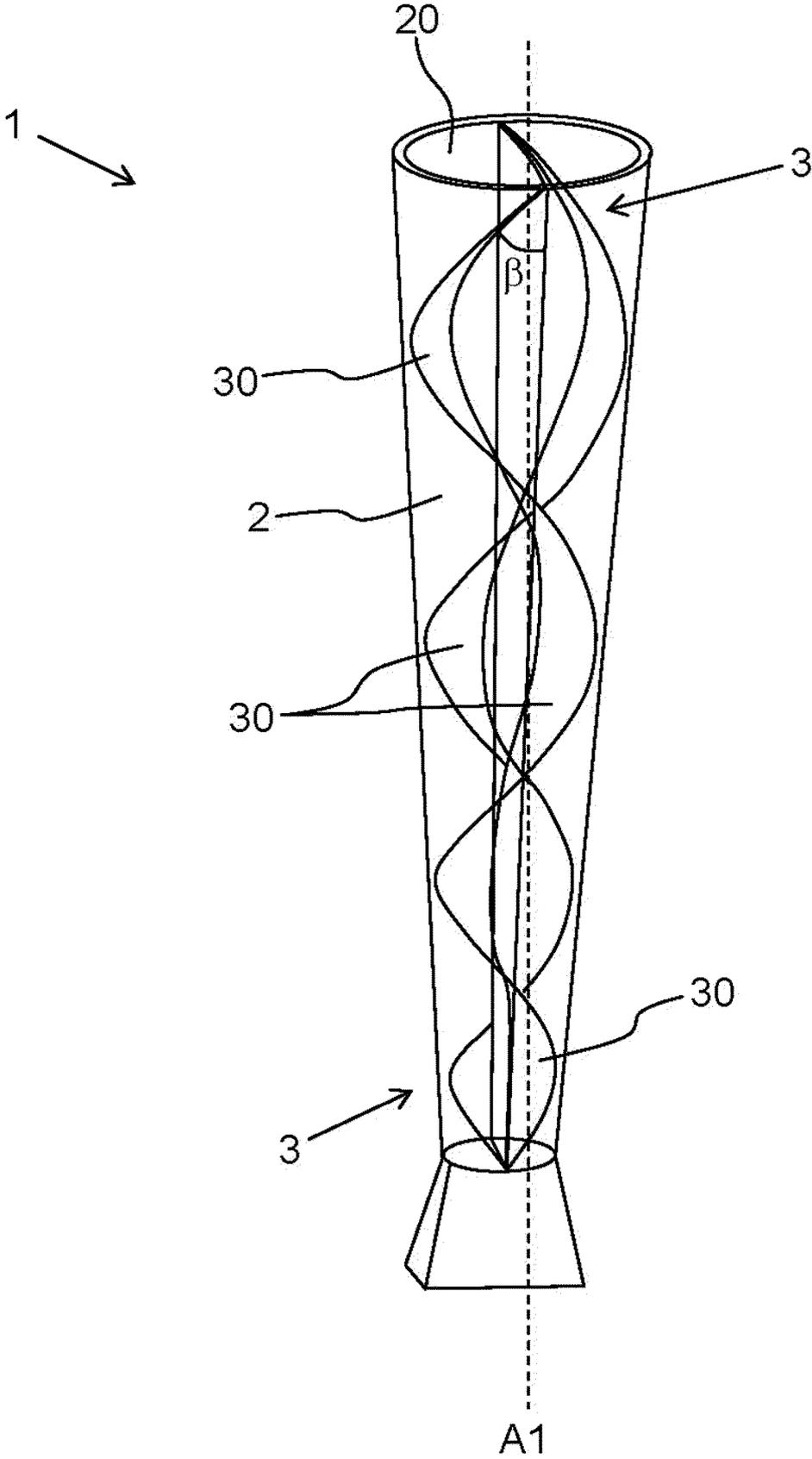
40

45

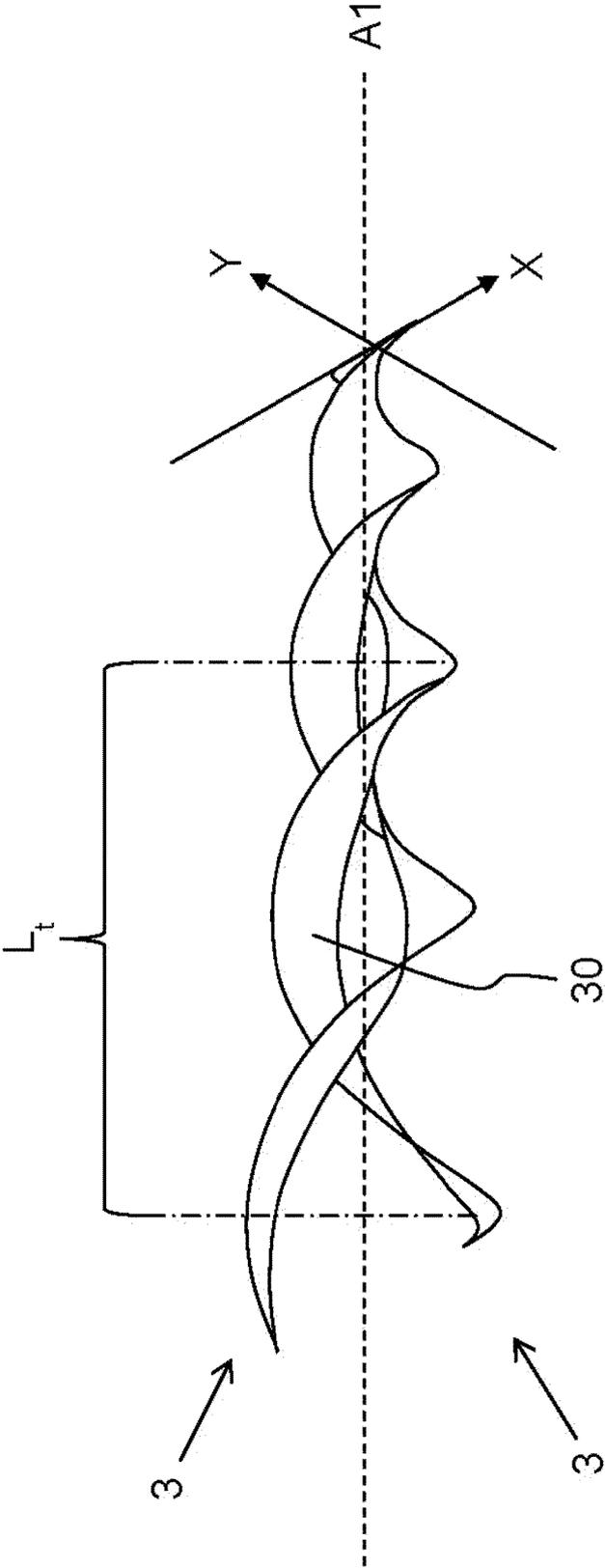
50

55

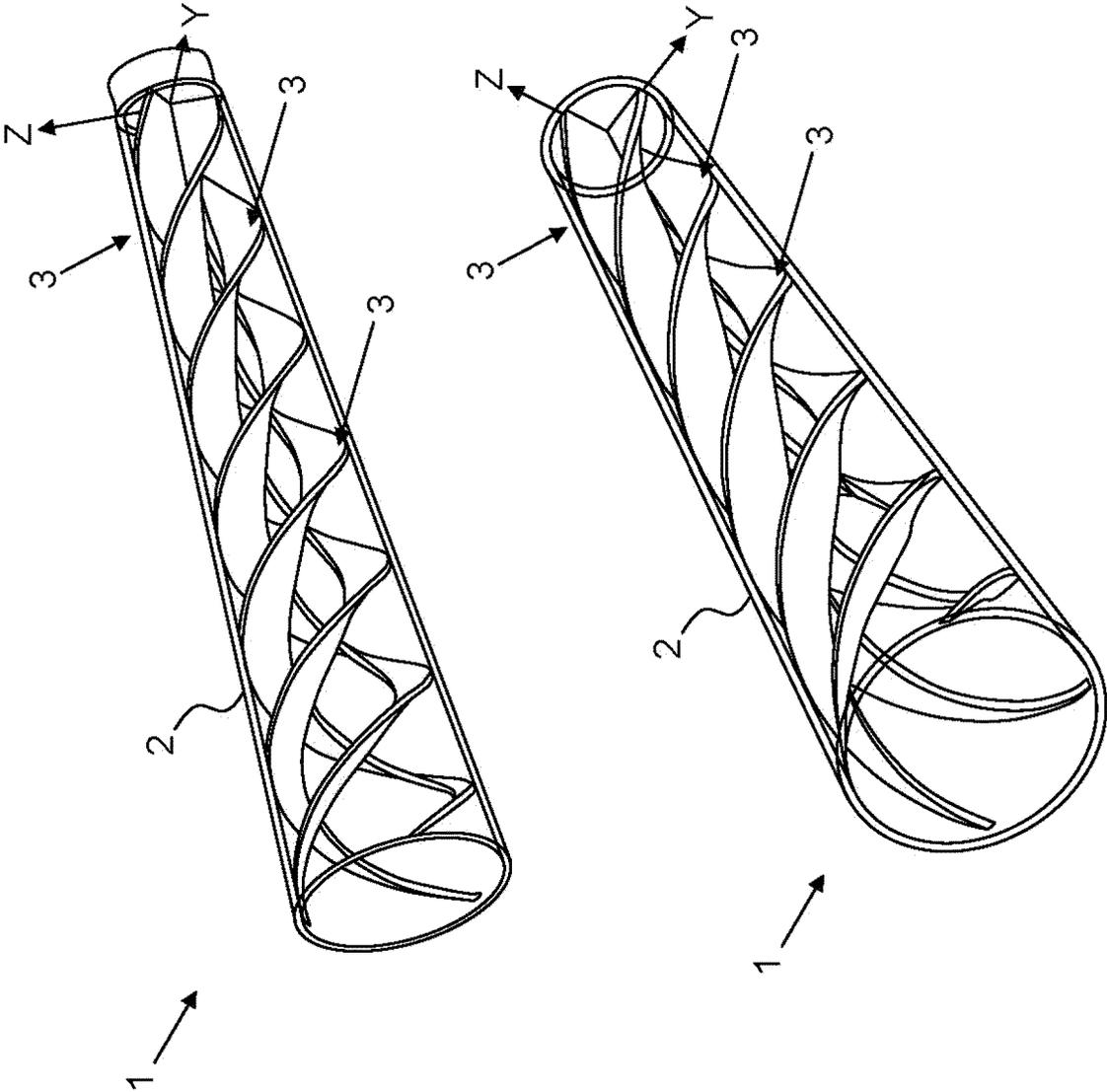
[Fig. 1]



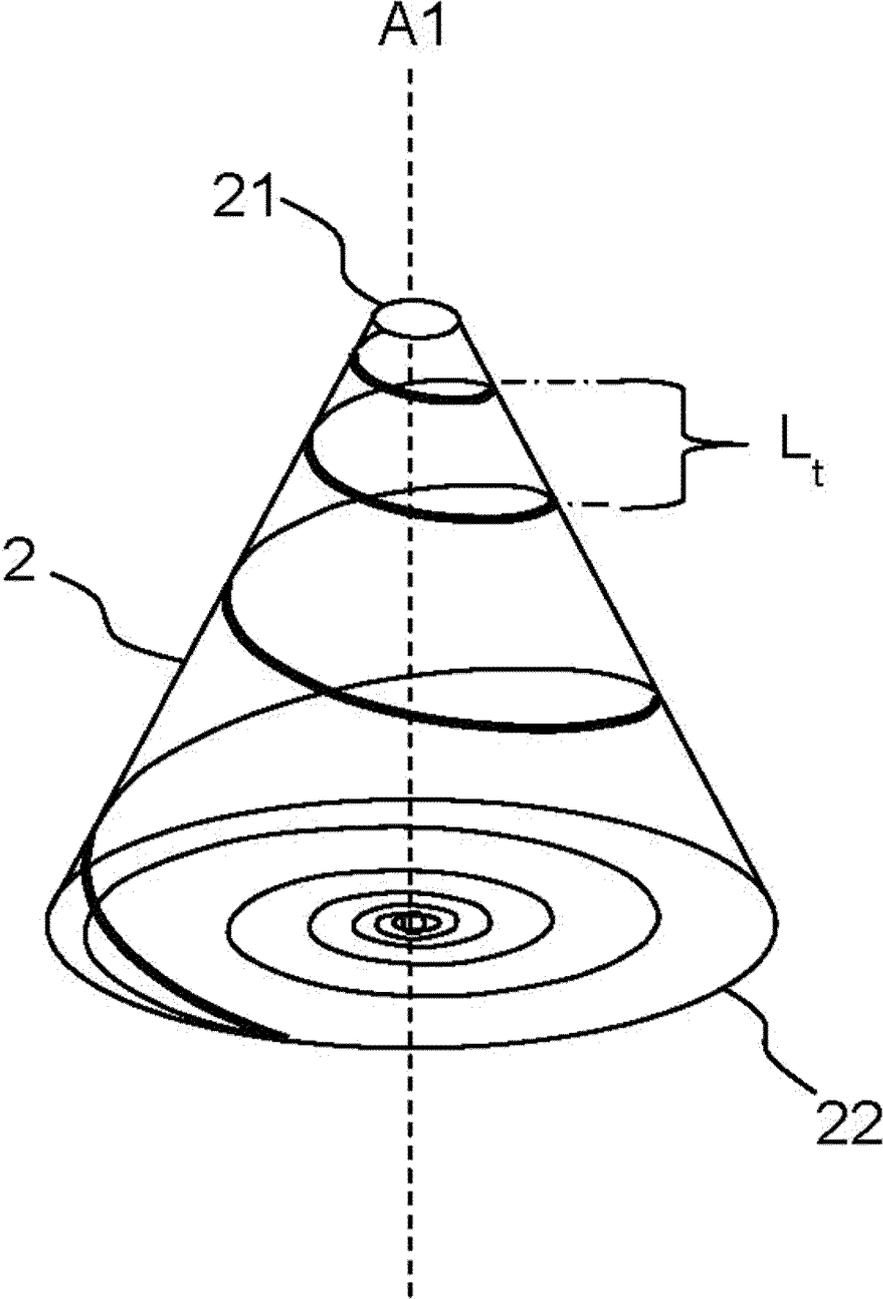
[Fig. 2]



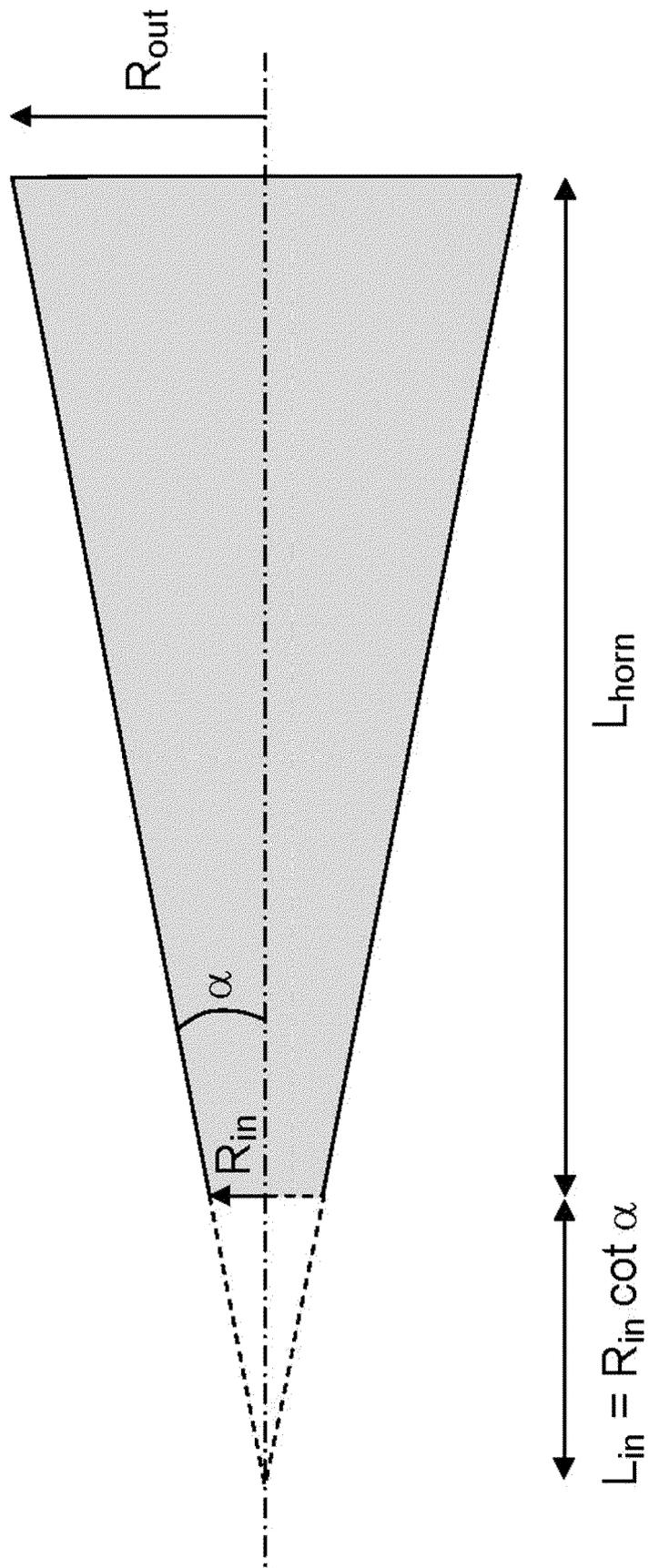
[Fig. 3]



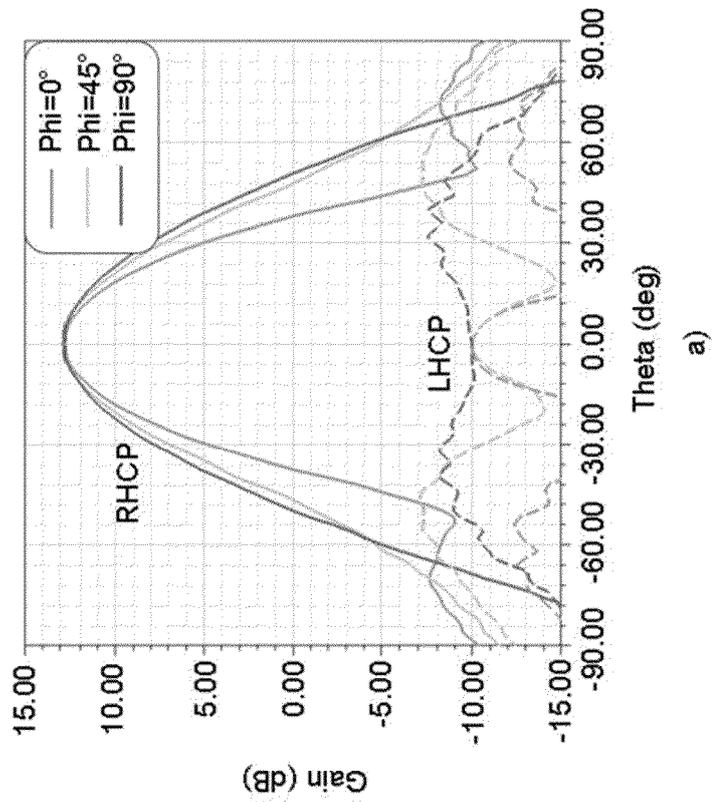
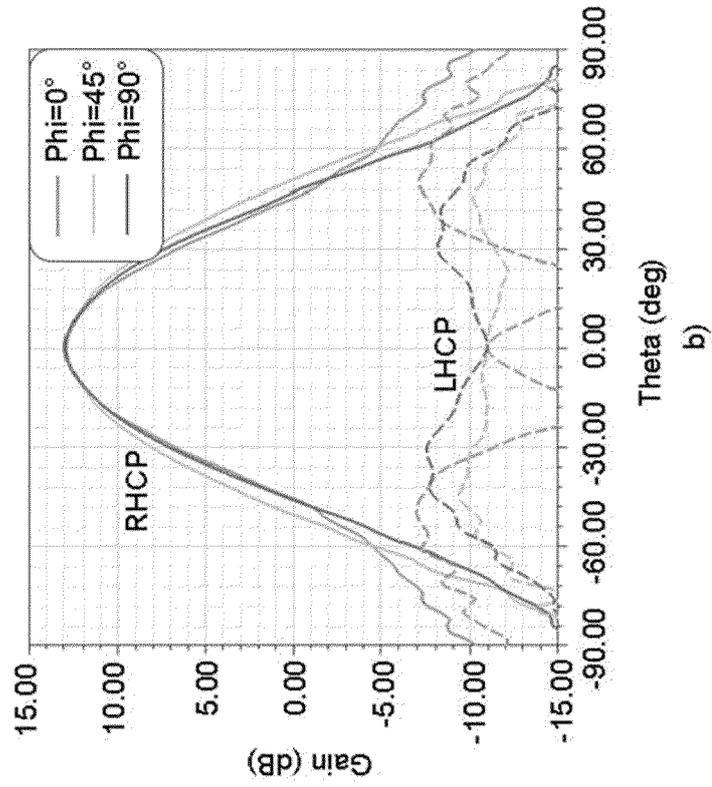
[Fig. 4]



[Fig. 5]

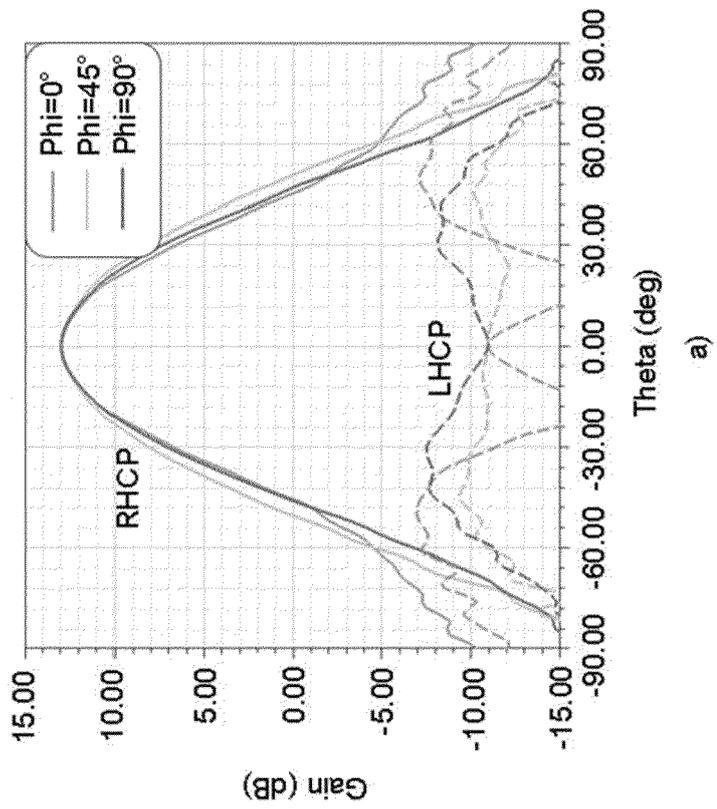
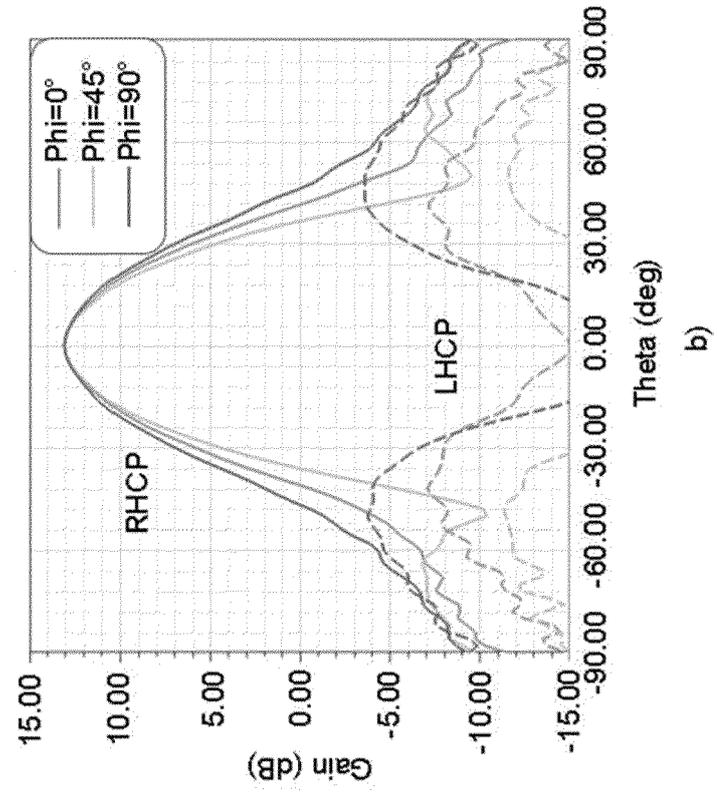


[Fig. 6]

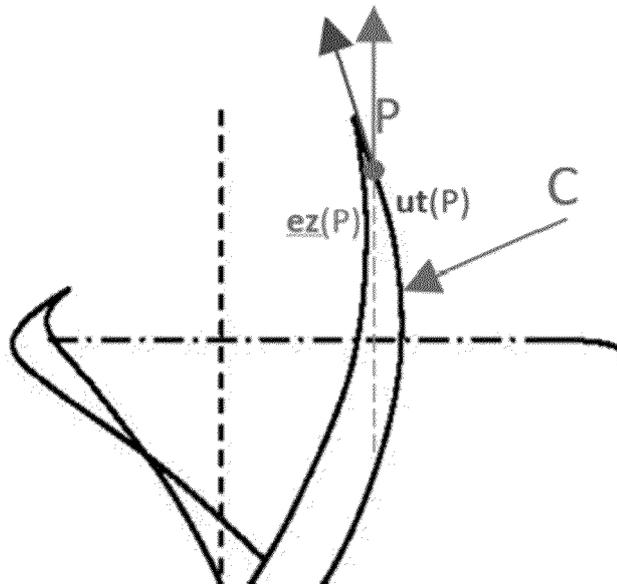


ART ANTERIEUR

[Fig. 7]



[Fig. 8]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 22 2598

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	FANG ZHENG ET AL: "Ultra-Wideband Circularly Polarized Back-Fed Horn Antenna with Twisting Ridges", 2022 INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROWAVE AND MILLIMETER WAVE TECHNOLOGY (ICMMT), IEEE, 12 août 2022 (2022-08-12), pages 1-3, XP034284125, DOI: 10.1109/ICMMT55580.2022.10023276 * abrégé; figure 1; tableau 1 * * page 1 - page 3 *	1-8	INV. H01Q13/02
A	LU KAI ET AL: "3-D-Printed Circularly Polarized Twisted-Ridge Horn Antenna", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE, USA, vol. 69, no. 3, 22 octobre 2020 (2020-10-22), pages 1746-1750, XP011842531, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2020.3031764 [extrait le 2021-03-02] * abrégé; figure 1; tableau 1 * * page 1746 - page 1750 *	1-8	
A,D	US 2021/184359 A1 (LEUNG KWOK WA [HK] ET AL) 17 juin 2021 (2021-06-17) * abrégé; figures 1A, 1B; tableau 1 * * alinéa [0055] - alinéa [0060] *	1-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	CN 115 051 164 A (UNIV ZHONGSHAN; GUANGDONG BROADRADIO COMMUNICATION TECH CO LTD) 13 septembre 2022 (2022-09-13) * abrégé; figure 1 *	1-8	H01Q
A	CN 115 117 632 A (CHENGDU XINMANG ELECTRONIC TECH CO LTD) 27 septembre 2022 (2022-09-27) * abrégé; figures 1-5 *	1-8	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 11 avril 2025	Examineur Vial, Antoine
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		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	

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

EP 24 22 2598

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.

11 - 04 - 2025

10

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2021184359 A1	17-06-2021	AUCUN	

CN 115051164 A	13-09-2022	AUCUN	

CN 115117632 A	27-09-2022	AUCUN	

15

20

25

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

- US 2021184359 A [0058]