



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
27.12.2017 Bulletin 2017/52

(21) Numéro de dépôt: **17174470.9**

(22) Date de dépôt: **06.06.2017**

(51) Int Cl.:
H01Q 1/28 (2006.01) **H01Q 1/38** (2006.01)
H01Q 7/00 (2006.01) **H01Q 11/14** (2006.01)
H01Q 5/364 (2015.01) **H01Q 5/42** (2015.01)
H01Q 21/20 (2006.01) **H01Q 21/24** (2006.01)
H01Q 21/29 (2006.01)

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

(30) Priorité: **23.06.2016 FR 1655839**

(71) Demandeur: **Parrot Drones**
75010 Paris (FR)

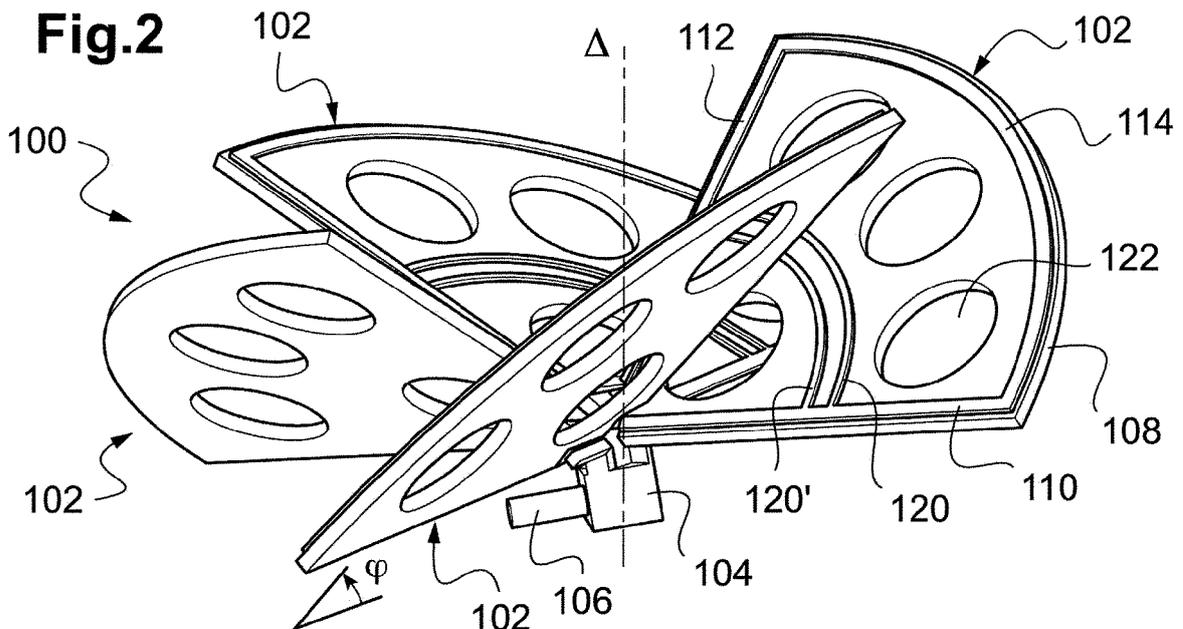
(72) Inventeur: **MAINGOT, Fabrice**
94100 Saint Maur des Fossés (FR)

(74) Mandataire: **Dupuis-Latour, Dominique et al**
Bardehle Pagenberg
10, boulevard Haussmann
75009 Paris (FR)

(54) **ANTENNE WIFI DE TYPE CLOVER-LEAF OU SKEW-PLANAR WHEEL POUR DRONE**

(57) Cette antenne (100) comprend une pluralité d'antennes élémentaires (102) avec des boucles planes non coplanaires s'étendant autour d'un axe principal dans des plans respectifs inclinés. Chaque antenne élémentaire (102) est formée par des pistes d'une structure imprimée sur un support de circuit (124) s'étendant suivant le plan incliné, avec deux boucles planes imbriquées accordées sur des fréquences comprises dans deux ban-

des de fréquences WiFi respectives distinctes. Avec un support de circuit (124) flexible, un logement d'antenne (26) du drone comprend une empreinte creuse conformée avec une pluralité de faces planes inclinées (28), homologues des plans inclinés des antennes élémentaires (102), contre lesquelles viennent en appui celles-ci après déformation du support flexible.



Description

[0001] L'invention concerne le pilotage à distance d'appareils motorisés, ci-après désignés généralement sous la dénomination de "drones", et plus précisément les antennes de radiocommunication utilisées par ces appareils pour leur pilotage à distance.

[0002] Il peut s'agir notamment de drones volants, à voilure tournante ou à voilure fixe. L'invention n'est toutefois pas limitée au pilotage et à l'échange de données avec des appareils volants, et elle peut s'appliquer aussi bien à des appareils roulants évoluant sur le sol sous le contrôle d'un opérateur distant, le terme de "drone" devant être entendu dans son acception la plus générale.

[0003] Des exemples typiques de drones volants sont le *Bebop* de Parrot SA, Paris, France, qui est un drone à voilure tournante de type quadricoptère, ou le *Disco*, également de Parrot SA, qui est un drone à voilure fixe de type aile volante. Un autre type de drone auquel peut s'appliquer l'invention est le *Jumping Sumo*, également de Parrot SA, qui est un jouet roulant et sauteur télécommandé.

[0004] Les demandes WO 2010/061099 A2, EP 2 364 757 A1, EP 2 450 862 A1 et EP 2 613 213 A1 (Parrot) décrivent le principe du pilotage d'un drone par l'intermédiaire d'un téléphone ou tablette multimedia à écran tactile et accéléromètres intégrés, par exemple un *smartphone* de type *iPhone* ou une tablette de type *iPad* de Apple Inc., exécutant un logiciel applicatif spécifique de télécommande tel que dans l'exemple ci-dessus l'application pour mobile *FreeFlight* de Parrot SA.

[0005] Ce téléphone ou cette tablette peut être éventuellement relayé par un équipement spécifique de télécommande tel que le *Skycontroller* de Parrot SA, qui est une console interfacée avec le téléphone ou la tablette, se présentant sous forme d'un boîtier muni de deux poignées avec des manches à balai et divers boutons destinés à permettre un pilotage ergonomique par l'utilisateur à la manière d'une console de télécommande dédiée. L'équipement comprend en outre un émetteur/récepteur faisant fonction de relai entre le téléphone, la tablette et le drone, l'émetteur étant doté d'un amplificateur permettant d'augmenter la puissance rayonnée sur le canal radio utilisé entre la télécommande et le drone. Ces aspects de la communication radio entre console et drone sont décrits notamment dans le EP 3 020 460 A1 (Parrot).

[0006] De façon générale, un équipement de télécommande de drone incorpore les divers organes de contrôle nécessaires à la détection des commandes de pilotage et à l'échange bidirectionnel de données via une liaison radio de type réseau local sans fil WiFi (IEEE 802.11) ou *Bluetooth* directement établie avec le drone. Cette liaison radio bidirectionnelle comprend une liaison descendante (du drone vers la télécommande) pour transmettre des trames de données contenant un flux vidéo issu d'une caméra embarquée par le drone et des données de vol ou indicateurs d'état du drone, ainsi qu'une liaison mon-

tante (de la télécommande vers le drone) pour transmettre les commandes de pilotage.

[0007] On comprendra que la qualité de la liaison radio entre la télécommande et le drone est un paramètre essentiel, en particulier pour assurer une portée satisfaisante. Les volumes de données transmis sont en effet importants, notamment du fait du besoin très élevé en débit vidéo de la liaison descendante, de sorte que toute dégradation de la qualité de la liaison radio aura un impact sur la qualité de la transmission et sur la portée radio, avec un risque de perte sporadique affectant les données et les commandes échangées.

[0008] Au niveau du drone, la liaison radio utilise une ou plusieurs antennes incorporées au drone qui, en réception, captent les signaux émis par l'équipement de télécommande et, en émission, rayonnent la puissance du circuit émetteur HF supportant la liaison descendante, notamment pour la transmission des signaux de flux vidéo et de données de vol.

[0009] L'invention concerne précisément ce type d'antenne qui est utilisée par le drone.

[0010] Actuellement, les drones utilisent généralement comme antenne WiFi des antennes de type dipôle, notamment formées de deux dipôles couplés à deux bornes d'antenne respectives de la puce radio WiFi.

[0011] Cette structure d'antenne à base de dipôles a cependant pour inconvénient un diagramme de rayonnement assez irrégulier, présentant notamment des creux de gain dans l'axe du dipôle.

[0012] De plus, les dipôles produisent par nature une polarisation linéaire, qui n'est pas optimale dans le cas où l'équipement de télécommande met en oeuvre des antennes de type *patch* qui par nature sont polarisées circulairement. Cette différence entre les polarisations introduit dans la liaison une perte de gain de quelques décibels, perte qui en outre varie selon l'orientation relative de la télécommande et du drone.

[0013] On connaît un autre type d'antenne, dénommée *clover-leaf* ou *skew-planar wheel*, souvent utilisée par les amateurs d'aéromodélisme pour la télécommande d'appareils motorisés volants.

[0014] Cette antenne se présente sous la forme de boucles multiples, généralement au nombre de trois (*clover-leaf*) ou quatre (*skew-planar wheel*) s'étendant dans des plans inclinés par rapport à l'axe principal de l'antenne et par rapport à un plan radial, et réparties circonférentiellement et symétriquement autour de cet axe et à distance de celui-ci. Les extrémités de chaque boucle sont couplées ensemble à un coaxial d'alimentation commun en un point central situé en partie inférieure de l'axe principal de l'antenne.

[0015] Il convient de distinguer ce type très particulier d'antenne de celles agencées à partir d'un réseau de boucles coplanaires disposé au-dessus d'un plan de masse, comme les antennes divulguées par exemple par les US 2012/056790 A1 ou US 2011/063180 A1, qui décrivent des antennes directives, inadaptées à l'établissement d'une liaison radio stable avec un drone en évo-

lution.

[0016] En effet, l'antenne *clover-leaf* ou *skew-planar wheel* présente la caractéristique très particulière de procurer un diagramme de rayonnement quasi-sphérique, particulièrement avantageux dans le cas de la télécommande d'un appareil volant, car l'orientation de ce dernier par rapport au pilote peut varier dans une très large mesure en fonction des évolutions de l'appareil (virages, etc.), encore plus en cas de vol acrobatique (vrilles, tonneaux, etc.).

[0017] Concrètement, es antennes *clover-leaf* ou *skew-planar wheel* sont généralement réalisées à partir de fils ou tubes de cuivre cintrés en boucle et soudés à la main, à leurs extrémités, à un support central permettant de maintenir l'orientation des différentes boucles entre elles et par rapport à l'axe principal de l'antenne.

[0018] Il s'agit toutefois de structures relativement fragiles et délicates à réaliser (du fait de la géométrie non-coplanaire des boucles), en tout état de cause incompatibles avec une production industrielle en grande série.

[0019] Pour cette raison, ce type d'antenne n'est pas utilisé dans les drones produits en série. Actuellement, ceux-ci mettent en oeuvre pour le WiFi des antennes de type dipôle, avec les divers inconvénients exposés plus haut qui font en sorte que ces antennes à base de réseaux de dipôles sont moins performantes que les antennes de type *clover-leaf* ou *skew-planar wheel*.

[0020] Un premier but de l'invention est de pallier les inconvénients de la structure filaire qui est celle des antennes de ce type particulier *clover-leaf* ou *skew-planar wheel* jusqu'à présent proposées, en proposant une telle antenne qui soit adaptée à une production industrielle en très grande série, minimisant les opérations manuelles de fabrication de l'antenne proprement dite et de montage de celle-ci dans le drone.

[0021] Un autre but de l'invention est de concevoir une telle structure d'antenne dont les dimensions réduites lui permettent de s'intégrer facilement dans l'épaisseur des ailes ou des bras d'un drone, sans élément saillant qui augmenterait la traînée du drone, et qui ne représente pas une masse significative susceptible d'alourdir inutilement le drone.

[0022] Il s'agit en particulier de disposer d'une structure d'antenne typiquement adaptée aux bandes de fréquences centimétriques telles que les bandes WiFi, qui puisse être employée en lieu et place des utilisés jusqu'à présent, afin de procurer un diagramme de rayonnement à la fois étendu et homogène dans un secteur très large de l'espace.

[0023] Pour résoudre les problèmes ci-dessus, l'invention propose une antenne à diagramme de rayonnement quasi-sphérique de type *clover-leaf* ou *skew-planar wheel* comprenant, de manière en elle-même connue : une pluralité d'antennes élémentaires avec des boucles planes non coplanaires s'étendant circonférentiellement et symétriquement autour d'un axe principal de l'antenne et à distance de cet axe, dans des plans respectifs inclinés par rapport à l'axe principal, ces plans inclinés for-

mant un angle par rapport à un plan radial ; et un module de couplage et d'adaptation des antennes élémentaires à un coaxial d'alimentation de l'antenne.

[0024] De façon caractéristique de l'invention, chaque antenne élémentaire est formée par des pistes d'une structure imprimée sur un support de circuit s'étendant suivant ledit plan incliné respectif ; et chaque antenne élémentaire comprend deux boucles planes imbriquées, accordées sur des fréquences comprises dans deux bandes de fréquences WiFi respectives distinctes.

[0025] Selon diverses caractéristiques subsidiaires avantageuses :

- l'antenne est dépourvue d'élément conducteur s'étendant suivant un plan radial et formant plan de masse ;
- la structure imprimée de chaque antenne élémentaire comprend : une première piste rectiligne et une seconde piste rectiligne qui s'étendent radialement en faisant un angle entre elles à partir d'une région centrale de l'antenne située au voisinage du module de couplage et d'adaptation ; et une première piste courbe et une seconde piste courbe qui s'étendent chacune circulairement entre la première piste rectiligne et la seconde piste rectiligne ;
- la première piste courbe est une piste courbe extérieure s'étendant entre des extrémités distales respectives de la première et de la seconde piste rectiligne, et la seconde piste courbe est une piste courbe intérieure s'étendant entre des régions médianes respectives de la première et de la seconde piste rectiligne. La première piste courbe forme alors avec la première et la seconde piste rectiligne une boucle accordée sur une fréquence située dans une première bande WiFi, tandis que la seconde piste courbe forme avec la première et la seconde piste rectiligne une boucle accordée sur une fréquence située dans une seconde bande WiFi différente de la première bande WiFi ;
- la seconde piste courbe est dédoublée en deux pistes s'étendant parallèlement entre elles et formant deux boucles respectivement accordées sur deux fréquences distinctes de la seconde bande WiFi ;
- le module de couplage et d'adaptation comprend deux bornes avec une première borne reliant les extrémités proximales des premières pistes rectilignes des antennes élémentaires respectives d'un côté du support, et une seconde borne reliant les extrémités proximales des secondes pistes rectilignes des antennes élémentaires respectives, après traversée du support à proximité desdites extrémités proximales ;
- l'angle par rapport à un plan radial desdits plans inclinés desdits plans inclinés dans lesquelles s'étendent les boucles non coplanaires est d'au moins 20° et d'au plus 45°, et il est de préférence compris entre 25° et 30° ;
- le support de circuit est ajouré dans une zone comprise entre la première et la seconde piste courbe

et/ou dans une zone comprise entre la seconde piste courbe et la région proximale de l'antenne élémentaire.

[0026] Dans un premier mode de réalisation, le support de circuit est un support de circuit rigide en matériau époxy.

[0027] Dans un second mode de réalisation, particulièrement avantageux, le support de circuit est un support de circuit flexible, notamment un support préentaillé avec une pluralité d'encoches séparatrices radiales rayonnant entre les antennes élémentaires à partir d'une région centrale de l'antenne. Les parties du support de circuit flexible situées entre les encoches séparatrices radiales peuvent alors être reliées chacune à la région centrale par un pont de matière formant charnière. L'antenne peut en outre comprendre une couche additionnelle de matériau époxy déposée en surface du support de circuit flexible du côté des pistes de la structure imprimée.

[0028] L'invention a également pour objet un drone, comprenant : un corps de drone à partir duquel s'étendent latéralement deux ailes ou au moins deux bras, au moins une antenne telle que ci-dessus, et au moins un logement d'antenne recevant ladite antenne.

[0029] Le drone comprend avantageusement deux antennes disposées symétriquement de part et d'autre du corps et incorporées dans l'épaisseur du corps ou des ailes du drone.

[0030] Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, lorsque le support de circuit des antennes élémentaires est un support de circuit flexible, le logement d'antenne comprend une empreinte creuse conformationnée comprenant une pluralité de faces planes inclinées, homologues des plans inclinés respectifs des antennes élémentaires, et contre lesquelles viennent en appui les antennes élémentaires après déformation du support de circuit flexible.

[0031] On va maintenant décrire un exemple de mise en oeuvre de la présente invention, en référence aux dessins annexés où les mêmes références désignent d'une figure à l'autre des éléments identiques ou fonctionnellement semblables.

La Figure 1 est une vue d'ensemble montrant un drone évoluant dans les airs sous le contrôle d'un équipement de télécommande distant.

La Figure 2 est une vue perspective d'une antenne selon un premier mode de réalisation de l'invention. Les Figures 3 et 4 illustrent, en perspective, le détail de la partie centrale de l'antenne de la Figure 2, vue respectivement de dessus et de dessous.

La Figure 5 est une vue en plan d'une antenne selon un second mode de réalisation de l'invention.

La Figure 6 illustre, en perspective vue de dessous, l'antenne de la Figure 5.

La Figure 7 illustre, en perspective vue de dessous, le détail de la partie centrale de l'antenne de la Figure 6.

La Figure 8 illustre la mise en place de l'antenne des Figures 5 à 7 dans un logement de drone comportant une empreinte creuse permettant de donner aux plans des antennes élémentaires leurs inclinaisons respectives par rapport à l'axe central de l'antenne. La Figure 9 est un diagramme montrant la variation du paramètre S_{11} décrivant le comportement radioélectrique de l'antenne de l'invention en fonction de la fréquence d'émission/réception.

[0032] On va maintenant décrire un exemple de réalisation de l'antenne de l'invention.

[0033] Sur la Figure 1, on a illustré un drone 10, par exemple un drone à voilure fixe tel que le *Disco* de Parrot SA.

[0034] Ce drone 10 comprend un fuselage 12 muni en partie arrière d'une hélice de propulsion 14 et latéralement de deux ailes 16, ces ailes pouvant éventuellement faire corps avec le fuselage 12 dans une configuration de type "aile volante". Une caméra frontale 18 permet d'obtenir une image de la scène vers laquelle progresse le drone.

[0035] Le drone 10 est piloté par un appareil de télécommande distant 20 pourvu d'un écran tactile 22 affichant l'image captée par la caméra 18 ainsi que diverses commandes de pilotage à disposition de l'utilisateur. L'appareil de télécommande 20 est pourvu de moyens de liaison radio avec le drone, par exemple du type réseau local WiFi (IEEE 802.11) pour l'échange bidirectionnel de données, du drone 10 vers l'appareil 20 notamment pour la transmission de l'image captée par la caméra 18, et de l'appareil 20 vers le drone 10 pour l'envoi de commandes de pilotage. Pour assurer la communication avec l'appareil de télécommande 20, le drone est muni d'un système d'antennes, typiquement deux antennes 24 disposées symétriquement à l'avant du drone de part et d'autre du fuselage 12, et couplées à deux entrées respectives de la puce radio WiFi. Les Figures 2 à 4 illustrent un exemple d'un premier mode de réalisation de l'antenne de l'invention, qui est une antenne particulièrement bien adaptée aux bandes de fréquences centimétriques telles que les bandes WiFi (2,40 GHz-2,4835 GHz et 5,15 GHz-5,85 GHz).

[0036] Cette application, si elle est particulièrement avantageuse car elle répond à des problèmes précis notamment dans le domaine des antennes pour drones, n'est toutefois pas limitative, et la configuration d'antenne de l'invention peut être utilisée dans d'autres domaines, pour d'autres applications et sur d'autres bandes de fréquences.

[0037] Sur les Figures 2 à 4, on a illustré l'antenne 100 de l'invention, qui est une antenne du type dénommé *clover-leaf* ou *skew-planar wheel*, qui comprend une pluralité d'antennes élémentaires 102, généralement au nombre de trois (*clover-leaf*) ou quatre (*skew-planar wheel*). Chaque antenne élémentaire 102 comprend une boucle plane s'étendant dans un plan respectif incliné par rapport à l'axe principal Δ de l'antenne, les différentes

boucles étant non coplanaires et réparties circonférentiellement et symétriquement autour de cet axe Δ . Dans l'exemple illustré, l'antenne 100 comprend quatre de ces antennes élémentaires 102, mais ce nombre n'est aucunement limitatif, une antenne selon l'invention pouvant comprendre un nombre inférieur, ou supérieur, de telles antennes élémentaires.

[0038] L'angle d'inclinaison φ est choisi et optimisé (par mesure ou simulation) en fonction du diagramme de rayonnement global que l'on souhaite obtenir pour l'antenne 100. Cet angle d'inclinaison φ est typiquement d'au moins 20° et au plus 45° ; il est généralement compris entre 25 et 30° , de préférence environ 27° .

[0039] Les boucles de chacune des antennes élémentaires 102 sont couplées ensemble à un module 104 commun de couplage et d'adaptation à un coaxial d'alimentation 106 reliant l'antenne 100 aux circuits émetteurs/récepteurs de la puce radio du drone.

[0040] De façon caractéristique, chaque antenne élémentaire 102 est réalisée par gravure d'une surface conductrice d'une carte de circuit imprimé (PCB), cette gravure formant un motif conducteur particulier définissant l'élément rayonnant de l'antenne élémentaire, en l'espèce deux boucles planes accordées sur des fréquences correspondant aux deux bandes de fréquences WiFi utilisées. Cette structure, qui peut être aisément produite en grande série de façon industrielle, est répétée quatre fois (pour chacune des quatre antennes élémentaires) avec le même motif, le tout étant monté sur un support commun permettant de donner à chacun des quatre PCBs, c'est-à-dire à chaque antenne élémentaire, un angle précis φ permettant d'obtenir les performances souhaitées.

[0041] Le support 108 du PCB sur lequel est gravé le motif conducteur est, dans ce premier mode de réalisation, un support rigide, par exemple en matériau époxy, découpé en forme de secteurs circulaires de 90° d'ouverture, de manière à donner à chaque antenne élémentaire une forme de quart de cercle.

[0042] Le motif conducteur gravé sur le PCB comprend une première piste rectiligne radiale 110 s'étendant le long de l'un des bords radiaux du secteur circulaire, une seconde piste rectiligne radiale 112 s'étendant le long du bord opposé du secteur circulaire, et une première piste curviligne périphérique s'étendant le long du bord circulaire du secteur circulaire.

[0043] Les trois pistes 110, 112, 114, forment une boucle, accordée sur la bande WiFi inférieure (2,40 GHz-2,4835 GHz), ce qui correspond à une longueur d'environ 35 mm pour le rayon du secteur circulaire constituant l'antenne élémentaire 102.

[0044] Les quatre antennes élémentaires 102 sont réalisées identiquement de manière à former quatre boucles distinctes non coplanaires. Les secondes pistes rectilignes 112 sont reliées ensemble (Figure 3) en 116 dans une région centrale de l'antenne à une première borne du coupleur 104, correspondant par exemple à l'âme du coaxial 106 d'alimentation. Les premières pistes rectili-

gnes 110 sont, quant à elles, reliées (Figure 4) à une seconde borne du coupleur 104, correspondant par exemple au conducteur extérieur du coaxial 106, via une traversée 118 formée au travers du support de PCB 108.

[0045] Chaque antenne élémentaire 102 comprend en outre une seconde piste curviligne 120, de forme circulaire, s'étendant entre la première piste rectiligne radiale 110 et la seconde piste rectiligne radiale 112 dans une région médiane du support 108.

[0046] Cette seconde piste curviligne 120 forme avec les première et seconde pistes rectilignes 110, 112 une seconde boucle de dimensions inférieures à la première boucle résonante, cette seconde boucle étant accordée sur la bande WiFi supérieure (5,15 GHz-5,85 GHz). La seconde piste curviligne peut être éventuellement dédoublée, comme illustré en 120, 120', afin de procurer une plus large bande passante dans la bande de fréquences considérée.

[0047] Pour réduire la masse de l'antenne, le support de PCB 108 peut comporter plusieurs évidements 122 dans les régions dépourvues de pistes conductrices, c'est-à-dire entre les pistes curvilignes 114 et 120 et/ou entre la piste curviligne 120 et la région située au voisinage de l'axe Δ .

[0048] Du point de vue du comportement radioélectrique, on dispose ainsi d'une antenne *clover-leaf* ou *skew-planar wheel* pouvant fonctionner simultanément dans les deux bandes de fréquences WiFi, avec une polarisation circulaire (polarisation circulaire droite RHCP) particulièrement bien adaptée au pilotage depuis un équipement de télécommande mettant en oeuvre des antennes de type *patch* qui par nature sont polarisées circulairement, en minimisant les pertes de gain par rapport à une antenne dipôle conventionnelle, et avec un gain sensiblement constant quelle que soit l'orientation relative de la télécommande et du drone.

[0049] Le diagramme de rayonnement d'une antenne telle que celle que l'on vient de décrire est un diagramme quasi-sphérique, permettant au drone de communiquer avec l'appareil de télécommande quelle que soit l'orientation relative de la télécommande et du drone, ce qui est en particulier indispensable en vol acrobatique, où à un instant donné le drone peut prendre quelle orientation par rapport au sol et donc par rapport à la télécommande.

[0050] Les Figures 5 à 8 illustrent un second mode de réalisation de l'antenne de l'invention, également adapté à une communication dans les deux bandes de fréquences WiFi.

[0051] Sur ces Figures 5 à 8, les mêmes références numériques que celles apparaissant sur les Figures 2 à 4 sont utilisées pour désigner des éléments fonctionnellement semblables, déjà décrits, et qui ne seront pas repris. Dans ce second mode de réalisation, la structure inclinée du motif conducteur définissant les boucles est formée sur un support flexible 124 de type "flex PCB", typiquement en polyimide.

[0052] Ce support flexible 124 est en forme approximative de disque circulaire dans lequel ont été ménagées

des encoches radiales 126 délimitant quatre secteurs circulaires de 90° d'ouverture (quart de cercle) qui définissent et individualisent les quatre antennes élémentaires 102.

[0053] Au voisinage de la région centrale de l'antenne, les quatre secteurs circulaires sont rattachés à la partie centrale 130 par d'étroits ponts de matière 132 (voir notamment Figure 7) faisant fonction de charnières grâce à la flexibilité du matériau constituant le support 124. Cette flexibilité peut être éventuellement accrue en prévoyant à proximité de la partie centrale 130 des évidements additionnels 128 permettant d'augmenter la déformabilité de chaque secteur circulaire dans cette région.

[0054] Le module 104 de couplage et d'adaptation au coaxial 106 est soudé sur la face inférieure (Figures 6 et 7) du support 124, dans la partie centrale de celui-ci et il est électriquement relié aux pistes conductrices formant les deux boucles résonantes imbriquées.

[0055] Avantageusement, une couche de matériau à forte permittivité est collée sur la face rayonnante de chaque antenne élémentaire (face supérieure avec les conventions des figures) de manière à recalculer les fréquences de résonance des boucles sur les bandes de fréquences WiFi visées, ce qui permet de réduire les dimensions hors-tout de l'antenne par rapport à une configuration où les éléments rayonnants seraient dépourvus d'une telle couche de matériau à forte permittivité.

[0056] On peut utiliser à cet effet une couche de matériau FR-4, qui est un composite de résine époxy qui peut être aisément stratifié en surface du support PCB flexible 124.

[0057] La Figure 8 illustre la manière dont l'antenne des Figures 5 et 6 peut être intégrée dans le drone.

[0058] Le drone comporte à cet effet un logement d'antenne 26 ménagé dans le fuselage 12 (ou dans les ailes 16, dans une région voisine de l'implantation). Ce logement 26 comporte une empreinte en relief avec des faces planes inclinées 28 non coplanaires, homologues des plans respectifs d'inclinaison dans lesquels s'étendent les boucles des différentes antennes élémentaires de l'antenne *clover-leaf* ou *skew-planar wheel*.

[0059] Lors de l'insertion de l'antenne 100 dans son logement 26, les secteurs circulaires de chaque antenne élémentaire 102 vont se déformer dans la région centrale du fait de la flexibilité des ponts de matière 132 (Figure 7), de sorte que par simple insertion les antennes élémentaires 102 prendront chacune l'orientation voulue, caractéristique de l'antenne *clover-leaf* ou *skew-planar wheel*, du simple fait de la venue en appui du circuit flexible 124 contre la face plane inclinée 28 qui lui correspond, après déformation du support 124 dans la région centrale de l'antenne.

[0060] La Figure 9 est un diagramme montrant la variation du paramètre S_{11} décrivant le comportement électrique de l'antenne des Figures 5 à 8, en fonction de la fréquence d'émission/réception.

[0061] Sur cette figure, la caractéristique A illustre la

résonance de l'antenne (antenne *clover-leaf* ou *skew-planar wheel* formée des quatre antennes élémentaires 102 dans leur plans inclinés respectifs), dans une configuration ne comportant que les seules pistes conductrices gravées sur le support PCB flexible 124. La caractéristique B illustre la résonance de cette même antenne, dans une configuration comportant un revêtement en matière plastique conventionnelle, et la caractéristique C une configuration avec un revêtement en matériau à forte permittivité tel que le FR-4.

[0062] Comme on peut le constater, le décalage de la fréquence de résonance procuré par la couche de FR-4 permet, avec une dimension d'antenne plus réduite, de décaler la fréquence de résonance en la ramenant vers la bande WiFi visée, aussi bien pour la bande basse (2,40 GHz-2,4835 GHz) que pour la bande haute (5,15 GHz-5,85 GHz).

20 Revendications

1. Une antenne (100) à diagramme de rayonnement quasi-sphérique, cette antenne étant une antenne de type *clover-leaf* ou *skew-planar wheel*, comportant :

- une pluralité d'antennes élémentaires (102) avec des boucles planes non coplanaires s'étendant circumférentiellement et symétriquement autour d'un axe principal (Δ) de l'antenne et à distance de cet axe, dans des plans respectifs inclinés par rapport à l'axe principal, ces plans inclinés formant un angle par rapport à un plan radial ; et

- un module (104) de couplage et d'adaptation des antennes élémentaires à un coaxial (106) d'alimentation de l'antenne,

caractérisée en ce que :

- chaque antenne élémentaire (102) est formée par des pistes (110, 112, 114, 120) d'une structure imprimée sur un support de circuit (108 ; 124) s'étendant suivant ledit plan incliné respectif ; et

- chaque antenne élémentaire (102) comprend deux boucles planes imbriquées (110, 112, 114 ; 110, 112, 120), accordées sur des fréquences comprises dans deux bandes de fréquences WiFi respectives distinctes.

2. L'antenne de la revendication 1, dans laquelle l'antenne est dépourvue d'élément conducteur s'étendant suivant un plan radial et formant plan de masse.

3. L'antenne de la revendication 1, dans laquelle la structure imprimée de chaque antenne élémentaire comprend :

- une première piste rectiligne (110) et une seconde piste rectiligne (112) qui s'étendent radialement en faisant un angle entre elles à partir d'une région centrale de l'antenne située au voisinage du module de couplage et d'adaptation ; et
- une première piste courbe (114) et une seconde piste courbe (120) qui s'étendent chacune circulairement entre la première piste rectiligne et la seconde piste rectiligne.
4. L'antenne de la revendication 3, dans laquelle :
- la première piste courbe (114) est une piste courbe extérieure s'étendant entre des extrémités distales respectives de la première et de la seconde piste rectiligne (110, 112), et la seconde piste courbe (120) est une piste courbe intérieure s'étendant entre des régions médianes respectives de la première et de la seconde piste rectiligne ; et
- la première piste courbe (114) forme avec la première et la seconde piste rectiligne (110, 112) une boucle accordée sur une fréquence située dans une première bande WiFi, et la seconde piste courbe (120) forme avec la première et la seconde piste rectiligne (110, 112) une boucle accordée sur une fréquence située dans une seconde bande WiFi différente de la première bande WiFi.
5. L'antenne de la revendication 4, dans laquelle la seconde piste courbe (120) est dédoublée en deux pistes (120, 120') s'étendant parallèlement entre elles et formant deux boucles respectivement accordées sur deux fréquences distinctes de la seconde bande WiFi.
6. L'antenne de la revendication 3, dans laquelle le module (104) de couplage et d'adaptation comprend deux bornes avec :
- une première borne (116) reliant les extrémités proximales des premières pistes rectilignes (110) des antennes élémentaires respectives d'un côté du support ; et
- une seconde borne (118) reliant les extrémités proximales des secondes pistes rectilignes (112) des antennes élémentaires respectives, après traversée du support à proximité desdites extrémités proximales.
7. L'antenne de la revendication 1, dans laquelle l'angle (φ) par rapport à un plan radial desdits plans inclinés dans lesquelles s'étendent les boucles non coplanaires est d'au moins 20°.
8. L'antenne de la revendication 1, dans laquelle l'angle (φ) par rapport à un plan radial desdits plans inclinés dans lesquelles s'étendent les boucles non coplanaires est d'au plus 45°.
9. L'antenne de la revendication 1, dans laquelle l'angle (φ) par rapport à un plan radial desdits plans inclinés dans lesquelles s'étendent les boucles non coplanaires est compris entre 25° et 30°.
10. L'antenne de la revendication 1, dans laquelle le support de circuit (108) est un support de circuit rigide en matériau époxy.
11. L'antenne de la revendication 1, dans laquelle le support de circuit est ajouré (122) dans une zone comprise entre la première et la seconde piste courbe et/ou dans une zone comprise entre la seconde piste courbe et la région proximale de l'antenne élémentaire.
12. L'antenne de la revendication 1, dans laquelle le support de circuit (124) est un support de circuit flexible.
13. L'antenne de la revendication 12, dans laquelle le support de circuit flexible est un support préentaillé avec une pluralité d'encoches séparatrices radiales (126) rayonnant entre les antennes élémentaires (102) à partir d'une région centrale (130) de l'antenne.
14. L'antenne de la revendication 13, dans laquelle les parties du support de circuit flexible situées entre les encoches séparatrices radiales sont reliées chacune à la région centrale (130) par un pont de matière (132) formant charnière.
15. L'antenne de la revendication 12, comprenant une couche additionnelle de matériau époxy déposée en surface du support de circuit flexible du côté des pistes de la structure imprimée.
16. Un drone, comprenant :
- un corps de drone (12) à partir duquel s'étendent latéralement deux ailes (16) ou au moins deux bras ;
- au moins une antenne (100) selon l'une de revendications 1 à 15 ; et
- au moins un logement d'antenne (26), recevant ladite antenne.
17. Le drone de la revendication 16, comprenant deux antennes disposées symétriquement de part et d'autre du corps (12) et incorporées dans l'épaisseur du corps ou des ailes du drone.
18. Le drone de la revendication 16, dans lequel, le support de circuit (124) des antennes élémentaires étant

un support de circuit flexible, le logement d'antenne (26) comprend une empreinte creuse conformée comprenant une pluralité de faces planes inclinées (28), homologues des plans inclinés respectifs des antennes élémentaires (102), et contre lesquelles viennent en appui les antennes élémentaires après déformation du support de circuit flexible (124).

5

10

15

20

25

30

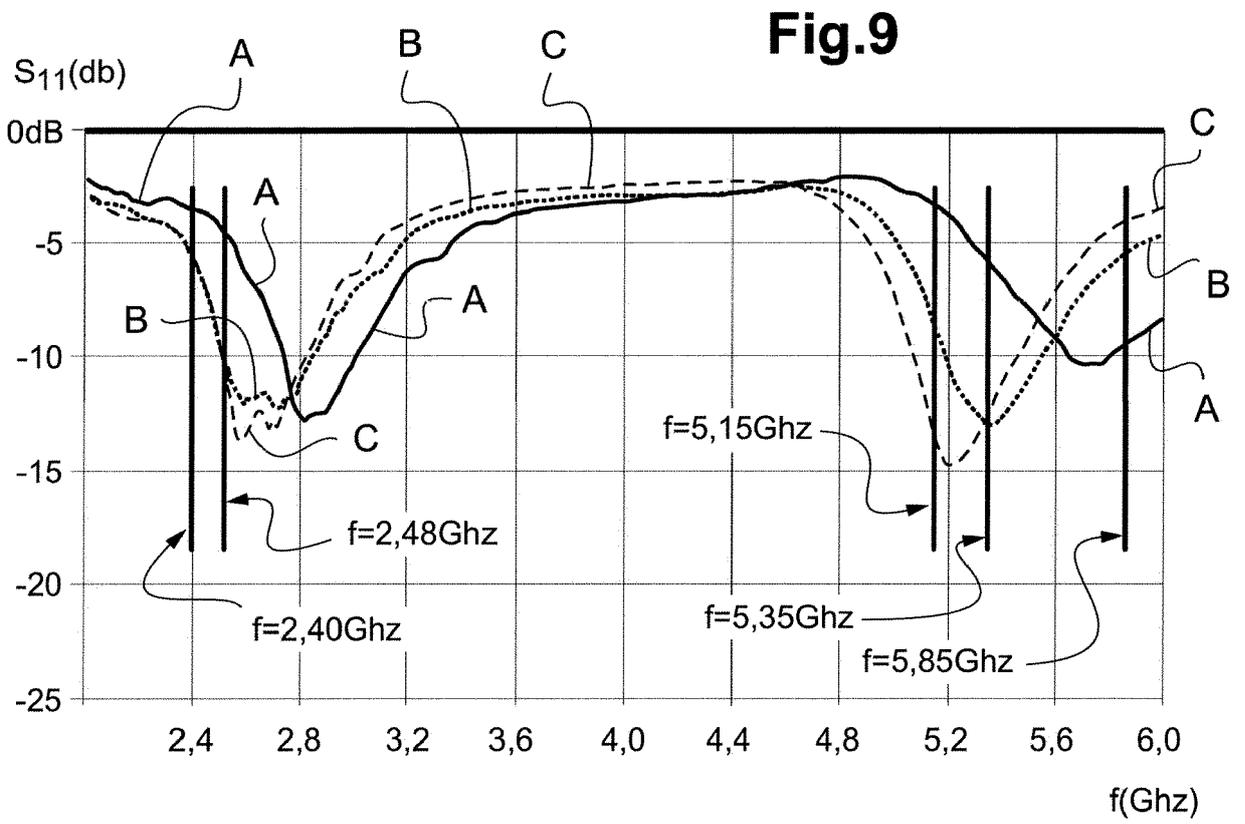
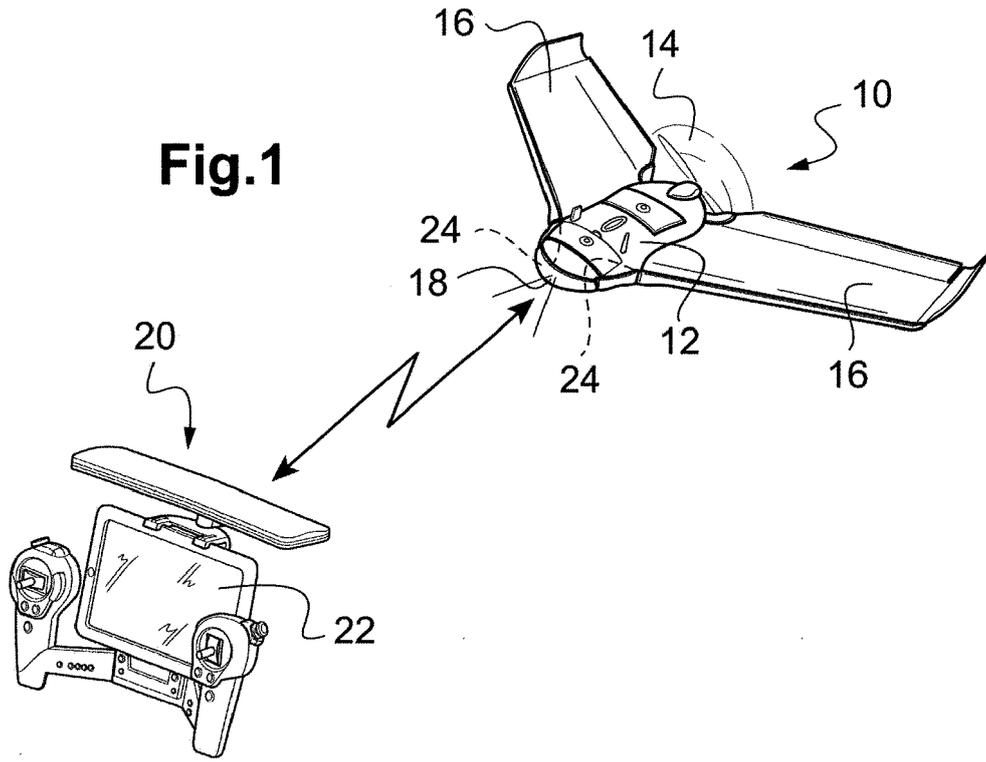
35

40

45

50

55



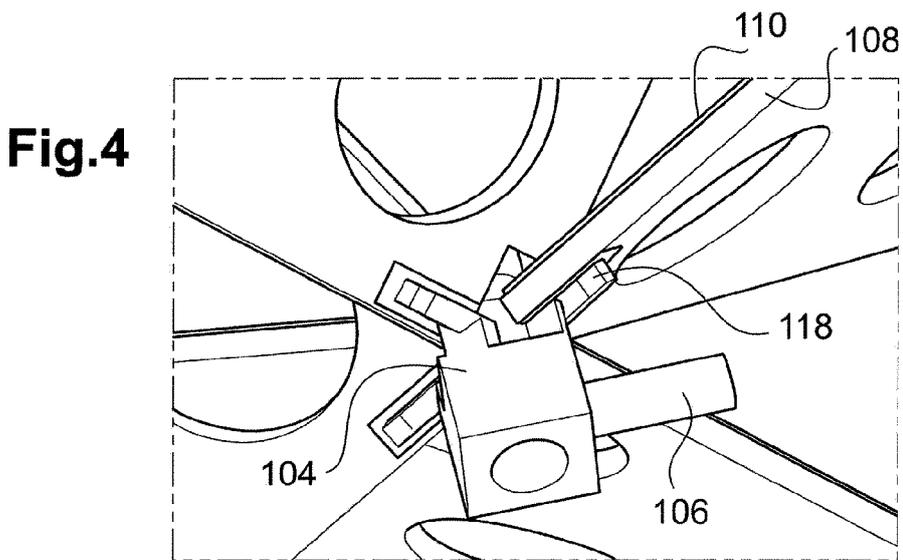
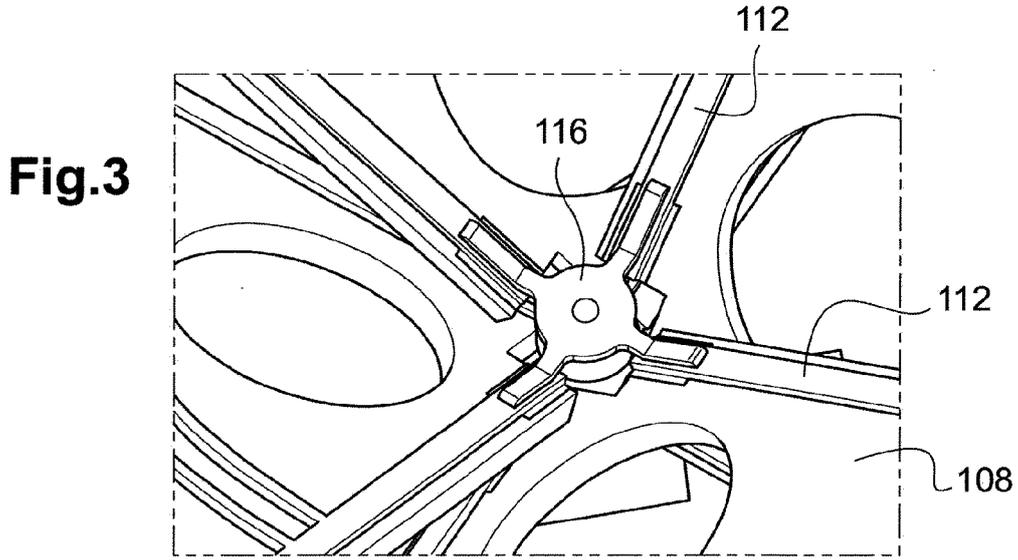
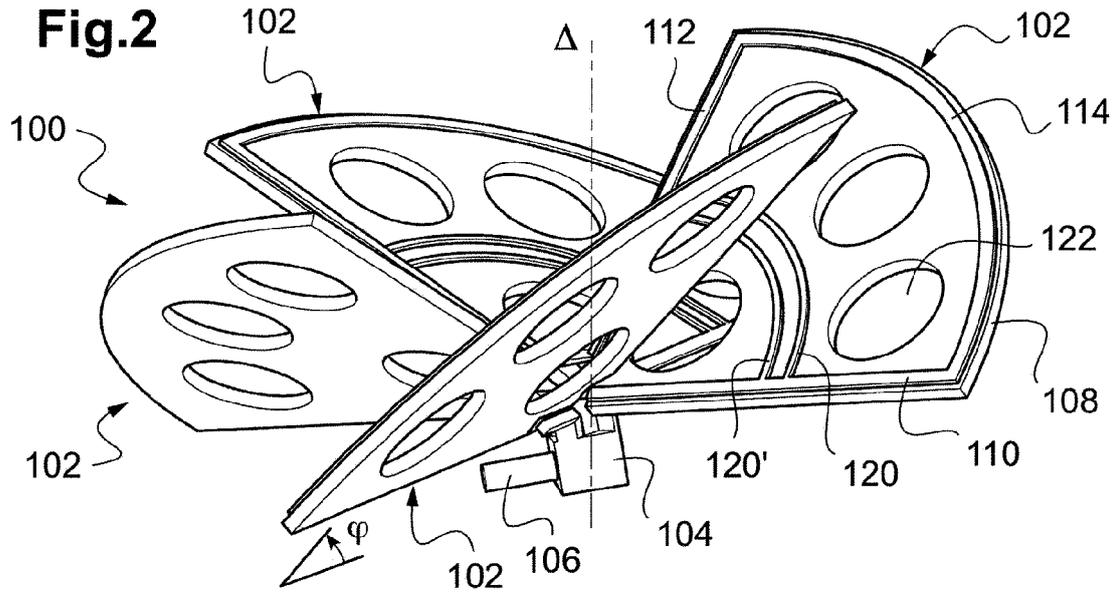


Fig.5

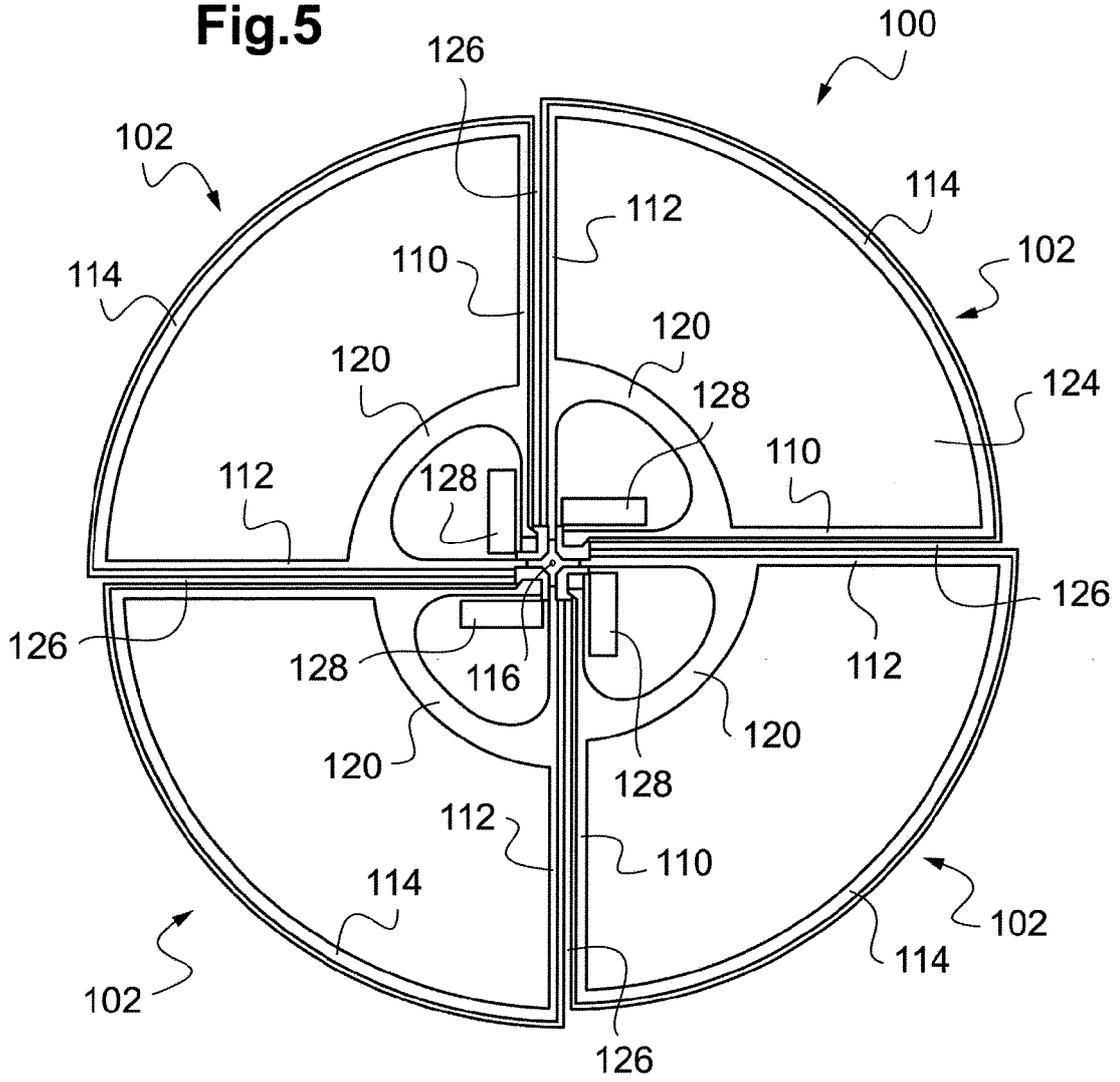


Fig.6

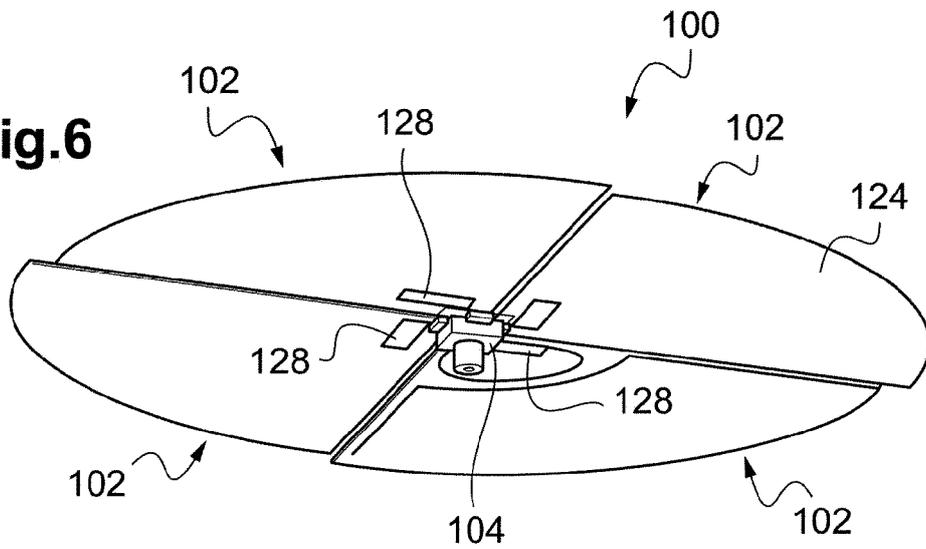


Fig.7

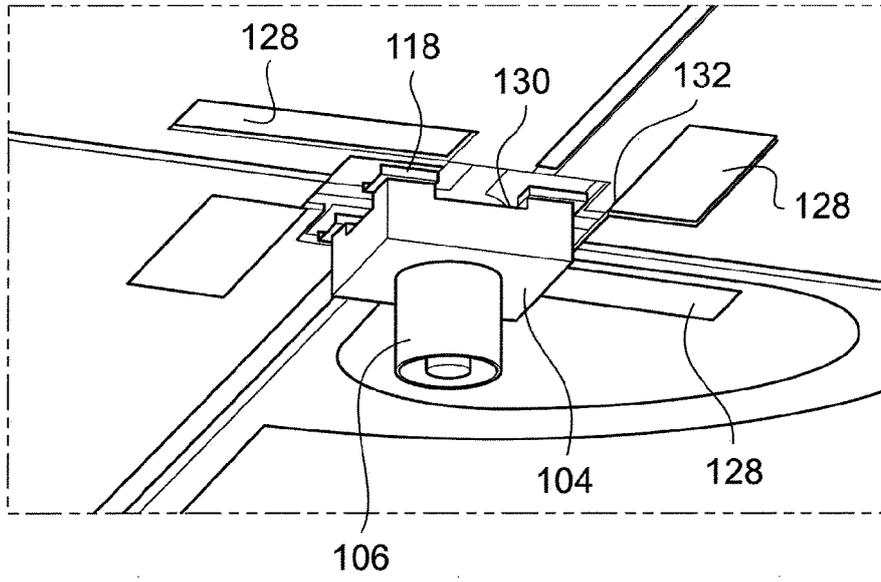
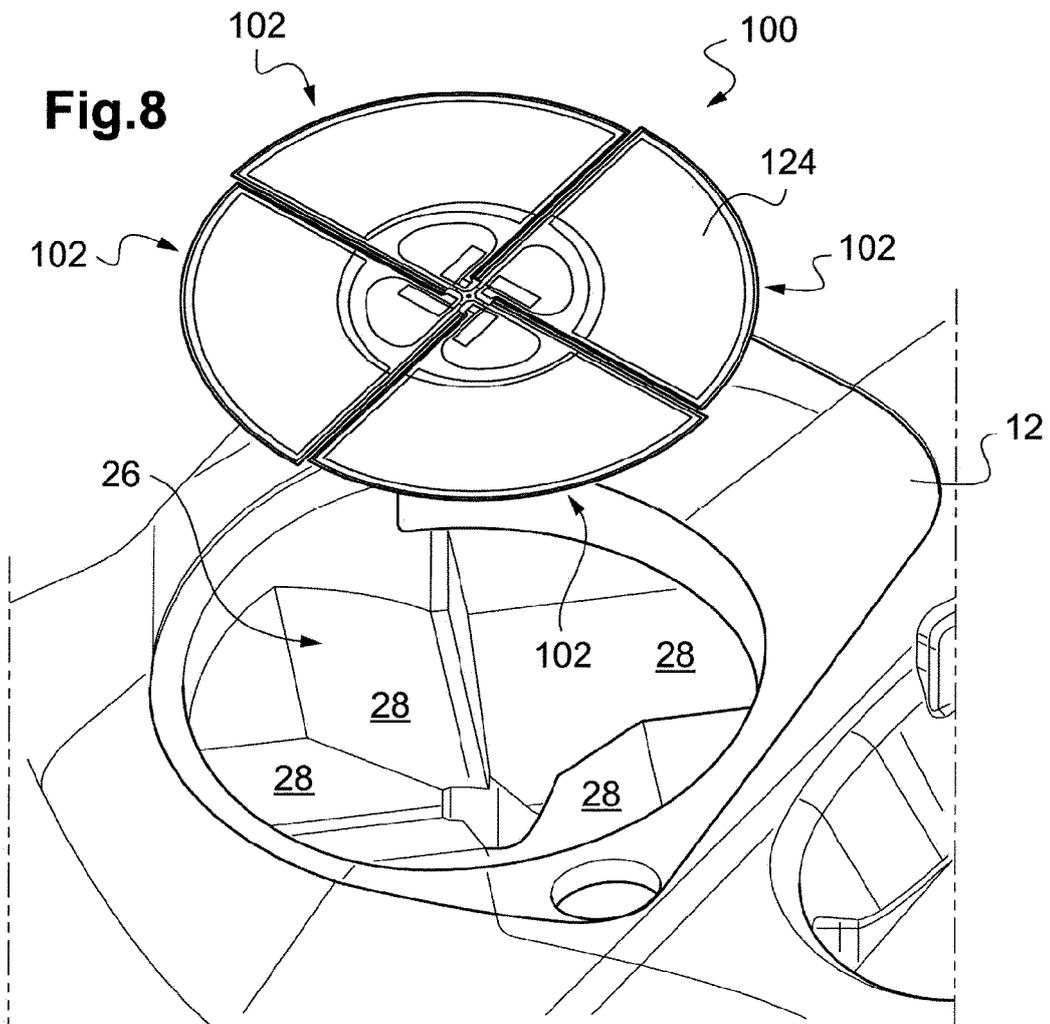


Fig.8





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 17 17 4470

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| 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 | US 2012/056790 A1 (LEE CHENG-TSE [TW] ET AL) 8 mars 2012 (2012-03-08) * abrégé * * figures 1-3, 5 * * alinéa [0029] - alinéa [0034] * * alinéa [0039] * | 1-18 | INV. H01Q1/28 H01Q1/38 H01Q7/00 H01Q11/14 H01Q5/364 H01Q5/42 |
| A | US 2011/063180 A1 (SU SAOU-WEN [TW]) 17 mars 2011 (2011-03-17) * abrégé * * figures 1A, 1B, 2, 8A * * alinéa [0038] - alinéa [0042] * * alinéa [0055] * | 1-18 | H01Q21/20 H01Q21/24 H01Q21/29 |
| A | Anonymous: "The Cloverleaf FPV Antenna - RCExplorer", 28 août 2011 (2011-08-28), XP055420093, Extrait de l'Internet: URL:https://rcexplorer.se/projects/2011/08/the-cloverleaf-fpv-antenna/ [extrait le 2017-10-30] * le document en entier * | 1-18 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01Q |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications | | | |
| Lieu de la recherche La Haye | | Date d'achèvement de la recherche 31 octobre 2017 | Examineur Yvonnet, Yannick |
| 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 | |

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

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

EP 17 17 4470

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.

31-10-2017

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|--------------------------|
| US 2012056790 A1 | 08-03-2012 | CN 102386482 A US 2012056790 A1 | 21-03-2012 08-03-2012 |
| US 2011063180 A1 | 17-03-2011 | CN 102025027 A US 2011063180 A1 | 20-04-2011 17-03-2011 |

EPO FORM P0460

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

EP 3 261 175 A1

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

- WO 2010061099 A2 [0004]
- EP 2364757 A1 [0004]
- EP 2450862 A1 [0004]
- EP 2613213 A1 [0004]
- EP 3020460 A1 [0005]
- US 2012056790 A1 [0015]
- US 2011063180 A1 [0015]