

12

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01Q 21/29**, H01Q 21/24,  
H01Q 9/40

②② Date de dépôt : 05.06.92

72 Inventeur : **Piolé, Philippe**  
**51, Square rue Marcel Lebouc**  
**F-35700 Rennes (FR)**

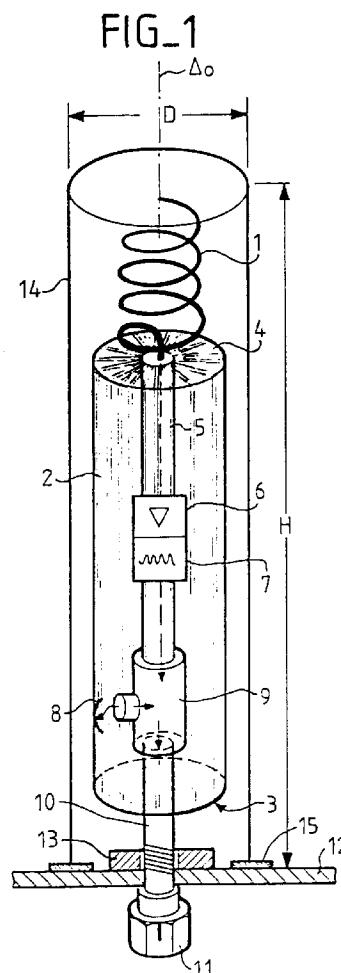
74 Mandataire : Rodhain, Claude et al  
Cabinet Claude Rodhain 30, rue la Boétie  
F-75008 Paris (FR)

⑦1 Demandeur : FRANCE TELECOM  
38-40, rue du Général Leclerc  
F-92131 ISSY LES MOULINEAUX (FR)

71 Demandeur : **TELEDIFFUSION DE FRANCE**  
21-27, rue Barbès  
F-92542 Montrouge (FR)

(57) Cette antenne comprend :

- au-dessus d'un contrepoids radioélectrique (12), une antenne à jupe quart d'onde comportant un tube (2) fermé en partie supérieure et un coaxial d'alimentation (10) disposé à l'intérieur du tube, le diagramme de rayonnement de cette antenne étant omnidirectionnel et à faible angle de site, pour une réception de signaux émis par des stations terrestres,
- au-dessus de l'antenne à jupe, une antenne hélicoïdale (1), la surface (4) fermant la partie supérieure du tube de l'antenne à jupe constituant pour l'antenne hélicoïdale un plan réflecteur privilégiant un mode de rayonnement hybride abaissant le lobe de réception du diagramme vers un angle de site propice à une réception de signaux émis par satellite, et
- des moyens de couplage (9), pour combiner les signaux reçus par chacune des deux antennes.



L'invention concerne une antenne pour la réception de signaux émis simultanément par voie terrestre et par satellite.

Elle s'applique tout particulièrement à la réception des signaux de radiodiffusion sonore numérique ou DAB (*Digital Audio Broad-casting*) quoique, bien entendu, elle ne soit pas limitée à cette application et puisse être utilisée pour la réception d'autres types de signaux (radiodiffusion numérique d'informations autres que des programmes sonores, radiotéléphonie, etc.), ou même, par application du principe de réciprocité, pour l'émission de signaux radio.

La diffusion d'un son de haute qualité constitue cependant une application particulièrement critique sur le plan des performances et de la qualité que l'utilisateur est en droit d'exiger, notamment dans le cas d'une réception à bord de véhicules se déplaçant en milieu urbain, et l'on verra que, de par ses diverses caractéristiques, l'antenne de l'invention est particulièrement bien adaptée à un tel usage.

Pour pallier la présence des obstacles naturels venant occulter la réception, notamment en milieu urbain, on est en effet amené à prévoir, pour un même programme, une diffusion simultanée à la fois par un satellite et par une pluralité de stations terrestres.

Or, les conditions de réception des signaux émis selon ces deux modes sont tout à fait différentes, tant en ce qui concerne le diagramme de rayonnement nécessaire, que la largeur de bande et le type de polarisation.

Plus précisément, dans le cas des signaux émis par les stations terrestres, il est nécessaire de disposer d'un diagramme de rayonnement présentant un gain maximal (direction du lobe principal) pour à un angle de site faible, de l'ordre de 5 à 20°, avec une large bande passante et sous une polarisation verticale, tandis que, dans le cas des signaux émis par le satellite, l'angle de site doit être beaucoup plus élevé (de l'ordre de 60°, typiquement), et la polarisation correspondante doit être une polarisation circulaire ; dans l'un et l'autre cas, le diagramme doit être omnidirectionnel en azimut.

L'un des buts de la présente invention est de proposer une antenne mixte, permettant la réception simultanée de ces deux types de signaux malgré leurs conditions de réception très différentes, et qui soit de construction simple et compacte, notamment pour permettre son montage sur le toit d'un véhicule, et qui présente des performances radioélectriques élevées.

Le point de départ de l'invention est une antenne du type dit « à jupe quart d'onde », c'est-à-dire une antenne, à disposer au-dessus d'un contrepoids radioélectrique, comportant un tube cylindrique vertical fermé en partie supérieure et un coaxial d'alimentation disposé à l'intérieur du tube, le diagramme de rayonnement de cette antenne à jupe étant un diagramme essentiellement omnidirectionnel à faible an-

gle de site.

Une telle antenne est par exemple décrite dans le US-A-2 531 476. Compte tenu de son diagramme à faible angle de site, une telle antenne, qui est d'ailleurs prévue pour des radiocommunications mobiles terrestres en polarisation verticale, ne permet pas de recevoir des signaux en provenance de satellites.

L'idée de base de l'invention est d'associer à une telle antenne à jupe une antenne du type dit « spirale », par exemple décrite dans le DE-B-1 056 673. Mais, prise en tant que telle, cette antenne ne permet la réception que dans un seul mode, le mode axial.

L'invention propose donc, notamment pour la réception de signaux de radiodiffusion sonore numérique, de combiner l'antenne à jupe (du type décrit par le US-A-2 531 476 précité), qui est propice à une réception de signaux émis par des stations terrestres, avec: une antenne hélicoïdale, disposée verticalement au-dessus de l'antenne à jupe et coaxialement par rapport à celle-ci, la surface fermant la partie supérieure du tube de l'antenne à jupe constituant pour l'antenne hélicoïdale un plan réflecteur permettant de privilégier un mode de rayonnement hybride propre de cette dernière, partiellement axial et partiellement radial, en abaissant le lobe de réception du diagramme de rayonnement vers un angle de site propice à une réception de signaux émis par des satellites ; et avec des moyens de couplage, pour combiner les signaux reçus par chacune des deux antennes et les diriger vers une ligne coaxiale commune.

Il peut en outre être avantageusement prévu des moyens préamplificateurs, disposés entre la sortie de l'antenne hélicoïdale et l'entrée des moyens de couplage, et des moyens formant filtre multi-pôles à inversion de phase sur bande étroite, disposés entre la sortie des moyens préamplificateurs et l'entrée des moyens de couplage.

De préférence, la hauteur de l'ensemble jupe-hélice au-dessus dudit contrepoids radioélectrique est réglable.

De préférence également, la ligne coaxiale est formée d'un conducteur rigide ou semi-rigide, l'ensemble formé par la jupe, la spirale, les moyens de couplage et la ligne coaxiale étant un ensemble autoporteur soutenu par ledit conducteur au-dessus dudit contrepoids radioélectrique, et cet ensemble autopporteur est entouré par un radôme se raccordant, en partie inférieure, audit contrepoids radioélectrique avec interposition de moyens d'étanchéité.

On va maintenant décrire un exemple de réalisation de l'invention, en référence aux dessins annexés.

La figure 1 est une vue schématique, en perspective cavalière, de l'antenne de l'invention.

Les figures 2 et 3 illustrent la manière dont est modifié le diagramme propre de l'antenne hélicoïdale, destinée à la réception du signal émis par le satellite.

La figure 4 illustre le diagramme propre de l'antenne à jupe, destinée à la réception du signal émis

par les stations terrestres.

La figure 5 illustre le diagramme global de l'antenne.

Sur la figure 1, la référence 1 désigne une antenne hélicoïdale, constituée d'un fil conducteur spiralé, que l'on combine à une antenne à jupe 2 constituée, quant à elle, d'un tube cylindrique conducteur, ouvert en partie inférieure 3 et fermé en partie supérieure 4 par un disque plan venant court-circuiter le tube cylindrique en cet endroit.

L'ensemble jupe-hélice est supporté par un câble coaxial semi-rigide 5, autoporteur, sur lequel est inséré un amplificateur 6 et un filtre déphaseur 7. L'amplificateur 6 et le filtre 7 agissent sur le signal capté par l'antenne hélicoïdale 1, tandis que le signal reçu par l'antenne à jupe 2 est capté en un point d'attaque 8 pour être combiné dans un coupleur 9 au signal reçu par l'antenne hélicoïdale, préalablement amplifié et filtré. La sortie du coupleur est appliquée à une section de coaxial 10 débouchant sur une prise 11 destinée à être raccordée au récepteur. L'ensemble est par exemple monté sur le toit 12 d'un véhicule, avec un système à vis-écrou 13 permettant de régler la hauteur de la jupe au-dessus de ce toit.

L'ensemble peut être avantageusement monté à l'intérieur d'un radôme 14, par exemple en polyester, venant en appui sur le toit 12 du véhicule avec interposition d'un joint d'étanchéité 15.

L'ensemble se présente ainsi, au-dessus du véhicule, sous la forme d'un cylindre ayant une hauteur H de l'ordre de 10 cm et un diamètre D de l'ordre de 3 cm (dimensions correspondant à une réception autour de 1,5 GHz).

On va maintenant expliciter les divers composants de cette antenne.

On va tout d'abord décrire l'antenne hélicoïdale 1, qui est destinée à la réception des signaux émis par satellite.

Une telle antenne, constituée d'un conducteur métallique enroulé en spirale excitée à sa base, est en elle-même bien connue. Cependant, selon le pas et le diamètre de l'hélice, l'antenne peut rayonner selon deux modes essentiellement différents: dans le premier mode, qui correspond à la majeure partie des applications connues des antennes hélicoïdales, l'antenne rayonne essentiellement avec le diagramme illustré en tirets figure 2, c'est-à-dire avec un lobe de rayonnement dirigé axialement ( $\Delta_0$  étant l'axe de l'hélice) et avec une polarisation circulaire; en revanche, notamment pour des antennes très raccourcies (c'est-à-dire dont le pas est très faible en regard du diamètre, cas de figure en pratique assez rare), le diagramme de rayonnement est un diagramme essentiellement radial et avec une polarisation rectiligne verticale, comme illustré en trait plein sur la figure 2 (dans tous les cas, le diagramme est omnidirectionnel en azimut).

Par ailleurs, l'extrémité inférieure du conducteur,

c'est-à-dire la partie de conducteur reliant la spirale proprement dite au débouché du coaxial, est configurée de manière à agir, en coopération avec le disque métallique 4 de la jupe 2, en élément adaptateur d'impédance, ce qui évite le recours à tout composant additionnel d'adaptation d'impédance à cette fin.

L'une des originalités de la présente invention consiste à faire rayonner l'antenne hélicoïdale non pas sur l'un ou l'autre de ces deux modes typiques, mais selon un mode intermédiaire, hybride, obtenu en déformant le diagramme de rayonnement axial de manière à le creuser dans l'axe et abaisser ainsi le lobe principal de réception vers un angle de site propice à une réception d'un signal émis par un satellite.

Ce diagramme déformé correspondant au mode hybride propre est illustré figure 3 en trait plein (le diagramme en tirets correspond au mode axial pur): on voit que l'on peut ainsi orienter l'axe  $\Delta_1$  du lobe principal vers un angle de site  $\alpha$  correspondant à la direction générale des satellites émettant les signaux que l'on souhaite recevoir, et ceci tout en conservant la polarisation circulaire, typique de ces émissions par satellite (bien entendu, cette déformation du diagramme laisse celui-ci omnidirectionnel en azimut). Le creusement du diagramme dans l'axe vertical  $\Delta_0$ , correspondant à une direction dans laquelle on ne trouve aucune émission à recevoir, procure un surcroît de gain dans la direction  $\Delta_1$  de pointage vers le satellite, de l'ordre de 2 dB par rapport à l'isotrope.

De façon caractéristique de l'invention, cette déformation du diagramme pour faire rayonner l'antenne en mode hybride est obtenue grâce à la présence du disque plat 4 court-circuitant la jupe 2 en partie supérieure et qui, dans la configuration proposée par l'invention, constitue pour l'hélice un plan réflecteur permettant la modification du diagramme dans le sens souhaité. On notera ici incidemment que le toit métallique 12, disposé relativement loin en arrière de l'hélice, est pratiquement sans effet sur le diagramme de cette dernière.

Les paramètres qui contribuent à déformer le diagramme et rendre hybride le mode de rayonnement sont essentiellement: la dimension du disque réflecteur 4, la position (éloignement) de ce dernier rapport à l'hélice, et les dimensions, diamètre et pas, des spires de l'hélice. On notera en outre que la présence du disque réflecteur 4 permet avantageusement, par effet de rediffusion, d'augmenter légèrement le gain de l'hélice.

On va maintenant décrire l'antenne à jupe 2, qui est destinée à la réception des signaux émis par les stations terrestres.

Le fonctionnement d'une telle antenne, en tant que telle, est connu: il s'agit d'un tronçon proche du quart d'onde (en dimension et en rayonnement, une fréquence de 1,5 GHz, typique de la diffusion de signaux DAB, correspondant à un quart d'onde de 5 cm), alimenté de l'intérieur par une sortie du coupleur

9 en un point d'attaque 8 qui correspond à une impédance proche de celle du coupleur et de l'antenne complète (typiquement, une impédance de 50  $\Omega$ ). Le point d'attaque est déterminé de manière que la partie réelle de l'admittance soit égale à 50  $\Omega$ , l'admittance réactive étant éliminée par le tronçon de jupe situé au-dessous du point d'attaque, qui se comporte comme un *stub* de correction.

La jupe est supportée par le coaxial semi-rigide 5, qui traverse la partie supérieure 4 pour alimenter l'antenne hélicoïdale. Le diamètre de la jupe, le diamètre du coaxial 5 et la hauteur totale de la jupe sont optimisés pour répondre aux diverses contraintes mécaniques et électriques (le diamètre de la jupe influant notamment sur la bande passante).

L'influence de l'antenne hélicoïdale sur l'antenne à jupe est faible (mais le contraire n'est pas vrai, comme on l'a vu plus haut), car l'hélice et la jupe ne sont pas reliées électriquement entre elles (le coupleur 9 est un coupleur isolant). Un léger effet de capacité terminale est cependant possible, ce qui implique que l'ajustement de la jupe soit fait en présence de l'hélice.

La figure 4 illustre le diagramme de rayonnement de la jupe, qui présente un gain de l'ordre de 4 dB dans une direction  $\Delta_2$  par rapport à l'isotrope, pour un angle de site  $\beta$  faible, typiquement de l'ordre de 5 à 20°. L'antenne à jupe rayonne selon une polarisation rectiligne verticale, à la différence de la polarisation circulaire de l'hélice.

On notera que, pour obtenir un tel diagramme, il est nécessaire que l'antenne à jupe soit disposée au-dessus d'une surface métallique, telle que le toit métallique d'un véhicule. Dans le cas contraire, autre configuration ou toit non métallique, il doit être prévu sous la jupe un disque métallique avec un diamètre de l'ordre de 20 cm ou autre contrepoids radioélectrique jouant un rôle semblable.

La figure 5 montre le diagramme global de l'antenne selon l'invention, qui résulte de la combinaison des deux diagrammes des figures 3 (hélice) et 4 (jupe) : on voit que ce diagramme résultant présente deux directions privilégiées, l'une  $\Delta_1$  adaptée à une réception de signaux émis par un satellite, avec un angle de site  $\alpha$  de l'ordre de 60° et une polarisation circulaire, l'autre  $\Delta_2$  adaptée à la réception de signaux émis par des stations terrestres, avec un très faible angle de site  $\beta$  (5 à 20°) et une polarisation rectiligne verticale. Le diagramme est bien entendu omnidirectionnel en azimut.

On va maintenant décrire les circuits proprement électriques de l'antenne.

Les signaux reçus par la jupe 2 et par l'hélice 1 sont combinés dans un coupleur 9 à faibles pertes, assurant une isolation suffisante entre ses deux voies d'entrée. L'adaptation est faite sur une valeur typique de 50 ohms. Le coupleur 9 peut être un coupleur 3 dB ou « combineur » miniature du commerce disposé à

l'intérieur de la jupe 2, cette configuration permettant (comme pour l'amplificateur 6 et le filtre 7) un gain de place notable tout en étant neutre du point de vue radioélectrique.

On peut avantageusement prévoir, également à l'intérieur de la jupe, un amplificateur miniature (non représenté) en sortie du coupleur 9, amplificateur dont l'alimentation serait assurée par le câble coaxial et qui permettrait de remonter le niveau du signal haute fréquence de 10 à 20 dB environ, améliorant ainsi de façon notable le rapport signal/bruit par une amplification au niveau de l'antenne, en amont du câble de liaison au récepteur (antenne « active »).

De préférence également, pour relever le niveau du signal satellite et compenser la perte d'insertion due au filtre 7, il est prévu en amont du coupleur, sur la voie de l'antenne hélicoïdale, un amplificateur 6 ; l'isolement procuré par le coupleur 9 permet en effet de mettre un étage amplificateur sur l'une des voies d'entrée du coupleur, en évitant toute rétroaction sur l'amplificateur 6 qui pourrait engendrer des modes parasites.

Le filtre 7 est un composant imposant un déphasage de  $\pi$  sur une variation de fréquence faible (typiquement, sur une plage de 3 MHz autour d'une fréquence centrale de 1,5 GHz), afin de mettre en oeuvre la technique de réception dite COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex* : multiplex orthogonal codé à division de fréquence), qui est un procédé de modulation et d'organisation spectrale proposé comme alternative aux techniques d'étalement de spectre: en effet, en l'absence de traitement particulier, la ressource en largeur de bande pour la diffusion d'un programme audionumérique serait prohibitive. Cette méthode COFDM repose sur le principe d'une division de la bande de fréquence initiale en un grand nombre de sous-canaux à bande étroite, vis-à-vis desquels la transmission n'introduit pas de distorsion. Les signaux élémentaires sont orthogonaux entre eux, ce qui autorise un inter-recouvrement spectral de sous-canaux procurant une grande efficacité spectrale en répartissant de façon uniforme l'énergie du signal dans la bande de fréquences.

En cas de réception simultanée des signaux par les deux antennes (hélice et jupe), les retards introduits par les deux trajets différents de propagation (depuis la station terrestre et depuis le satellite) font en sorte que, globalement, le canal de transmission présente les caractéristiques d'un canal de Rayleigh, c'est-à-dire que sa réponse à une impulsion est constituée d'une suite de pseudo-impulsions dont l'amplitude suit une loi de Rayleigh, ce qui, en l'absence de toute mesure particulière, créerait de nombreuses erreurs de transmission de données numériques par affaiblissement et distorsion du signal. Le procédé COFDM permet, précisément, de pallier cet inconvénient.

Pour conserver la compacité d'ensemble du sys-

tème, le filtre 7 peut être, au lieu d'une ligne de déphasage longue, constitué d'un filtre multipôle (typiquement, à 8 à 10 pôles) ou d'un filtre à ondes de surface, dont les effets seront semblables.

## Revendications

### 1. Une antenne, comprenant :

- une antenne à jupe quart d'onde, à disposer au-dessus d'un contrepoids radioélectrique (12), cette antenne à jupe comportant un tube cylindrique vertical (2) fermé en partie supérieure et un coaxial d'alimentation (10) disposé à l'intérieur du tube, le diagramme de rayonnement de cette antenne à jupe étant un diagramme essentiellement omnidirectionnel à faible angle de site, caractérisée en ce que, notamment pour la réception de signaux de radiodiffusion sonore numérique, cette antenne à jupe, propice à une réception de signaux émis par des stations terrestres, est combinée avec:
  - une antenne hélicoïdale (1), disposée verticalement au-dessus de l'antenne à jupe et coaxialement par rapport à celle-ci, la surface (4) fermant la partie supérieure du tube de l'antenne à jupe constituant pour l'antenne hélicoïdale un plan réflecteur permettant de privilégier un mode de rayonnement hybride propre de cette dernière, partiellement axial et partiellement radial, en abaissant le lobe de réception du diagramme de rayonnement vers un angle de site propice à une réception de signaux émis par des satellites, et
  - des moyens de couplage (9), pour combiner les signaux reçus par chacune des deux antennes et les diriger vers une ligne coaxiale commune.

### 2. L'antenne de la revendication 1, dans laquelle il est en outre prévu des moyens préamplificateurs (6), disposés entre la sortie de l'antenne hélicoïdale et l'entrée des moyens de couplage.

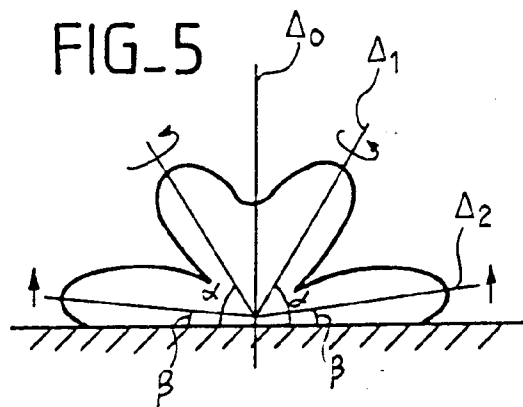
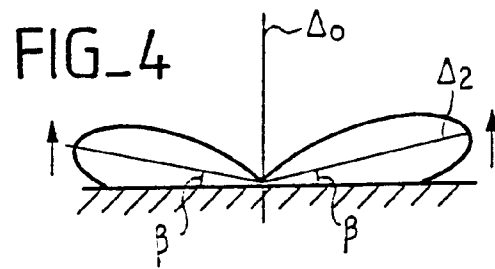
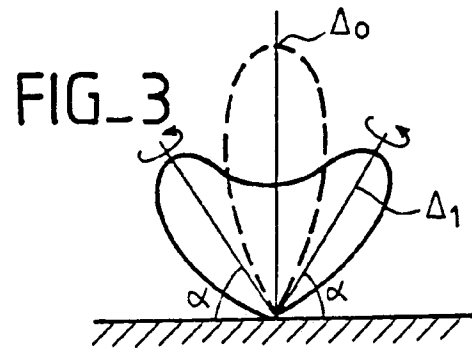
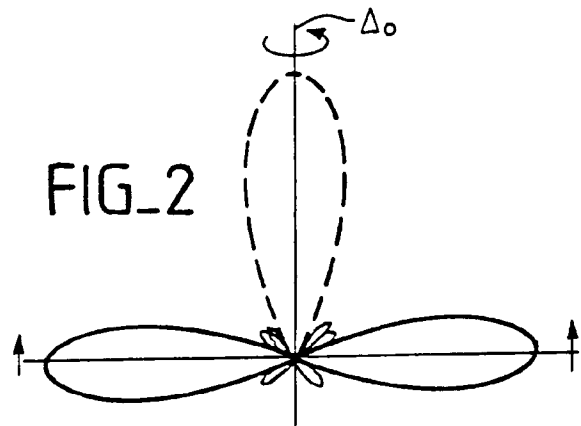
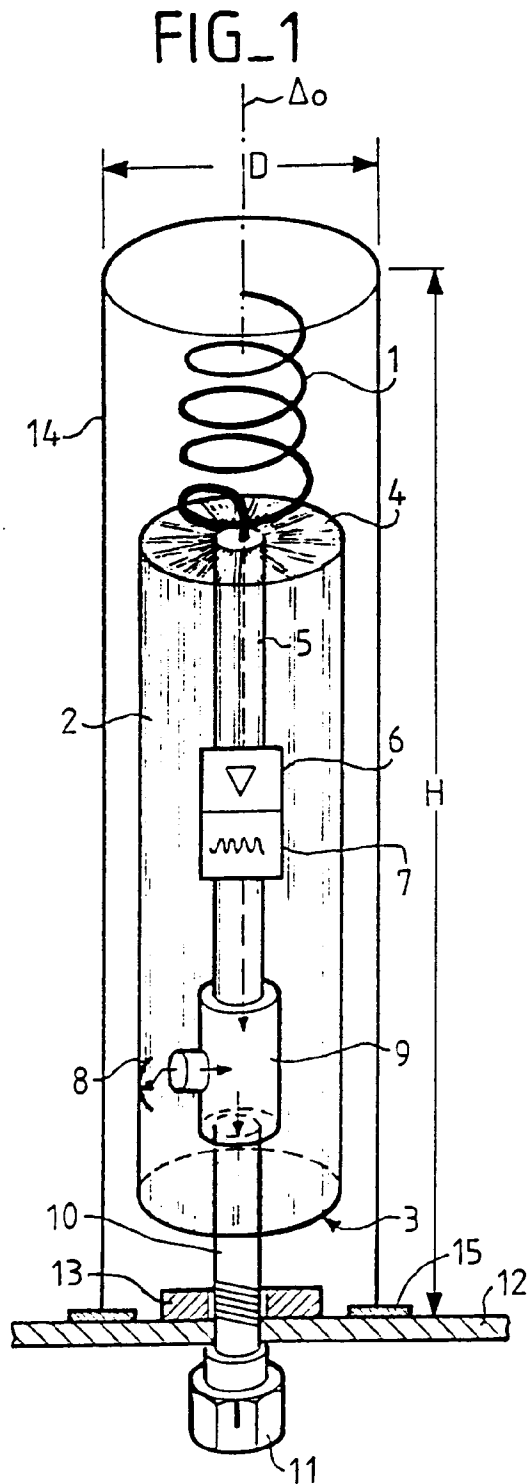
### 3. L'antenne de la revendication 2, dans laquelle il est en outre prévu des moyens formant filtre multipôles à inversion de phase sur bande étroite (7), disposés entre la sortie des moyens préamplificateurs et l'entrée des moyens de couplage.

### 4. L'antenne de la revendication 1, dans laquelle il est en outre prévu des moyens (13) pour régler la hauteur de l'ensemble jupe-hélice au-dessus dudit contrepoids radioélectrique (12).

### 5. L'antenne de la revendication 1, dans laquelle la ligne coaxiale (5) est formée d'un conducteur ri-

gide ou semi-rigide, l'ensemble formé par la jupe, l'hélice, les moyens de couplage et la ligne coaxiale étant un ensemble autoporteur soutenu par ledit conducteur au-dessus dudit contrepoids radioélectrique.

### 6. L'antenne de la revendication 5, dans laquelle ledit ensemble autoporteur est entouré par un radôme (14) se raccordant, en partie inférieure, audit contrepoids radioélectrique avec interposition de moyens d'étanchéité (15).





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 1560

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	DE-B-1 056 673 (MARCONI'S WIRELESS TELEGRAPH) * le document en entier * ---	1	H01Q21/29 H01Q21/24 H01Q9/40
A	US-A-2 531 476 (SCHRIEFER) * le document en entier * ---	1	
A	FR-A-2 357 078 (SIEMENS) * page 4, ligne 10 - ligne 36; figure 4 * ---	1	
A	US-A-4 730 195 (PHILLIPS ET AL.) * abrégé; figures 4,15 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 23 SEPTEMBRE 1992	Examineur ANGRABEIT F.F.K.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></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  .....  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03.92 (P0402)