

(19)



(11)

EP 2 880 712 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
07.09.2016 Bulletin 2016/36

(51) Int Cl.:
H01Q 1/52 (2006.01) H01Q 21/24 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13756618.8**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2013/051824

(22) Date de dépôt: **29.07.2013**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/020272 (06.02.2014 Gazette 2014/06)

(54) **PROCÉDÉ DE DÉCOUPLAGE ÉLECTROMAGNÉTIQUE ENTRE UNE ANTENNE ET SON MÂT DE SUPPORT ET MÂT DE SUPPORT CORRESPONDANT**

VERFAHREN ZUR ELEKTROMAGNETISCHEN ENTKOPPLUNG EINER ANTENNE UND STÜTZMAST DAFÜR SOWIE ENTSPRECHENDER STÜTZMAST

METHOD FOR THE ELECTROMAGNETIC DECOUPLING OF AN ANTENNA AND THE SUPPORTING POLE THEREOF, AND CORRESPONDING SUPPORTING POLE

(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**

(72) Inventeur: **PALUD, Sébastien**
F-35000 Rennes (FR)

(30) Priorité: **31.07.2012 FR 1257441**

(74) Mandataire: **Gevers & Orès**
9 rue St Antoine du T
31000 Toulouse (FR)

(43) Date de publication de la demande:
10.06.2015 Bulletin 2015/24

(56) Documents cités:
US-A- 2 184 940 US-A- 4 700 196

(73) Titulaire: **TDF**
92120 Montrouge (FR)

EP 2 880 712 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne un procédé de découplage entre une antenne et son mât de support et un mât de support correspondant.

[0002] Les systèmes de transmission d'ondes pour la radiodiffusion comprennent généralement une antenne émettant des ondes de polarisation horizontale.

[0003] Cependant, certains systèmes, notamment de radiodiffusion ou de radiocommunications privées, par exemple pour la police ou les pompiers, comprennent des antennes émettant des ondes de polarisation verticale.

[0004] Une telle antenne est généralement montée sur un mât de support vertical, réalisé en une matière électriquement conductrice, relié à la Terre et agencé pour autoriser le passage de la foudre vers la Terre lorsque celle-ci atteint le mât.

[0005] Lorsque l'antenne émet des ondes de manière omnidirectionnelle, le rayonnement électromagnétique des ondes émises en direction du mât induit des courants sur le mât, créant ainsi un couplage entre l'antenne et le mât.

[0006] Un tel couplage inductif entre l'antenne et le mât peut provoquer un rayonnement parasite susceptible de déformer le rayonnement de l'antenne, notamment en direction du mât, et de réduire l'efficacité de l'antenne dans cette direction et aux alentours, ce qui présente un inconvénient.

[0007] La présente invention a pour but de remédier à cet inconvénient et d'améliorer l'efficacité d'une antenne qui est agencée pour émettre des ondes de polarisation au moins partiellement verticale et qui est portée par un mât vertical de support de l'antenne, réalisé en une matière électriquement conductrice. L'invention a notamment pour but de permettre le découplage électromagnétique entre l'antenne et son mât de support.

[0008] A cette fin, l'invention concerne un procédé de découplage électromagnétique entre un mât de support sensiblement vertical, réalisé en une matière électriquement conductrice, et une antenne émettant, dans une bande de fréquence centrée sur une fréquence centrale, des ondes de polarisation au moins partiellement verticale et portée par ledit mât de support, caractérisé en ce que ladite antenne est montée sur ledit mât par un bras de liaison et en ce qu'on dispose sur le mât de support, entre l'antenne et le mât, au moins deux dispositifs de découplage électromagnétique comprenant au moins un élément de découplage électriquement conducteur de longueur comprise entre un cinquième et un tiers de la longueur d'onde des ondes émises par l'antenne à la fréquence centrale, au moins un premier dispositif étant disposé sur le mât au-dessus dudit bras de liaison et au moins un second dispositif étant disposé sur le mât en dessous dudit bras de liaison, de manière à neutraliser les courants induits dans le mât par les ondes émises par ladite antenne.

Par le terme « neutraliser », on entend que la majorité

des courants induits par l'antenne dans le mât de support sont bloqués de sorte à obtenir un rayonnement omnidirectionnel quasi-constant de l'antenne. Par le terme « quasi-constant », on entend que l'écart de rayonnement est inférieur à 2 dB dans toutes les directions.

[0009] Ainsi, par exemple, alors qu'un dipôle, monté sur un mât de support et travaillant en polarisation verticale, voit son rayonnement diminuer de plusieurs décibels en direction dudit mât, le procédé selon l'invention permet un rayonnement sensiblement égal dans toutes les directions, à plus ou moins 1 dB près.

[0010] L'antenne est montée sur le mât par un bras de liaison, au moins un premier dispositif de découplage étant disposé sur le mât au-dessus dudit bras de liaison et au moins un second dispositif de découplage étant disposé sur le mât en-dessous dudit bras de liaison. Cela permet à la fois de neutraliser les courants induits par la partie de l'antenne située au-dessus du bras de liaison et les courants induits par la partie de l'antenne située en-dessous du bras de liaison, par exemple lorsque l'antenne est un doublet demi-onde disposé verticalement et relié en son milieu au mât par le bras de liaison.

[0011] Une antenne est en général configurée pour travailler sur une bande de fréquence $[f_1, f_2]$, c'est-à-dire pour émettre des ondes à des fréquences comprises entre une fréquence basse f_1 et une fréquence haute f_2 , par exemple elle-même comprise dans les bandes VHF ou UHF. Une telle bande est en général centrée sur une fréquence centrale f_0 , par exemple, $f_0 = (f_2 - f_1)/2$. Dans un mode de réalisation particulier du procédé selon l'invention, la bande de fréquence peut se réduire à une fréquence unique.

[0012] De préférence, au moins un dispositif de découplage est disposé coaxialement au mât.

[0013] De préférence, l'élément de découplage a une longueur comprise entre le quart et le tiers, de préférence environ égale aux trois dixièmes, de la longueur d'onde des ondes émises par l'antenne à la fréquence centrale.

[0014] Avantageusement, l'élément de découplage est au moins partiellement parallèle au mât.

[0015] En empêchant en grande partie le passage des courants radiofréquences, induits par les ondes émises le long du mât de support de l'antenne par ladite antenne, la disposition d'un tel dispositif de découplage permet d'éviter que ceux-ci ne diminuent le niveau de rayonnement de l'antenne en direction du mât de support de l'antenne. En d'autres termes, l'agencement d'un tel dispositif sur le mât autorise l'omnidirectionnalité d'une antenne travaillant avec des ondes dont une composante est verticale, avantageusement dont la composante principale est verticale, en évitant que le couplage de l'antenne et du mât de support ne diminue le rayonnement de l'antenne dans la direction du mât dans le sens de l'antenne vers le mât.

[0016] De préférence, au moins un dispositif de découplage est disposé le long du mât au moins sur la hauteur de l'antenne.

[0017] Le document US2184940 décrit l'utilisation de

structures sur différentes parties d'un mât d'antenne permettant d'éviter l'interférence de celui-ci sur l'antenne.

[0018] L'invention concerne aussi un mât de support, sensiblement vertical, réalisé en une matière électriquement conductrice et comprenant au moins une antenne émettant, dans une bande de fréquence centrée sur une fréquence centrale, des ondes de polarisation au moins partiellement verticale, caractérisé en ce que l'antenne est montée sur le mât par un bras de liaison et en ce qu'il comprend au moins deux dispositifs de découplage électromagnétique disposés entre l'antenne et le mât de support au moins un premier dispositif étant disposé sur le mât au-dessus dudit bras de liaison et au moins un second dispositif étant disposé sur le mât en dessous dudit bras de liaison, et comprenant au moins un élément de découplage électriquement conducteur de longueur comprise entre un cinquième et un tiers de la longueur d'onde des ondes émises par l'antenne à la fréquence centrale, de manière à neutraliser les courants induits dans le mât par les ondes émises par ladite antenne.

[0019] Un dispositif de découplage selon l'invention peut notamment permettre de découpler des systèmes d'antennes indépendants fixés sur le mât.

[0020] De préférence, au moins un dispositif de découplage est coaxial au mât.

[0021] Avantageusement, au moins un élément de découplage est au moins partiellement parallèle au mât.

[0022] Avantageusement encore, au moins un élément de découplage comprend une portion de longueur comprise entre le quart et le huitième de la longueur d'onde des ondes émises par l'antenne à la fréquence centrale, s'étendant de préférence parallèlement au mât, de sorte à autoriser un fonctionnement efficace de l'antenne en large bande.

[0023] De manière préférée, le mât comprend une pluralité d'éléments de découplage, avantageusement au moins huit, de préférence au moins douze, se présentant sous la forme de tiges métalliques équiréparties coudées en forme de L et comprenant chacune une première portion disposée verticalement, parallèlement au mât, et une seconde portion disposée horizontalement, perpendiculairement au mât et reliant celui-ci à l'extrémité inférieure de la première portion de sorte à former une ligne en court-circuit.

[0024] L'extrémité supérieure de la première portion se trouve alors en circuit ouvert de sorte à autoriser sur le mât, au droit de ladite extrémité supérieure, une coupure électrique du mât.

[0025] Selon un aspect de l'invention, lorsque le dispositif de découplage est une cage de forme sensiblement cylindrique telle que définie ci-dessus, le diamètre D de la cage est telle que l'impédance à l'extrémité supérieure de la première portion des tiges $Z_0 = \eta/2\pi \cdot \ln(D/d)$ soit supérieure à 100Ω , d étant le diamètre du mât de sorte à réduire de manière efficace la propagation des courants induits sur ce support sur une large bande relative de fréquences, supérieure à 20 %. Lorsque l'antenne travaille avec des ondes dans une bande de fré-

quence $[f_1, f_2]$ centrée autour d'une fréquence centrale f_0 , on entend par bande relative de fréquence le rapport $(f_2 - f_1)/f_0$, souvent exprimé en pourcentage.

[0026] Lorsque le mât comprend une pluralité de cages, le désaxement vertical des cages par rapport au mât modifie peu les performances du dispositif de découplage. Néanmoins, la même orientation est préférentiellement conservée sur l'ensemble des cages afin de permettre une coupure électrique régulière du mât. Par le terme « coupure électrique », on entend ici la neutralisation des courants induits par l'antenne dans le mât de support.

[0027] De préférence, lorsque le mât comprend une pluralité de dispositifs de découplage, la somme de la hauteur d'un dispositif et de l'espacement entre ledit dispositif et un dispositif disposé consécutivement sur le mât est inférieure au quart de la longueur d'onde à la fréquence haute de la bande de fréquence dans laquelle fonctionne l'antenne. Par conséquent, lorsque deux dispositifs de découplage sont disposés ainsi espacés le long du mât, la portion du mât au droit de ladite somme forme une section isolant électriquement la portion du mât située au-dessus de ladite section de la portion du mât située en-dessous de ladite section. Une telle section d'isolement permet d'atténuer grandement le rayonnement parasite créé par les courants induits par le rayonnement de l'antenne. Il va de soi que plus on dispose de dispositif de découplage, espacés entre eux de ladite somme de longueurs, plus on crée de sections électriquement isolantes sur le mât au moins au droit de l'antenne et plus les effets dudit rayonnement parasite sont atténués, voire supprimés. Ainsi, par exemple, un nombre de cages de découplages telles que définies ci-dessus et placées au moins sur la hauteur de la portion du mât qui est au droit de l'antenne permettent de limiter les variations de rayonnement de l'antenne à plus ou moins 1 dB à 360°.

[0028] De préférence encore, la ou les cages sont disposées sur une hauteur h supérieure ou égale à $1,5 \times L$, où L représente la plus grande dimension de l'antenne dans le sens vertical.

[0029] Avantageusement, lorsque l'antenne est un dipôle comprenant un doublet demi-onde, le nombre de cages est supérieur ou égal à quatre, de préférence, sur une longueur de mât comprise entre la moitié de la longueur d'onde et la longueur d'onde à la fréquence haute f_2 de fonctionnement de l'antenne.

[0030] De préférence, l'antenne est omnidirectionnelle.

[0031] Avantageusement, l'antenne omnidirectionnelle est un dipôle, par exemple du type doublet demi-onde, configuré pour émettre des ondes de polarisation sensiblement verticale.

[0032] Lorsque l'antenne est un doublet demi-onde, celui-ci est de préférence disposé verticalement et sensiblement parallèlement au mât.

[0033] Dans une forme de réalisation alternative, l'antenne omnidirectionnelle est un monopôle, par exemple

du type antenne « ground plane ». Un tel monopôle comprend un plan de masse, par exemple perpendiculaire au monopôle.

[0034] L'antenne peut aussi se présenter sous la forme d'un double dipôle, par exemple positionnée sur la partie supérieure du mât ou bien d'un double dipôle en V générant des ondes de polarisation elliptique.

[0035] De préférence, le mât comprend au moins un tube métallique, par exemple dont la section est inférieure ou égale à un dixième de la longueur d'onde correspondant à la fréquence centrale émise par l'antenne. Cela permet notamment à l'antenne de fonctionner efficacement en bande FM.

[0036] Selon une caractéristique de l'invention, le mât se présente sous la forme d'un unique tube métallique.

[0037] De préférence, le ou les dispositifs de découplage sont disposés le long du mât au droit de l'antenne au moins sur la hauteur de celle-ci.

[0038] L'invention concerne aussi un dispositif de découplage électromagnétique entre une mât de support, tel que défini ci-dessus, sensiblement vertical, réalisé en une matière électriquement conductrice, et une antenne émettant, dans une bande de fréquence centrée sur une fréquence centrale, des ondes de polarisation au moins partiellement verticale et portée par ledit mât de support, dispositif caractérisé en ce qu'il est configuré pour être disposé entre l'antenne et le mât de support et en ce qu'il comprend au moins un élément de découplage électriquement conducteur de longueur comprise entre un cinquième et un tiers de la longueur d'onde des ondes émises par l'antenne à la fréquence centrale, de manière à neutraliser les courants induits dans le mât par les ondes émises par ladite antenne.

[0039] Un tel dispositif permet une réduction importante des courants de contact et des risques d'intermodulation sur le mât porteur.

[0040] Selon un aspect de l'invention, le dispositif de découplage comprend une pluralité d'éléments de découplage, avantageusement au moins huit, de préférence au moins douze, se présentant sous la forme de tiges métalliques, de préférence réalisées en un métal ou un alliage de métaux de conductivité élevée, par exemple supérieure à 1.10^6 S/m.

[0041] De manière préférée, les tiges sont équiréparties.

[0042] De manière avantageuse, les tiges sont coudees en forme de L et comprennent chacune une première portion, configurée pour être disposée verticalement, parallèlement au mât, et une seconde portion, configurée pour être disposée horizontalement, perpendiculairement au mât et reliant celui-ci à l'extrémité inférieure de la première portion de sorte à former une ligne en court-circuit.

[0043] Dans une forme de réalisation du dispositif selon l'invention, le dispositif de découplage comprend un anneau électriquement conducteur reliant les extrémités supérieures de la première portion de chacune des tiges de sorte à former une structure ou cage de forme sensi-

blement cylindrique configurée pour être montée coaxialement sur le mât de support. Une telle structure est électriquement conductrice et peut être, par exemple, métallique.

[0044] Le dispositif peut en outre comprendre un second anneau électriquement conducteur sensiblement de même diamètre que le premier anneau reliant les tiges entre elles au niveau de leurs coudes.

[0045] Le diamètre D d'une cage peut être variable et fonction du diamètre d du mât.

[0046] Un tel dispositif peut permettre à l'antenne de travailler avec des ondes sur une large bande de fréquences, par exemple suffisamment large pour couvrir la bande FM.

[0047] Cela est notamment le cas lorsque le nombre de tiges est supérieur ou égal à douze, pour lequel le dispositif fonctionne sur une bande relative de fréquence supérieure à 20 %.

[0048] La hauteur d'une cage peut également être fonction de son diamètre D. Ainsi, lorsque la cage est plus large et moins haute, le dispositif de découplage sera moins sélectif en fréquence. Pour travailler avec une bande relative de fréquence réduite à quelques pourcents, le diamètre D peut être tel que $Z_0 = \eta / 2\pi \cdot \ln(D/d) < 100 \Omega$, mais dans ce cas, pour que le dispositif soit efficace, la longueur de la première portion des tiges, c'est-à-dire la hauteur des cages, devra être de préférence comprise entre $\lambda/4$ et $\lambda/5$ à la fréquence centrale f_0 de fonctionnement. Avantageusement, la longueur totale des tiges, c'est-à-dire de la première portion et de la seconde portion, est comprise entre $\lambda/4,1$ et $\lambda/3$, de préférence environ égale à $0,3 \times \lambda$, à la fréquence centrale f_0 de fonctionnement, par exemple pour un dipôle demi-onde situé à une distance de $\lambda/4$ du mât.

[0049] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront lors de la description qui suit faite en regard des figures annexées données à titre d'exemples non limitatifs et dans lesquelles des références identiques sont données à des objets semblables.

La figure 1 illustre un diagramme de rayonnement d'une antenne montée sur un mât vertical de l'art antérieur.

La figure 2 est une représentation schématique en coupe d'une portion de mât comprenant une première forme de réalisation du dispositif de découplage selon l'invention.

La figure 3 est une représentation schématique en coupe d'une portion de mât comprenant une seconde forme de réalisation du dispositif de découplage selon l'invention.

La figure 4 est une vue en perspective d'une portion de mât comprenant un doublet demi-onde et une troisième forme de réalisation du dispositif de découplage selon l'invention.

La figure 5 est une vue en perspective d'une portion de mât comprenant une antenne, comportant deux éléments métalliques en forme de V générant une

polarisation elliptique à prépondérance verticale, et la troisième forme de réalisation du dispositif de découplage selon l'invention de la figure 4.

La figure 6a est une vue partielle en perspective d'une forme particulière de réalisation d'un mât selon l'invention comprenant une antenne de type « ground plane ».

La figure 6b est une vue partielle en perspective d'une forme particulière de réalisation d'un mât selon l'invention comprenant une antenne de type « ground plane ».

La figure 6c est une vue partielle en perspective d'une forme particulière de réalisation d'un mât selon l'invention comprenant une antenne de type « ground plane ».

La figure 6d est une vue partielle en perspective d'une forme particulière de réalisation d'un mât selon l'invention comprenant une antenne de type « ground plane ».

La figure 6e est une vue partielle en perspective d'une forme particulière de réalisation d'un mât selon l'invention comprenant une antenne de type « ground plane ».

La figure 7 illustre une forme particulière de dispositif de découplage selon l'invention de forme sensiblement tronconique.

La figure 8 illustre une forme particulière de dispositif de découplage selon l'invention comprenant des éléments de découplage de forme complexe.

La figure 9 illustre une forme particulière de dispositif de découplage selon l'invention comprenant des éléments en matériau diélectrique.

La figure 10 illustre un premier diagramme de rayonnement d'une antenne montée sur un mât vertical avec et sans le dispositif de découplage selon l'invention.

La figure 11 illustre un second diagramme de rayonnement d'une antenne montée sur un mât vertical avec et sans le dispositif de découplage selon l'invention.

[0050] La figure 1 représente un diagramme de rayonnement d'une antenne montée sur un mât vertical qui ne comprend pas de dispositif de découplage selon l'invention.

[0051] L'antenne utilisée est un dipôle, émettant des ondes de polarisation verticale, positionné sur le diagramme de rayonnement à zéro degré et zéro dB. Le mât est un tube métallique disposé verticalement dont la position correspond au centre du diagramme de rayonnement.

[0052] Ainsi, en l'absence de dispositif de découplage selon l'invention, on constate que le rayonnement de l'antenne subit un affaiblissement d'environ 7 dB dans la direction 180°, c'est-à-dire dans la direction du mât, dans le sens de l'antenne vers le mât.

[0053] Les figures 2 à 9 représentent un mât de support 1, réalisé en une matière électriquement conductrice,

sensiblement vertical et sur lequel sont montées respectivement différentes formes de réalisation du dispositif de découplage 3 selon l'invention.

[0054] Le mât 1 se présente sous la forme d'un tube cylindrique, de diamètre d , réalisé en une matière électriquement conductrice, par exemple en métal ou un alliage de métaux, de préférence de conductivité élevée, par exemple supérieure à $1 \cdot 10^6$ S/m.

[0055] Le mât 1 pourrait aussi se présenter sous la forme d'un poteau, par exemple de section rectangulaire, et/ou comprendre une pluralité d'éléments de support, par exemple une pluralité de tubes métalliques, sans que cela ne soit limitatif de la portée de la présente invention.

[0056] Le mât de support 1 comprend une antenne 2, représentée sur les figures 4 à 9, montée sur le mât 1 par un bras de liaison 4 au droit du dispositif de découplage 3. L'antenne 2 est configurée pour émettre dans une bande de fréquence $[f_1, f_2]$, c'est-à-dire pour émettre des ondes à des fréquences comprises entre une fréquence basse f_1 et une fréquence haute f_2 , par exemple elle-même comprise dans les bandes VHF ou UHF. Cette bande est centrée sur une fréquence centrale f_0 , par exemple $f_0 = (f_2 - f_1)/2$. Il va de soi que la bande de fréquence peut se réduire à une fréquence unique d'émission f_0 .

[0057] Le diamètre du mât 1 est avantageusement de petite dimension, de préférence inférieur au dixième de la longueur d'onde λ_0 associée à la fréquence centrale f_0 . Par exemple, pour une antenne émettant en bande FM, c'est-à-dire pour des fréquences comprises entre 87.5 et 108 MHz, le diamètre du mât 1 est, de préférence, inférieur à 340 mm, par exemple compris entre 60 et 125 mm.

[0058] La figure 2 illustre une première forme de réalisation d'un dispositif de découplage 3 d'un mât selon l'invention se présentant sous la forme d'une portion tubulaire 5 réalisée en une matière électriquement conductrice.

[0059] La portion tubulaire 5 est ouverte à son extrémité supérieure et fermée à son extrémité inférieure par un anneau de contact 6 perpendiculaire au mât 1 réalisé en une matière électriquement conductrice et s'étendant sur la surface comprise entre le mât 1 et la portion tubulaire 5 de manière à relier électriquement la portion tubulaire 5 au mât 1. La portion tubulaire 5 entoure ainsi le tube 1 de manière à former un guide coaxial.

[0060] La somme de la longueur de la portion tubulaire 5 et de la dimension radiale de l'anneau, entre la portion tubulaire 5 et le mât 1, est de longueur environ égale aux trois dixièmes de la longueur d'onde λ_0 des ondes émises par l'antenne (non représentée) à la fréquence centrale f_0 .

[0061] A la fréquence centrale f_0 , à laquelle est associée la longueur d'onde λ_0 , l'impédance du guide coaxial formé par l'ensemble du mât 1 et de la portion tubulaire 5 est théoriquement infinie au point B puisqu'on se situe à un quart d'onde d'un court-circuit situé au point A. Le mât 1 est ainsi électriquement coupé au niveau du plan

orthogonal à la section du tube et passant par le point B.

[0062] Un tel dispositif de découplage fonctionne plus particulièrement sur des tubes métalliques cylindriques de faible section, c'est-à-dire dont le diamètre est inférieur au dixième de la longueur d'onde associée à la fréquence centrale f_0 , et présente, de par son principe de fonctionnement, une sélectivité en fréquence. En effet, sur une bande de fréquences $f_0 \pm \Delta f$, l'impédance d'entrée du dispositif de découplage dans le plan B sera : $Z_B = j Z_0 \cotan(n/2 * \Delta f/f_0)$, où Z_0 est l'impédance caractéristique du dispositif de découplage tel que $Z_0 = \eta/2\pi * \ln(D/d)$, η étant l'impédance complexe caractéristique du vide soit $\approx 120 \Omega$, D étant le diamètre du dispositif de découplage et d le diamètre du tube conducteur.

[0063] La sélectivité en fréquences, et de ce fait l'efficacité du blocage des courants induits par des ondes à des fréquences comprises dans de grandes largeurs de bande, est donc liée à l'impédance caractéristique du dispositif de découplage qui doit être la plus élevée possible.

[0064] La figure 3 illustre une seconde forme de réalisation d'un dispositif de découplage 3 d'un mât selon l'invention se présentant sous la forme d'un élément de découplage 7 réalisé en une matière électriquement conductrice de longueur environ égale au quart de la longueur d'onde $\lambda_0/4$ des ondes émises par l'antenne (non représentée) à la fréquence centrale f_0 .

[0065] L'élément de découplage 7 comprend une première portion 9 disposée parallèlement au mât 1 et une seconde portion 11 reliant la première portion 9 au mât 1 et disposée perpendiculairement à celui-ci. La somme des longueurs de la première et de la seconde portion étant environ égale au quart de la longueur d'onde $\lambda_0/4$ des ondes émises par l'antenne (non représentée) à la fréquence centrale f_0 .

[0066] L'élément de découplage 7 se comporte ainsi comme une ligne de type bifilaire dissymétrique court-circuitée où les deux conducteurs, c'est-à-dire le mât 1 et l'élément de découplage 7, sont de sections différentes. Dans la mesure où un tronçon de ligne demi-onde repliée sur lui-même ne rayonne pas, on a donc en B' une impédance infinie à f_0 si le trajet B'A'AB est égale au quart de la longueur d'onde λ_0 associée à cette fréquence f_0 .

[0067] Ce type de dispositif, moins complexe que le précédent illustré à la figure 2, présente ainsi une souplesse d'installation plus importante et est plus aisément adaptable à un mât 1 de section plus importante, par exemple d'un diamètre supérieur à 125 mm en bande FM. Cependant, un tel dispositif de découplage présente une sélectivité en fréquence plus importante que celle du dispositif de découplage illustré par la figure 2. Le caractère quasiment mono-fréquentiel du blocage électrique induit peut être sensiblement amélioré en élargissant la largeur des lames métalliques constitutives du dispositif de découplage.

[0068] Les figures 4 et 5 illustrent chacune un mât 1 comprenant une antenne 2 et quatre dispositifs de dé-

couplage 3 selon une troisième forme de réalisation.

[0069] L'antenne 2, illustrée par la figure 4, se présentant sous la forme d'un dipôle du type doublet 2a demi-onde disposé verticalement, parallèlement au mât 1, et configuré pour émettre des ondes polarisées sensiblement verticalement de manière omnidirectionnelle.

[0070] L'antenne 2, illustrée par la figure 5, se présente sous la forme de deux éléments métalliques en forme de V 2b, générant des ondes de polarisation elliptique, montés chacun sur le bras de liaison 4 et dont les plans sont sensiblement orthogonaux entre eux.

[0071] Dans les deux formes de réalisation du dispositif de découplage illustrées par les figures 4 et 5, l'antenne 2 est montée sur le mât 1 par un bras de liaison 4 perpendiculaire au mât 1.

[0072] Chaque dispositif de découplage 3 se présente sous la forme d'une cage métallique de forme sensiblement cylindrique, de diamètre D , comprenant douze éléments de découplage se présentant sous la forme de tiges métalliques 17, électriquement conductrices, coudées en forme de L et équiréparties autour du mât 1.

[0073] Les cages 3 sont montées superposées les unes au-dessus des autres le long du mât 1 et coaxialement à celui-ci. La distance entre les anneaux 20 de deux cages 3 disposées consécutivement est inférieure au quart de la longueur d'onde λ_2 correspondant à la fréquence haute f_2 de la bande de fréquence $[f_1, f_2]$ dans laquelle travaille l'antenne 2.

[0074] Chaque tige 17 comprend une première portion 17a disposée verticalement, parallèlement au mât 1, et une seconde portion 17b, disposée horizontalement, perpendiculairement au mât 1 et reliant l'extrémité inférieure de la première portion 17a au mât 1. La première portion 17a et la seconde portion 17b sont reliées entre elles au niveau d'un coude 18.

[0075] La somme des longueurs de la première portion 17a et de la seconde portion 17b est environ égale aux trois dixièmes de la longueur d'onde λ_0 des ondes émises par l'antenne 2 à la fréquence centrale f_0 .

[0076] Les tiges 17 sont reliées entre elles au niveau de leurs extrémités supérieures 19 respectives par un anneau métallique 20 autorisant une jonction électrique entre lesdites tiges 17 et renforçant la structure du dispositif de découplage 3.

[0077] Dans les deux formes de réalisation du dispositif de découplage illustrées par les figures 4 et 5, un second anneau métallique (non représenté) peut être disposé pour relier les tiges 17 au niveau de leurs coudes 18 respectifs de sorte à créer une seconde jonction électrique entre les tiges 17 et à renforcer davantage la structure du dispositif de découplage 3.

[0078] Le dispositif 3, illustré par les figures 4 et 5, permet ainsi de découpler l'antenne 2 et le mât 1 sur une bande relative de fréquences supérieure à 20%.

[0079] Le nombre de cages métalliques 3 est évalué de manière à restreindre les sections de support métallique contributrices au rayonnement de l'antenne, c'est-à-dire les portions de mât 1 situés entre deux dispositifs

de découplage 3, à des tronçons de longueur inférieure à $\lambda_0/4$. De même, les cages métalliques 3 sont disposées sur une hauteur h supérieure ou égale à la plus grande dimension h de l'antenne 2 dans le sens vertical, par exemple $H = 1.5 \times L$, de manière à bloquer les courants induits par l'antenne 2 sur au moins la hauteur L de celle-ci.

[0080] Pour un dipôle demi-onde, tel qu'illustré par la figure 4, le nombre de dispositifs de découplage 3 est de préférence supérieur ou égal à quatre sur une longueur de support métallique comprise entre $\lambda_0/2$ et λ_0 selon la hauteur h des cages métalliques retenue, par exemple comprise entre $\lambda_0/4$ et $\lambda_0/8$ à la fréquence centrale f_0 .

[0081] Ainsi, le dispositif de découplage 3 selon l'invention peut ainsi être configuré pour découpler des antennes du type double dipôle, tel que le doublet demi-onde illustré par la figure 4 mais aussi plus généralement tout groupement d'antennes ou d'aériens de type dipôles ou assimilés émettant des ondes de polarisation au moins sensiblement verticale. Le dispositif de découplage 3 selon l'invention peut ainsi être configuré pour découpler des antennes de type dipôles en V comme illustré par la figure 5.

[0082] Par ailleurs, un dispositif de découplage 3 d'un mât peut aussi être configuré pour découpler des antennes 2 du type « ground plane ». Comme illustré par les figures 6a à 6e, une telle antenne 2 comprend un monopôle 22 du type quart d'onde placé sur un plan de masse 24 discrétisé constitué d'un nombre limité à très limité de tiges métalliques 26, par exemple quatre. En général, le plan de masse 24 constitué par ces tiges 26 n'est pas plan mais incliné vers le bas, comme illustré par les figures 6a à 6e, de manière à ramener le rayonnement principal à site proche de 0° (ligne d'horizon).

[0083] Lorsqu'une telle antenne 2 est positionnée au droit du mât 1 par un bras de liaison 4, une configuration du dispositif de découplage telle qu'illustrée par les figures 4 et 5 peut être réalisée.

[0084] En revanche, lorsque l'antenne est positionnée en sommital, c'est-à-dire au-dessus du mât de support 1, comme dans le cas du monopôle 22 illustré par les figures 6a à 6e, le dispositif de découplage ne permet pas d'optimiser le diagramme azimutal de l'antenne mais son diagramme en site en bloquant les courants induits sur le mât et qui font varier l'angle d'apparition des lobes latéraux de rayonnement.

Dans un tel cas, les deux configurations suivantes du mât 1, de l'antenne 2 et du dispositif de découplage 3 peuvent être utilisées :

- dans une première configuration, illustrée par les figures 6a et 6b, les cages métalliques 3 étant indépendantes du plan de masse 24 de l'antenne 2 et comprenant un nombre peu élevé de tiges métalliques 26, un dispositif de découplage 3 (figure 6a), de préférence deux dispositifs de découplage 3 (figures 6b) sont disposés sous l'antenne au niveau de l'extrémité supérieure du mât de support 1 ;

- dans une seconde configuration, illustrée par les figures 6c à 6e, dans laquelle le plan de masse 24 constitue la partie court-circuitée, c'est-à-dire l'anneau 20, de la cage métallique 3 la plus proche de l'antenne 2 (figure 6c) ou le support direct de cette dernière (figure 6d). Pour le mât illustré par la figure 6c, selon la longueur des tiges métalliques 26 constituant le plan de masse 24 de l'antenne 2, un prolongement de ces dernières par un second dispositif de découplage 3 positionné juste en-dessous et de diamètre légèrement inférieur à celui du premier dispositif 3 peut être réalisé afin de permettre un fonctionnement efficace sur une bande relative de fréquences plus large, comme illustré par la figure 6d. Enfin, une seconde cage métallique 3 peut être ajoutée au mât 1 illustré par la figure 6d pour améliorer davantage l'efficacité du dispositif, comme illustré par la figure 6e.

[0085] Dans une autre forme de réalisation particulière d'un dispositif de découplage d'un mât selon l'invention, illustré par la figure 7, les dispositifs de découplage 3 peuvent se présenter sous la forme de cages de forme sensiblement tronconique. Les cages 3 illustrées par la figure 7 comprennent une paroi latérale 30 fermée entourant le mât 1, les extrémités de la cage 3 étant ouvertes. Toutefois, il va de soi que la paroi latérale 30 pourrait être ajourée ou discrétisée. La solution peut bien entendu être discrétisée de la même manière que décrite précédemment, le nombre d'éléments métalliques étant de préférence supérieur à douze pour assurer une performance optimale.

[0086] Dans une autre forme de réalisation particulière d'un dispositif de découplage d'un mât selon l'invention, illustré par la figure 8, les dispositifs de découplage 3 peuvent se présenter sous la forme de cages constituées d'éléments de découplage métalliques 32 de forme complexe dont la longueur est comprise entre un cinquième et un tiers de la longueur d'onde des ondes émises par l'antenne à la fréquence centrale de manière à neutraliser les courants induits dans le mât par les ondes émises par ladite antenne. La cage 3 comprend ici un second anneau 33 reliant les éléments de formes complexes au niveau de leurs extrémités inférieures de sorte à former une jonction électrique entre eux.

[0087] Dans une autre forme de réalisation particulière du dispositif de découplage selon l'invention, illustré par la figure 9, les cages 3 comprennent en outre un (ou plusieurs) élément 34 réalisé en un matériau diélectrique remplissant entièrement l'intérieur de la cage 3. L'utilisation d'un tel matériau diélectrique permet de réduire les dimensions du dispositif de découplage 3, notamment dans le sens de la hauteur h de la cage. La réduction est réalisée sur la dimension de chaque cage métallique mais pas sur l'espacement entre les cages 3. Cette solution permet de réduire la hauteur de cages de l'ordre de $\epsilon_r^{0.5}$, où ϵ_r est la permittivité relative à l'intérieur de la cage, mais peut être plus sélective en fréquence. Pour

conserver un fonctionnement en bande relative la plus large possible, le diamètre D de la cage devra être telle que $Z_0 = \eta/2\pi * \ln(D/d)/\epsilon_r^{0.5} > 100 \Omega$.

[0088] Les figures 10 et 11 illustrent deux diagrammes de rayonnement d'une antenne 2 supportée par un mât 1 dans une bande de fréquence centrée respectivement aux fréquences 88 et 108 MHz. Sur ces figures 10 et 11, la courbe en trait plein illustre le rayonnement d'une antenne 2 supportée par un mât 1 comprenant un dispositif de découplage 3 selon l'invention et la courbe en traits pointillés illustre le rayonnement d'une antenne 2 supportée par un mât 1 ne comprenant pas de dispositif de découplage selon l'invention.

Revendications

1. Procédé de découplage électromagnétique entre un mât de support (1) sensiblement vertical, réalisé en une matière électriquement conductrice, et une antenne (2) émettant, dans une bande de fréquence $[f_1, f_2]$ centrée sur une fréquence centrale (f_0), des ondes de polarisation au moins partiellement verticale et portée par ledit mât de support (1), **caractérisé en ce que** ladite antenne (2) est montée sur ledit mât (1) par un bras de liaison (4) et **en ce qu'**on dispose sur le mât de support (1), entre l'antenne (2) et le mât (1), au moins deux dispositifs de découplage électromagnétique (3) comprenant au moins un élément de découplage (5, 7, 17) électriquement conducteur de longueur comprise entre un cinquième et un tiers de la longueur d'onde (λ_0) des ondes émises par l'antenne (2) à la fréquence centrale (f_0), au moins un premier dispositif (3) étant disposé sur le mât (1) au-dessus dudit bras de liaison (4) et au moins un second dispositif (3) étant disposé sur le mât (1) en dessous dudit bras de liaison (4), de manière à neutraliser les courants induits dans le mât (1) par les ondes émises par ladite antenne (2).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel au moins un dispositif de découplage (3) est disposé coaxialement au mât (1).
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins un dispositif de découplage (3) est disposé le long du mât (1) au moins sur la hauteur (L) de l'antenne (2).
4. Mât de support (1), sensiblement vertical, réalisé en une matière électriquement conductrice et comprenant au moins une antenne (2) émettant, dans une bande de fréquence $[f_1, f_2]$ centrée sur une fréquence centrale (f_0), des ondes de polarisation au moins partiellement verticale, **caractérisé en ce que** l'antenne (2) est montée sur le mât (1) par un bras de liaison (4) et **en ce qu'**il comprend au moins deux dispositifs de découplage (3) électromagnétique disposés en-

tre l'antenne (2) et le mât de support (1) au moins un premier dispositif (3) étant disposé sur le mât (1) au-dessus dudit bras de liaison (4) et au moins un second dispositif (3) étant disposé sur le mât (1) en dessous dudit bras de liaison (4), et comprenant au moins un élément de découplage (5, 7, 17) électriquement conducteur de longueur comprise entre un cinquième et un tiers de la longueur d'onde (λ_0) des ondes émises par l'antenne (2) à la fréquence centrale (f_0), de manière à neutraliser les courants induits dans le mât (1) par les ondes émises par ladite antenne (2).

5. Mât selon la revendication 4, dans lequel au moins un élément de découplage (5, 7, 17) s'étend parallèlement au mât (1) sur une longueur environ égale au quart de la longueur d'onde (λ_0) des ondes émises par l'antenne (2) à la fréquence centrale (f_0).
6. Mât selon l'une des revendications précédentes 4 et 5, comprenant une pluralité d'éléments de découplage se présentant sous la forme de tiges (17) métalliques équiréparties coudées en forme de L et comprenant chacune une première portion (17a) disposée verticalement, parallèlement au mât (1), et une seconde portion (17b) disposée horizontalement, perpendiculairement au mât (1) et reliant celui-ci à l'extrémité inférieure de la première portion (17a) de sorte à former une ligne en court-circuit.
7. Mât selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'**au moins un dispositif (3) comprend en outre un anneau (20) électriquement conducteur reliant les extrémités supérieures de la première portion (17a) de chacune des tiges de sorte à former une structure ou cage de forme sensiblement cylindrique configurée pour être montée coaxialement sur le mât de support (1).
8. Mât selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'**au moins un dispositif (3) comprend en outre un second anneau électriquement conducteur sensiblement de même diamètre que le premier anneau (20) reliant les tiges (17) entre elles au niveau de leurs coudes (18).
9. Mât selon l'une des revendications précédentes 4 à 8, ledit mât (1) comprenant une pluralité de dispositifs de découplage (3), et dans lequel la somme de la hauteur d'un dispositif (3) et de l'espacement entre ledit dispositif (3) et un dispositif (3) disposé consécutivement sur le mât (1) est inférieure au quart de la longueur d'onde (λ_2) à la fréquence haute (f_2) de la bande de fréquence $[f_1, f_2]$ dans laquelle fonctionne l'antenne (2).
10. Mât selon l'une quelconque des revendications précédentes 4 à 9, dans lequel l'antenne (2) est omni-

directionnelle et se présente sous la forme d'un doublet demi-onde (2a), disposé verticalement et sensiblement parallèlement au mât (1), configuré pour émettre des ondes de polarisation sensiblement verticale.

Patentansprüche

1. Verfahren zur elektromagnetischen Entkopplung zwischen einem im wesentlichen vertikalen Trägermast (1), der aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt ist, und einer Antenne (2), die, zentriert um eine Mittelfrequenz (f_0), in einem Frequenzband $[f_1, f_2]$ Wellen mit wenigstens teilweiser vertikaler Polarisation sendet und die von dem Trägermast (1) getragen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antenne (2) auf dem Mast (1) mit einem Verbindungsarm (4) montiert ist und dass man auf dem Trägermast (1) zwischen der Antenne (2) und dem Mast (1) wenigstens zwei elektromagnetische Entkopplungsvorrichtungen (3) anordnet, die wenigstens ein elektrisch leitendes Entkopplungselement (5,7,17) mit einer Länge zwischen einem Fünftel und einem Drittel der Wellenlänge (λ_0) der Wellen, die von der Antenne (2) mit der Mittelfrequenz (f_0) gesendet werden, wenigstens eine erste Vorrichtung (3) ist auf dem Mast (1) oberhalb des Verbindungsarmes (4) und wenigstens eine zweite Vorrichtung (3) ist auf dem Mast (1) unterhalb des Verbindungsarmes (4) angeordnet, um die von den gesendeten Wellen der Antenne (2) in dem Mast (1) induzierten Ströme zu neutralisieren.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem wenigstens eine Entkopplungsvorrichtung (3) koaxial zu dem Mast (1) angeordnet ist.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem wenigstens eine Entkopplungsvorrichtung (3) entlang des Mastes (1) wenigstens auf der Höhe (L) der Antenne (2) angeordnet ist.
4. Im wesentlichen vertikaler Trägermast (1), der aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt ist, und wenigstens eine Antenne (2) aufweist, die, zentriert um eine Mittelfrequenz (f_0), in einem Frequenzband $[f_1, f_2]$ Wellen mit wenigstens teilweiser vertikaler Polarisation sendet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antenne (2) auf dem Mast (1) mit einem Verbindungsarm (4) montiert ist, und dass er wenigstens zwei elektromagnetische Entkopplungsvorrichtungen (3) umfasst, die zwischen der Antenne (2) und dem Mast (1) angeordnet sind, wobei eine erste Vorrichtung (3) auf dem Mast (1) oberhalb des Verbindungsarmes (4) und wenigstens eine zweite Vorrichtung (3) auf dem Mast (1) unterhalb des Verbindungsarmes (4) angeordnet sind, und wenigstens ein elektrisch leitendes Entkopplungselement (5,7,17) mit einer Länge zwischen einem Fünftel und einem Drittel der Wellenlänge (λ_0) der Wellen aufweist, die von der Antenne (2) mit der Mittelfrequenz (f_0) gesendet werden, um die von den gesendeten Wellen der Antenne (2) in dem Mast (1) induzierten Ströme zu neutralisieren.
5. Mast nach Anspruch 4, bei dem sich wenigstens ein Entkopplungselement (5,7,17) parallel zu dem Mast (1) auf einer Länge erstreckt, die ungefähr gleich einem Viertel der Wellenlänge (λ_0) der von der Antenne (2) bei der Mittelfrequenz (f_0) gesendeten Wellen entspricht.
6. Mast nach einem der vorstehenden Ansprüche 4 und 5, mit einer Mehrzahl von Entkopplungselementen aus gleichverteilten metallischen Stangen (17), die in Gestalt eines L gebogen sind und jeweils einen vertikal angeordneten ersten Abschnitt (17a) parallel zu dem Mast (1) und einen horizontal rechtwinklig zu dem Mast (1) angeordneten zweiten Abschnitt (17b) aufweisen, der mit dem unteren Ende des ersten Abschnittes (17a) verbunden ist, um eine Kurzschlussverbindung zu bilden.
7. Mast nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Vorrichtung (3) einen elektrisch leitenden Ring (20) aufweist, der die oberen Enden des ersten Abschnittes (17a) jeder Stange so verbindet, um eine(n) im wesentliche(n) zylindrische(n) Struktur oder Käfig zu bilden, die oder der dazu eingerichtet ist, um koaxial auf dem Trägermast (1) montiert zu werden.
8. Mast nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Vorrichtung (3) außerdem einen zweiten elektrisch leitenden Ring aufweist, der im Wesentlichen denselben Durchmesser wie der erste Ring (20) aufweist und die Stangen (17) untereinander auf der Höhe ihrer Biegung (18) verbindet.
9. Mast nach einem der vorstehenden Ansprüche 4 bis 8, wobei der Mast (1) eine Mehrzahl von Entkopplungseinrichtungen (3) aufweist und bei dem die Summe aus der Höhe einer Vorrichtung (3) und aus dem Zwischenraum zwischen der Vorrichtung (3) und einer nachfolgend auf dem Mast (1) angeordneten Vorrichtung (3) kleiner ist als ein Viertel der Wellenlänge (λ_2) bei der oberen Frequenz (f_2) des Frequenzbandes $[f_1, f_2]$, in welchem die Antenne (2) arbeitet.
10. Mast nach einem der vorstehenden Ansprüche 4 bis 9, bei dem die Antenne (2) unidirektional ist und die Form eines Halbwellendipols hat (2a), der vertikal und im Wesentlichen parallel zu dem Mast (1) angeordnet und dazu eingerichtet ist, um Wellen mit

im Wesentlichen vertikaler Polarisation zu senden.

Claims

1. Electromagnetic decoupling method of a substantially vertical support pole (1) made of an electrically conductive material and an antenna (2) which emits, in a frequency band $[f_1, f_2]$ centred on a central frequency (f_0), waves having an at least partially vertical polarisation, and which is supported by said supporting pole (1), **characterised in that** said antenna (2) is mounted on said pole (1) by a connection arm (4) and **in that** at least two electromagnetic decoupling devices (3) are arranged on the supporting pole (1) between the antenna (2) and the pole (1), including at least one electrically conductive decoupling element (5, 7, 17) having a length that is one fifth to one third of the wavelength (λ_0) of the waves emitted by the antenna (2) at the central frequency (f_0), at least a first device (3) being arranged on the pole (1) above said connection arm (4) and at least a second device (3) being arranged on the pole (1) below said connection arm (4), so as to neutralise the currents induced in the pole (1) by the waves emitted by said antenna (2).
2. Method according to claim 1, wherein at least one decoupling device (3) is arranged coaxially on the pole (1).
3. Method according to any one of the preceding claims, wherein at least one decoupling device (3) is arranged along the length of the pole (1) at least at the height (L) of the antenna (2).
4. Substantially vertical supporting pole (1), made of an electrically conductive material and including at least one antenna (2) which emits, in a frequency band $[f_1, f_2]$ centred on a central frequency (f_0), waves having an at least partially vertical polarisation **characterised in that** said antenna (2) is mounted on said pole (1) by a connection arm (4) and **in that** at least two electromagnetic decoupling devices (3) are arranged between the antenna (2) and the pole (1), including at least a primary device (3) being arranged on the pole (1) above said connection arm (4) and at least a secondary device (3) being arranged on the pole (1) below said connection arm (4), and including at least one electrically conductive decoupling element (5, 7, 17) having a length that is one fifth to one third of the wavelength (λ_0) of the waves emitted by the antenna (2) at the central frequency (f_0), so as to neutralise the currents induced in the pole (1) by the waves emitted by said antenna (2).
5. Pole according to claim 4, wherein at least one de-
- coupling element (5, 7, 17) extends parallel to the pole (1) over a length approximately equal to one quarter of the wavelength (λ_0) of the waves emitted by the antenna (2) at the central frequency (f_0).
6. Pole according to the preceding claims 4 and 5, including a number of decoupling elements presented in the form of evenly distributed metal rods (17) bent into an L shape, each including a first portion (17a) arranged vertically, parallel to the pole (1), and a second portion (17b) arranged horizontally, perpendicular to the pole (1), connecting this latter to the lower end of the first portion (17a) in order to form a short-circuit line.
7. Pole according to claim 6, **characterised in that** at least one device (3) further includes an electrically conductive ring (20) connecting the upper ends of the first portion (17a) of each rod so as to form a substantially cylindrical shaped structure or cage configured to be fitted coaxially on the supporting pole (1).
8. Pole according to claim 7, **characterised in that** at least one device (3) further includes a second electrically conductive ring substantially of the same diameter as the first ring (20) connecting the rods (17) to each other at their bends (18).
9. Pole according to any one of the preceding claims 4 to 8, said pole (1) including a number of decoupling devices (3), wherein the total of the height of a device (3) and the space between said device (3) and a device (3) arranged consecutively on the pole (1) is less than one quarter of the wavelength (λ_0) at high frequency (f_2) in the frequency band $[f_1, f_2]$ in which the antenna operates (2).
10. Pole according to any one of the preceding claims 4 to 9, wherein the antenna (2) is omnidirectional and is presented in the shape of a half-wave dipole (2a), arranged vertically and substantially parallel to the pole (1), configured to emit substantially vertical polarisation waves.

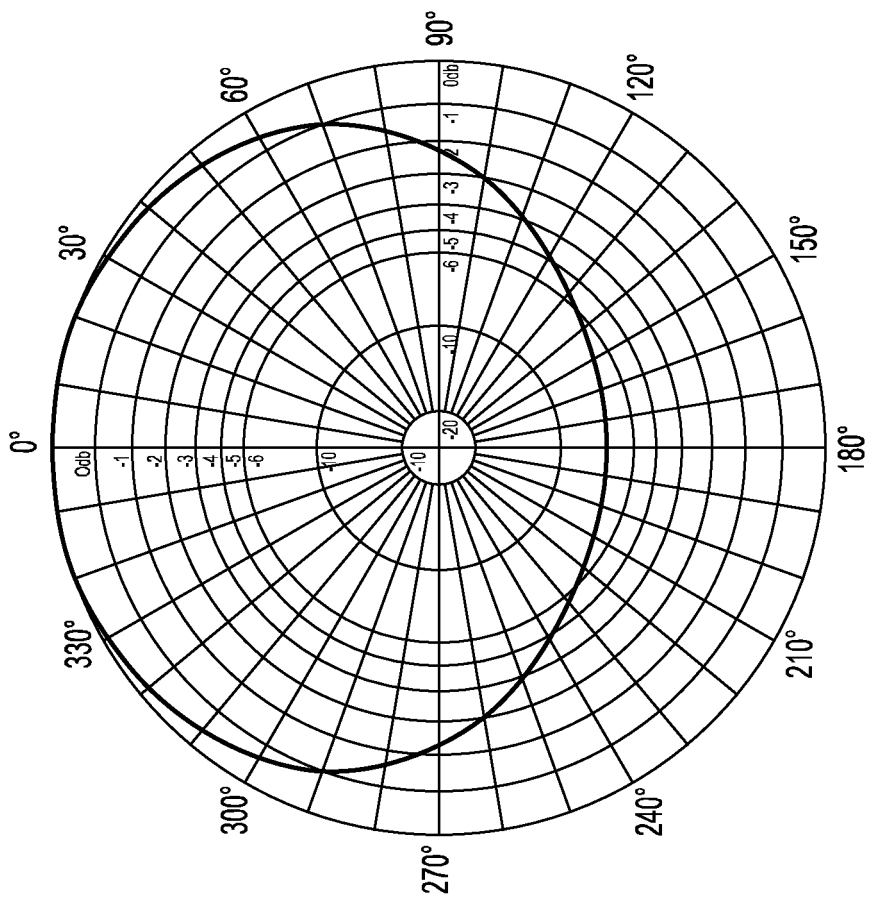


Fig. 1

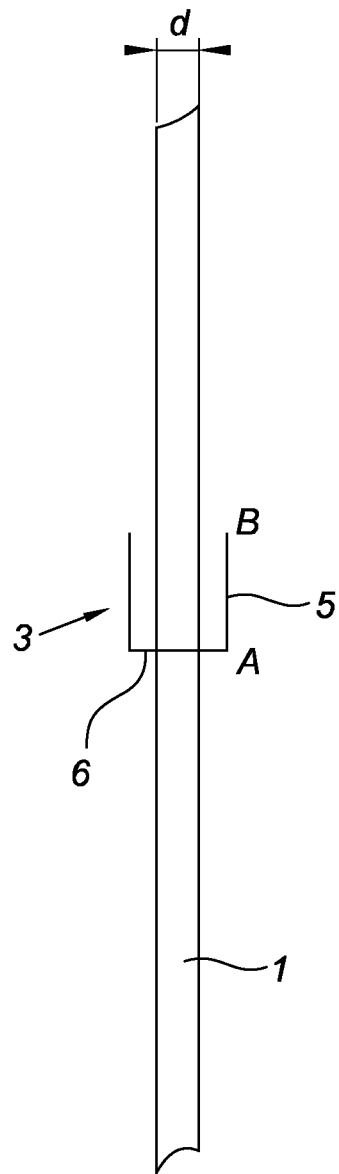


Fig. 2

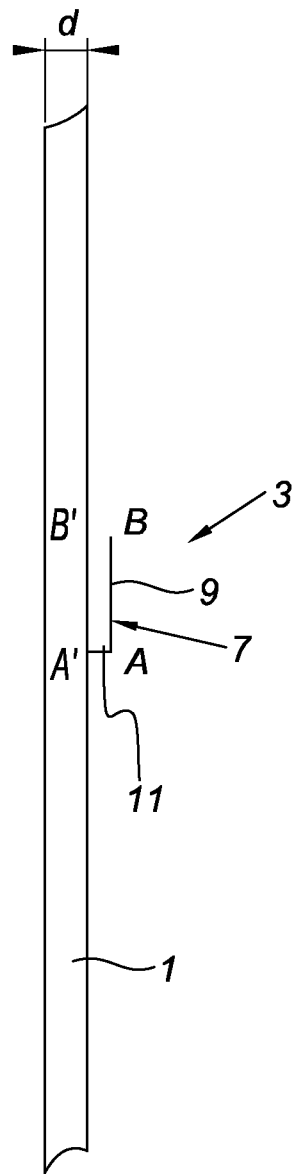


Fig. 3

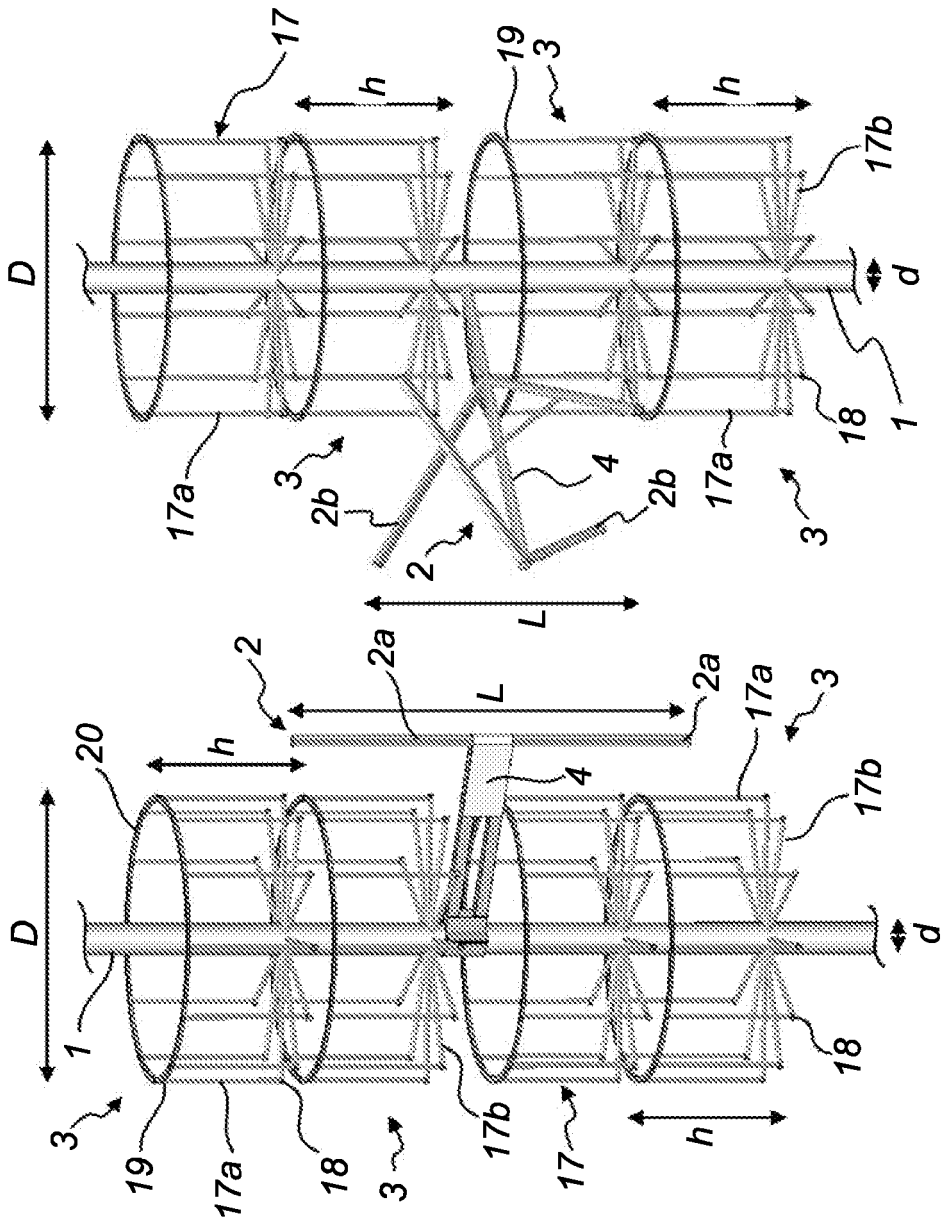


Fig. 5

Fig. 4

Fig. 6b

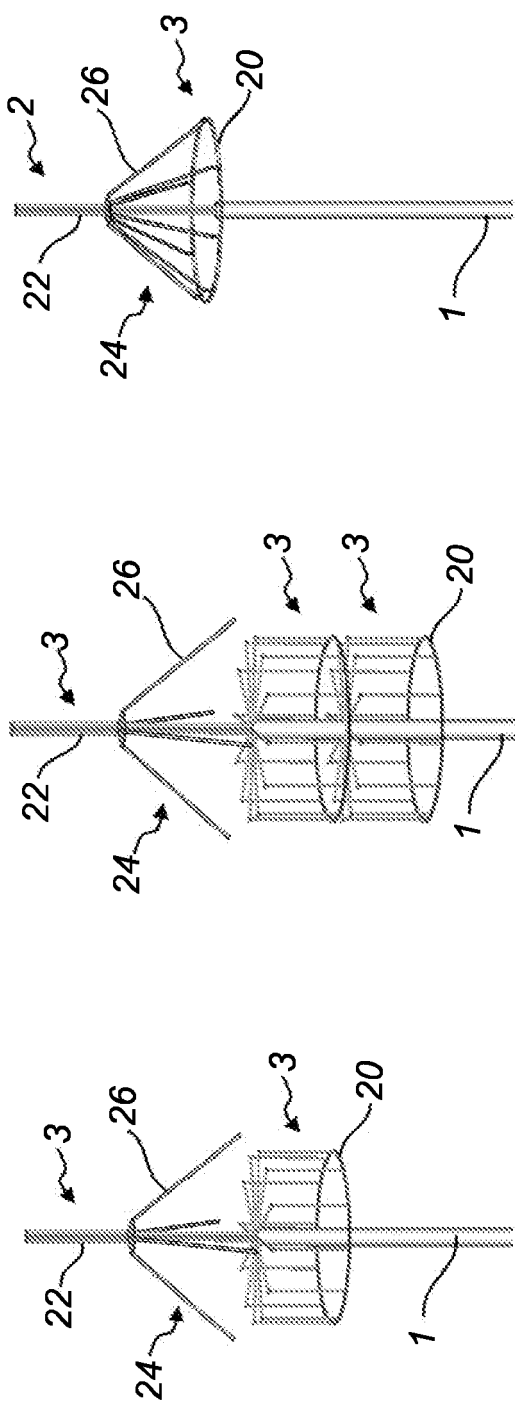


Fig. 6a

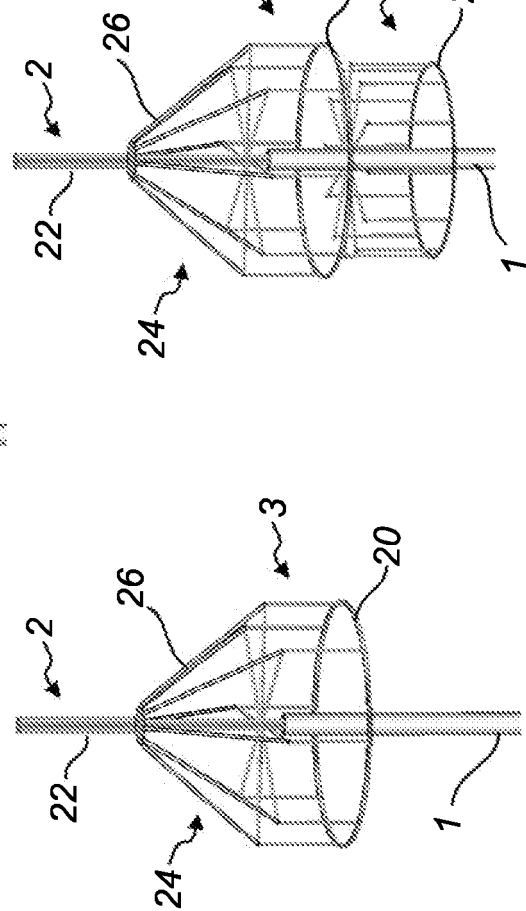


Fig. 6c

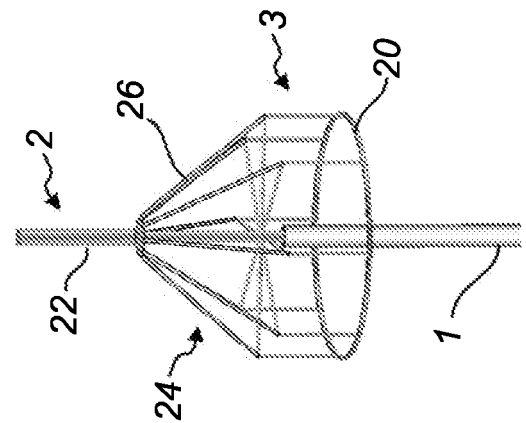


Fig. 6d

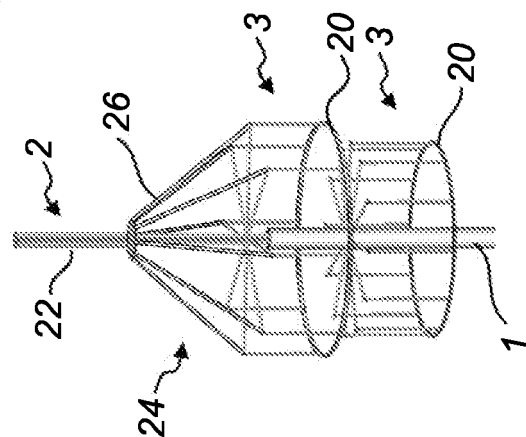


Fig. 6e

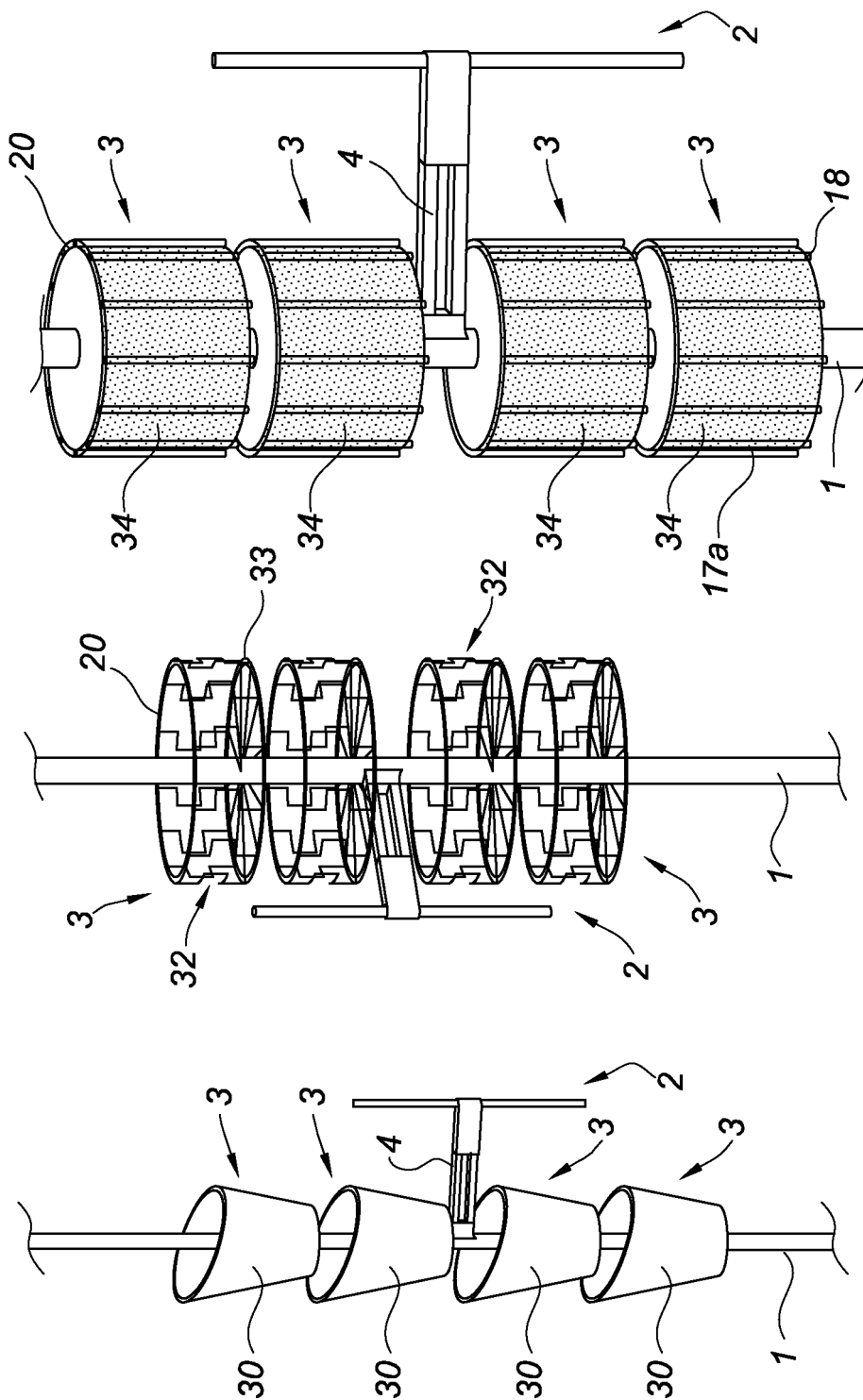


Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

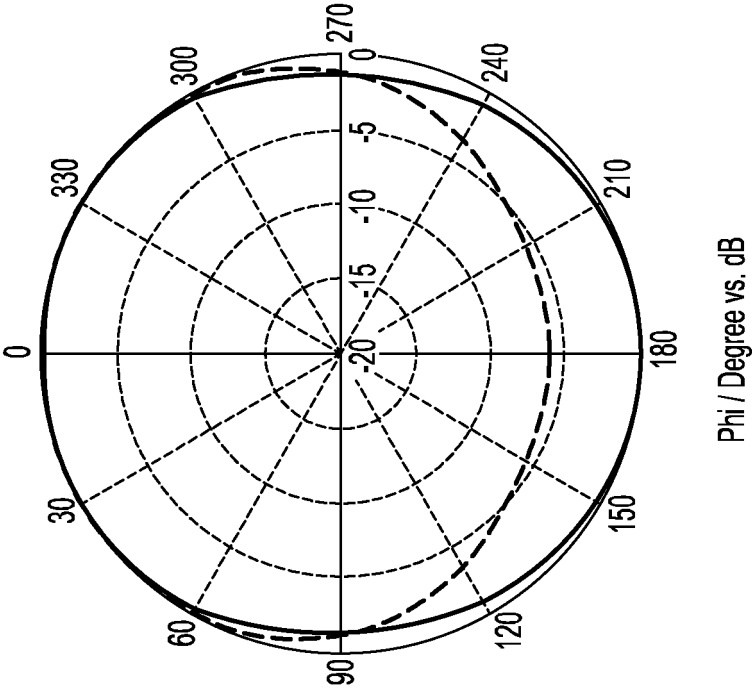


Fig. 10

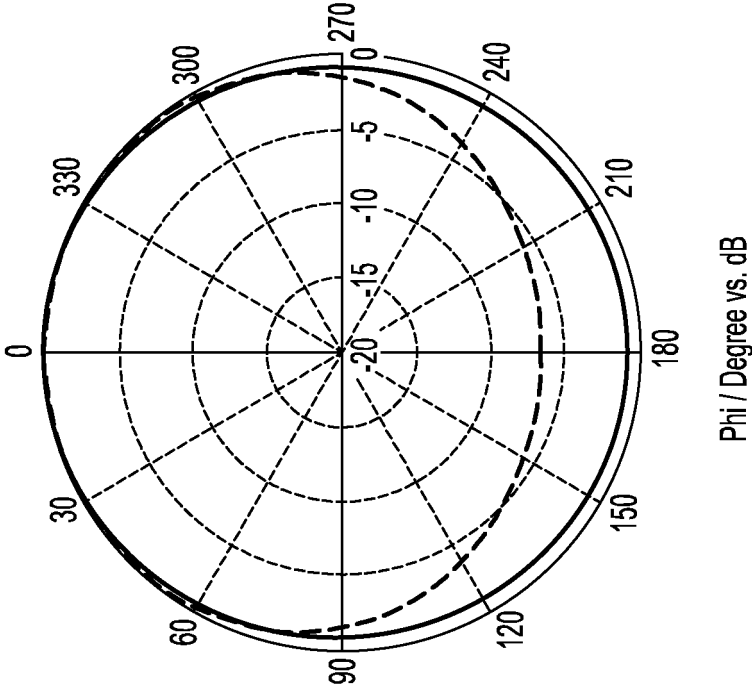


Fig. 11

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 2184940 A [0017]