



(11) **EP 1 350 285 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**06.08.2008 Bulletin 2008/32**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 13/04 (2006.01) H01Q 21/20 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **02711934.6**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR2002/000072**

(22) Date de dépôt: **10.01.2002**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2002/056418 (18.07.2002 Gazette 2002/29)**

(54) **SONDE ELECTROMAGNETIQUE**  
**ELEKTROMAGNETISCHE SONDE**  
**ELECTROMAGNETIC PROBE**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU**  
**MC NL PT SE TR**

(30) Priorité: **12.01.2001 FR 0100390**

(43) Date de publication de la demande:  
**08.10.2003 Bulletin 2003/41**

(73) Titulaire: **FRANCE TELECOM**  
**75015 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **BRACHAT, Patrice**  
**F-06000 Nice (FR)**

- **DEVILLERS, Frédéric**  
**F- 06300 Nice (FR)**
- **RATAJCZAK, Philippe**  
**F-06100 (FR)**
- **BILLS, Raymond**  
**F-016190 Roquebrune-Cap-Martin (FR)**

(74) Mandataire: **Joly, Jean-Jacques et al**  
**Cabinet Beau de Loménie**  
**158, rue de l'Université**  
**75340 Paris Cédex 07 (FR)**

(56) Documents cités:  
**GB-A- 2 165 097 US-A- 2 532 551**  
**US-A- 2 921 309 US-A- 6 035 951**

**EP 1 350 285 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]** La présente invention concerne le domaine des capteurs ou sondes électromagnétiques.

**[0002]** De nombreuses sondes ou capteurs électromagnétiques ont déjà été proposés. Cependant les moyens actuellement connus ne donnent pas toujours totalement satisfaction.

**[0003]** En particulier l'on n'a pas su jusqu'ici réaliser des sondes de petite taille capables néanmoins de couvrir une large bande de mesure : quelles que soient les solutions envisagées, dans les systèmes connus, toute réduction de taille (typiquement inférieure au quart de la longueur d'onde) est synonyme de réduction de bande passante.

**[0004]** Pour tenter de pallier à cet inconvénient, on a certes proposé de développer des sondes à partir d'antennes imprimées sélectives en fréquence, grâce à l'introduction d'un circuit électronique actif qui compense cette sélectivité en fonction de la fréquence. Pour cela des éléments non linéaires sont associés à l'antenne. Mais cette solution limite considérablement la sensibilité et rend donc difficile l'extraction des performances à une fréquence précise.

**[0005]** La présente invention a maintenant pour but de proposer une nouvelle sonde électromagnétique présentant des propriétés supérieures à celles des sondes antérieures connues.

**[0006]** Le document GB-A-2165097 décrit une antenne biconique comportant des cylindres de mousse servant de support à des ailettes de polarisation disposés entre les deux cônes et une plaque de base reliée au cône inférieur, sur le côté de celui-ci opposé au cône supérieur.

**[0007]** La présente invention a en particulier pour but de proposer une sonde compacte et large bande.

**[0008]** Typiquement l'objectif de la présente invention est de couvrir au moins près de deux octaves, et d'offrir une grande sensibilité, soit de 30 à 40 dB de dynamique avec un seuil de détection de l'ordre de 0,5 V/m.

**[0009]** Ces buts sont atteints dans le cadre de la présente invention grâce à une sonde telle que définie en revendication 1 annexée, laquelle est délimitée sous forme d'un préambule et d'une partie caractérisante par rapport au document GB-A-2165097.

**[0010]** Par ailleurs la présente invention concerne également une sonde comprenant en combinaison plusieurs ensembles du type précité, disposés selon des axes multiples non parallèles entre eux pour former une sonde multi-directionnelle, par exemple une sonde électromagnétique tri-axe, isotrope, large bande et compacte permettant de relever simultanément 3 composantes orthogonales du champ électromagnétique, en un même point, sans polarisation privilégiée.

**[0011]** D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur

lesquels :

- la figure 1 représente, selon une vue en coupe par une méridienne, la structure générale d'une antenne élémentaire conforme à la présente invention,
- la figure 2 représente l'abaque de Smith de l'antenne élémentaire isotrope large bande illustrée sur la figure 1,
- la figure 3 représente le R.O.S. de cette même antenne,
- la figure 4 représente le diagramme de rayonnement de l'antenne élémentaire isotrope large bande illustrée sur la figure 1, mesurée à une fréquence de 1 GHz,
- la figure 5 représente, selon une vue en coupe par une méridienne, la structure générale d'une antenne conforme à une variante de la présente invention, comprenant un milieu diélectrique choisi entre le cône réflecteur et le plan de sol,
- la figure 6 représente l'abaque de Smith de l'antenne élémentaire isotrope large bande illustrée sur la figure 5,
- la figure 7 représente le R.O.S. de cette même antenne,
- la figure 8 représente, selon une vue en coupe similaire passant par une méridienne, la structure générale d'une autre variante d'antenne conforme à la présente invention, et
- la figure 9 représente une vue schématique partielle en perspective d'une sonde tri-axe conforme à la présente invention comprenant trois antennes élémentaires.

**[0012]** On aperçoit sur la figure 1 annexée une antenne élémentaire 10 isotrope large bande conforme à la présente invention qui comprend pour l'essentiel :

- un cône réflecteur conformé 100
- un manchon conformé 200,
- un plan de sol 250,
- un élément formant stub d'adaptation 300 qui traverse le cône 100, et
- un milieu diélectrique 400 intercalé entre le cône réflecteur 100, d'un côté, et le manchon conformé 200 associé au plan de sol 250, de l'autre côté.

**[0013]** Comme on le voit sur la figure 1, de préférence selon l'invention, l'antenne 10 présente une symétrie de révolution autour d'un axe O-O.

**[0014]** Le cône réflecteur 100 possède une surface de base 102 circulaire, transversale à l'axe O-O. Cette surface de base 102 est essentiellement plane et perpendiculaire à l'axe O-O. En variante, comme illustré sur la figure 1, la surface de base 102 peut posséder, en saillie sur son centre, un fût 104, cylindrique par exemple à base 106, plane.

**[0015]** La surface de base 102 correspond à la face du cône 100 la plus éloignée du manchon 200 et du plan

de sol 250. Elle possède par exemple un diamètre D 102 de 97 mm.

**[0016]** Le cône réflecteur 100 possède un canal cylindrique traversant 110, de section constante. Le diamètre de celui-ci peut être de l'ordre de 9 mm.

**[0017]** La face 120 du réflecteur 100, tournée vers le manchon 200 et le plan de sol 250 est globalement conique, effilée en direction du plan de sol 250. Plus précisément selon la représentation de la figure 1, cette face 120 est délimitée par une génératrice incurvée, à courbure continue, à concavité dirigée vers l'extérieur. La flèche de cette génératrice est typiquement de l'ordre de 4 mm.

**[0018]** Le profil de cette surface 120 est adapté (déformation progressive vers l'espace libre) pour définir une impédance au moins sensiblement constante.

**[0019]** La hauteur axiale H100 du cône 100 (entre son sommet et la face de base 102) est typiquement de l'ordre de 31 mm.

**[0020]** Selon le mode de réalisation illustré sur la figure 1, le manchon 200 et le plan de sol 250 sont réalisés d'une seule pièce. Cependant en variante ils pourraient être formés de deux pièces séparées, non nécessairement accolées.

**[0021]** Le réflecteur 100, le manchon 200 et le plan de sol 250 sont formés en matériau électriquement conducteur, très avantageusement en métal, par exemple en aluminium.

**[0022]** Le plan de sol 250 est formé essentiellement d'un plateau transversal à l'axe O-O, au centre duquel le manchon 200 fait saillie en direction du réflecteur 100.

**[0023]** Selon la figure 1, le plan de sol 250 possède une surface de base 252 (la plus éloignée du réflecteur 100) circulaire, plane et perpendiculaire à l'axe O-O, munie en son centre d'un muret cylindrique 254 de faible épaisseur et hauteur, qui forme une gaine extérieure à la prise du signal.

**[0024]** La surface 252 a typiquement un diamètre de 120 mm.

**[0025]** Le muret 254 a par exemple une épaisseur radiale de l'ordre de 2 mm et une hauteur axiale de l'ordre de 6 mm.

**[0026]** Ce muret 254 entoure un alésage axial traversant étagé 260.

**[0027]** Cet alésage 260 possède deux tronçons juxtaposés axialement : un premier tronçon de faible section 262 qui débouche sur la face 252 et un second tronçon 266 de plus forte section qui débouche sur la face du manchon 200 dirigée vers le cône réflecteur 100.

**[0028]** Le tronçon 262 a par exemple un diamètre de l'ordre de 8 mm et une longueur de l'ordre de 11 mm. Le diamètre de ce tronçon 262 est typiquement identique à celui de l'alésage 110 formé dans le cône réflecteur 100.

**[0029]** Le tronçon 266 a par exemple un diamètre de l'ordre de 21 mm et une longueur de l'ordre de 17 mm.

**[0030]** Les deux tronçons 262, 266 sont reliés par un décrochement 264, en forme de couronne plane, perpendiculaire à l'axe O-O, dirigé vers le cône 100.

**[0031]** La face 270 du plan de sol 250 dirigée vers le cône réflecteur 100 peut faire l'objet de diverses variantes.

**[0032]** Selon la figure 1, elle comprend trois secteurs principaux : un secteur 272 radialement externe, un secteur médian 274 et un secteur radialement interne 278.

**[0033]** Le secteur 272 est délimité par une surface en couronne plane perpendiculaire à l'axe O-O. La largeur radiale de ce secteur 272 est typiquement de l'ordre de 11 mm.

**[0034]** De même le secteur 278 radialement interne est délimité par une surface en couronne plane perpendiculaire à l'axe O-O. La largeur radiale de ce secteur 278 est typiquement de l'ordre de 4,5 mm.

**[0035]** Le secteur médian 274 converge progressivement vers le cône réflecteur 100, en direction de l'axe O-O, soit du secteur externe 272 vers le secteur interne 278. Il possède une extension radiale de l'ordre de 27 mm. Le secteur médian 274 peut être délimité par une génératrice rectiligne. Cependant selon la représentation de la figure 1, ce secteur médian 274 est délimité par 2 tronçons 275, 276 adjacents, chacun rectiligne, qui forment en combinaison un dièdre d'une ouverture angulaire de l'ordre de 170°, à concavité dirigée vers l'extérieur.

**[0036]** Le manchon 200 fait saillie sur le secteur radialement interne 278, en direction du cône réflecteur 100.

**[0037]** Le manchon 200 permet de découpler le point d'attaque de l'antenne et le plan de sol 250, ce qui aide à l'adaptation du système.

**[0038]** Le manchon 200 peut faire l'objet de diverses variantes. Selon la figure 1, il est formé de deux cylindres juxtaposés axialement : un premier cylindre 210 suivi d'un second cylindre 220 de plus faible section.

**[0039]** Le premier cylindre 210 a typiquement un diamètre externe de l'ordre 32 mm et une longueur axiale de l'ordre de 6 mm.

**[0040]** Le second cylindre 220 a typiquement un diamètre externe de l'ordre de 23 mm et une longueur axiale de l'ordre de 5 mm.

**[0041]** Les deux cylindres 210, 220 ont un diamètre interne identique qui correspond au second tronçon 266 de l'alésage 260.

**[0042]** De préférence, comme on le voit sur la figure 1, le plan transversal à l'axe O-O défini par le sommet du cylindre 220 coïncide avec le plan défini par le sommet du cône réflecteur 100.

**[0043]** La distance axiale H1 séparant les faces 102 et 252 est typiquement de 54 mm.

**[0044]** Le stub 300 est formé d'un barreau rectiligne électriquement conducteur, de préférence en métal, qui prolonge l'âme centrale 402 de l'attaque coaxiale. Il est engagé dans les alésages 110 du réflecteur 100 et 260 du plan de sol 250 et manchon 200.

**[0045]** Cet élément 300 se comporte ainsi comme un stub série qui permet d'ajuster la valeur de l'impédance d'entrée et fournit un paramètre additionnel permettant l'élargissement de bande.

**[0046]** La longueur du stub 300 est égale à la distance séparant les deux faces externes opposées du dispositif définies par le fût 104 et la gaine 254.

**[0047]** Le stub 300 est raccordé, au niveau de cette gaine 254, à l'âme centrale 402 d'une ligne coaxiale d'alimentation 401 dont le blindage externe 404 est relié à la gaine 254. Le stub 300 a typiquement un diamètre de l'ordre de 4 mm. Ce diamètre doit être inférieur à celui de l'alésage 110 de sorte que le stub 300 soit centré dans les alésages 110 et 262, sans toucher le cône 100 ni le plan de sol 250.

**[0048]** La ligne coaxiale d'alimentation 401 est seulement schématiquement représentée sur la figure 1. Elle est par ailleurs reliée à toute connectique et/ou système d'exploitation approprié schématisé sous la référence 410.

**[0049]** Le milieu diélectrique 400 situé entre le cône réflecteur 100 et le plan de sol 250 ainsi que le manchon 200, peut faire l'objet de nombreuses variantes. Il peut s'agir d'air. Cependant comme on le verra par la suite, de préférence il s'agit d'un matériau diélectrique ayant une permittivité supérieure à 1.

**[0050]** Comme on le voit à l'examen des figures 2 et 3 annexées, la structure d'antenne, conforme à la présente invention, précédemment décrite, permet d'optimiser la boucle d'adaptation de manière à conserver un R.O.S. inférieur à 4 sur près de 200% de bande. Ceci est remarquable pour une structure dont la taille maximale (120 mm de plan de sol 250) reste de l'ordre du tiers de longueur d'onde, à 0,9 GHz.

**[0051]** L'antenne élémentaire 10 étant une structure de révolution autour de l'axe O-O, le diagramme de rayonnement sera de révolution autour de cet axe et toutes les coupes passant par l'axe O-O auront l'allure présentée à la figure 4 : un diagramme typique de dipôle, avec un champ nul sur l'axe O-O et un maximum de rayonnement à 90° de cet axe, c'est-à-dire dans la direction du plan de sol.

**[0052]** On a représenté sur la figure 5 annexée, selon une vue similaire en coupe passant par une méridienne, une variante de réalisation conforme à un mode de réalisation préférentiel de l'invention, globalement similaire à la figure 1, mais comprenant un milieu diélectrique 400 de permittivité choisie, intercalé entre le cône réflecteur 100 et le plan de sol 250, pour réduire encore l'encombrement de cet élément rayonnant.

**[0053]** Typiquement, le matériau diélectrique 400 possède une permittivité diélectrique proche de 4. Une telle variante permet de réduire l'encombrement hors tout de l'antenne élémentaire à 80 mm, soit le quart de la longueur d'onde à 900 MHz, tout en conservant les performances radioélectriques souhaitées. Le cône réflecteur 100 illustré sur la figure 5 est globalement similaire à celui de la figure 1. Cependant on notera qu'il ne comprend pas de fût 104. Son diamètre externe D102 est de l'ordre de 72 mm.

**[0054]** Selon le mode de réalisation illustré sur la figure 5, le plan de sol 250 est formé d'un plateau globalement

plan, possédant un diamètre externe D252 de l'ordre de 80 mm et une épaisseur axiale de l'ordre de 2 mm.

**[0055]** Selon la figure 5, le muret 254 formé en saillie sur la face du plan de sol 250 opposée au cône réflecteur 100, et conçu pour être raccordé à la gaine extérieure 404 de l'attaque coaxiale 401, possède typiquement un diamètre extérieur de l'ordre de 6,5 mm, un diamètre intérieur de l'ordre de 4 mm et une hauteur axiale de l'ordre de 6,5 mm.

**[0056]** Le plan de sol 250 illustré sur la figure 5 est muni sur sa face dirigée vers le cône réflecteur 100, et en son centre, d'un cylindre à base plane, 278, possédant typiquement un diamètre extérieur de l'ordre de 30 mm, un diamètre interne de l'ordre de 9,5 mm et une hauteur axiale de l'ordre de 2,5 mm.

**[0057]** Selon le mode de réalisation illustré sur la figure 5, le manchon conformé 200 est constitué de 3 cylindres 210, 220 et 230 en saillie sur la face du plan de sol 250, dirigée vers le cône réflecteur 100. Le diamètre extérieur de ces cylindres 210, 220 et 230, décroît d'un cylindre à l'autre, en rapprochement du cône réflecteur 100.

**[0058]** Typiquement :

- le premier cylindre 210 a un diamètre extérieur de l'ordre de 19 mm et une hauteur axiale de l'ordre de 2,5 mm,
- le deuxième cylindre 220 a un diamètre extérieur de l'ordre de 14 mm et une hauteur axiale de l'ordre de 2,5 mm,
- le troisième cylindre 230 a un diamètre extérieur de l'ordre de 11 mm et une hauteur axiale de l'ordre de 2,5 mm, et
- les diamètres intérieurs des trois cylindres 210, 220 et 230 sont identiques et égaux au diamètre interne du cylindre 278 formé sur le plateau du plan de sol 250, soit de l'ordre de 9,5 mm.

**[0059]** Le matériau diélectrique 400 peut remplir tout l'espace défini entre le cône réflecteur 100 et le plan de sol 250 associé au manchon conformé 200.

**[0060]** Néanmoins de préférence, comme on le voit sur la figure 5, il est prévu un « décroché » ou gorge annulaire 410 dans la partie basse du matériau diélectrique 400, adjacente au plan de sol 250. Cette disposition permet d'éviter une désadaptation trop importante entre le matériau diélectrique et l'espace libre.

**[0061]** Typiquement, cette gorge annulaire 410 possède une section rectangulaire dont le fond 412 est parallèle à l'axe O-O. La gorge annulaire, qui est de préférence remplie simplement d'air, débouche radialement sur l'extérieur du matériau diélectrique 400. Typiquement, le diamètre interne de la gorge 410 est de l'ordre de 36 mm et sa hauteur axiale de l'ordre de 19,5 mm.

**[0062]** Par ailleurs, comme illustré sur la figure 5, le stub d'adaptation 300 peut être formé de plusieurs tronçons présentant des diamètres différents. Selon le mode de réalisation de la figure 5, le stub d'adaptation 300 est formé de deux tronçons 310, 320.

**[0063]** Le premier tronçon 310 est placé dans l'alésage 110 du cône réflecteur 100. Il possède typiquement une longueur axiale de l'ordre de 189 mm et un diamètre externe de l'ordre de 3 mm. On notera que la face d'extrémité de ce premier tronçon 310 du stub 300 est placée en retrait par rapport à la face externe 102 du cône réflecteur 100.

**[0064]** Le second tronçon 320 du stub 300 possède un diamètre externe inférieur. Il est situé dans la partie centrale du matériau diélectrique 400 et traverse le plan de sol 250 ainsi que le muret 254 associé à celui-ci. Typiquement le second tronçon 320 possède une longueur axiale de l'ordre de 25 mm et un diamètre externe de l'ordre de 1,5 mm.

**[0065]** On notera également à l'examen de la figure 5 annexée la présence d'un manchon ou fourreau 500 possédant une permittivité diélectrique  $\epsilon_2$ , autour du second tronçon 320 du stub 300. Typiquement ce manchon diélectrique ou fourreau 500 possède un diamètre interne de l'ordre de 1,5 mm, un diamètre externe de l'ordre de 4 mm et une longueur axiale de l'ordre de 25 mm.

**[0066]** L'abaque de Smith et le R.O.S. de l'antenne élémentaire illustrée sur la figure 5 et précédemment décrite, sont représentés respectivement sur les figures 6 et 7 annexées.

**[0067]** On a illustré sur la figure 8 une variante de réalisation qui se distingue essentiellement du mode de réalisation précédemment décrit et représenté sur la figure 5 par la suppression du muret 254 remplacé par un décrochement 255 en creux formé sur la face 252 du plan de sol 250 la plus éloignée du cône réflecteur 100.

**[0068]** A titre d'exemple non limitatif, selon cette variante de réalisation :

- le matériau diélectrique 400 a une permittivité de l'ordre de 4, un diamètre externe de l'ordre de 80 mm, et une hauteur axiale au-dessus de la gorge 410 de l'ordre de 19,6 mm, la gorge 410 ayant une hauteur axiale de l'ordre de 19,6 mm et une profondeur radiale de l'ordre de 22 mm,
- le plan de sol 250 et le manchon 200 comportent 4 cylindres 278, 210, 220 et 230 globalement similaires quant à leur géométrie et dimension, aux dispositions précédemment décrites en regard de la figure 5,
- quant à la surface profilée conique 120, celle-ci possède un rayon interne de l'ordre de 2 mm, dans sa zone adjacente au manchon 200, et un rayon externe de l'ordre de 36,3 mm dans sa zone la plus éloignée, qui coïncide avec le plan de base 102 ; cette surface profilée 120 pouvant être assimilée à une succession de huit tronçons dont l'angle  $\theta$  par rapport à l'axe O-O est progressivement croissant en éloignement du plan de sol 250, les inclinaisons respectives  $\theta$  et les coordonnées des anneaux d'origine de chacun de ces huit segments considérés, respectivement à partir de l'axe central O-O et à partir du plan de base 102 étant typiquement, mais non limi-

tativement les suivantes :

- pour le premier segment :  $\theta_1 = 35^\circ$ ,  $x_1 = 2,06$  mm et  $z_1 = 25,667$  mm,
- pour le deuxième segment :  $\theta_2 = 40^\circ$ ,  $x_2 = 4,6274$  mm et  $z_2 = 22$  mm,
- pour le troisième segment :  $\theta_3 = 45^\circ$ ,  $x_3 = 7,7041$  mm et  $z_3 = 18,3334$  mm,
- pour le quatrième segment :  $\theta_4 = 50^\circ$ ,  $x_4 = 11,3708$  mm et  $z_4 = 14,6667$  mm,
- pour le cinquième segment :  $\theta_5 = 55^\circ$ ,  $x_5 = 15,7406$  mm et  $z_5 = 11$  mm,
- pour le sixième segment :  $\theta_6 = 60^\circ$ ,  $x_6 = 20,9771$  mm et  $z_6 = 7,3333$  mm,
- pour le septième segment :  $\theta_7 = 65^\circ$ ,  $x_7 = 27,328$  mm et  $z_7 = 3,6666$  mm, et
- pour le huitième segment :  $\theta_8 = 70^\circ$ ,  $x_8 = 31,2596$  mm et  $z_8 = 1,8333$  mm.

**[0069]** Comme indiqué précédemment, pour permettre la détection simultanément de composantes multiples du champ électromagnétique, la présente invention propose également une sonde comprenant plusieurs antennes élémentaires du type précité, disposées selon des axes multiples non parallèles entre eux. Typiquement à cet effet les plans de sol 250 s'appuient sur les faces externes d'un polyèdre de géométrie choisie.

**[0070]** Plus précisément encore, dans le cadre de la présente invention, la sonde ainsi proposée est une sonde électromagnétique tri-axe isotrope, large bande et compacte comprenant trois antennes élémentaires du type précédemment décrit en regard des figures 1 à 8, disposées selon trois axes orthogonaux deux à deux. A cet effet, comme illustré sur la figure 9, les plans de sol 250 de ces trois antennes élémentaires s'appuient sur les faces adjacentes d'un coin de cube 600, les axes O-O de chaque antenne élémentaire étant orthogonaux à la face d'appui considérée du cube et les cônes réflecteurs 100 respectifs disposés sur l'extérieur des plans de sol 250.

**[0071]** Une telle sonde tri-axe permet de détecter simultanément trois composantes orthogonales d'un champ électromagnétique et permet de ce fait de reconstituer le champ issu d'une polarisation quelconque.

**[0072]** Les inventeurs ont démontré que lors de la combinaison de plusieurs antennes élémentaires 10 comme illustré sur la figure 9, le couplage entre les différents éléments ne dégrade pas les performances. Par ailleurs la diffraction par les arêtes du cube 600 ne détruit pas l'isotropie des diagrammes de rayonnement.

**[0073]** Au contraire, cette combinaison conduit à un élargissement de la bande passante vers les basses fréquences. En fait, il s'avère que la présence du cube 600, en matériau électriquement conducteur, ou d'une façon plus générale d'un polyèdre, intégré dans les plans de sol 250, accroît le volume efficace de la sonde et provoque un élargissement de bande vers les basses fréquences.

[0074] Bien entendu la présente invention n'est pas limitée au mode de réalisation particulier qui vient d'être décrit mais s'étend à toute variante conforme à son esprit.

[0075] La présente invention peut trouver de nombreuses applications.

[0076] Elle s'applique en particulier à la mesure du champ électromagnétique en vue du contrôle du respect des normes environnementales, par exemple sur du matériel en phase de qualification.

[0077] La présente invention permet notamment de mesurer simultanément les champs dans les bandes GSM, DCS et UMTS soit de 0,9 GHz à 2,7 GHz.

[0078] On a décrit précédemment une surface conique 120 profilée et définie par une génératrice concave. En variante la génératrice définissant la surface profilée 120 pourrait être convexe, voire rectiligne, selon l'environnement et l'accord recherché.

[0079] Bien entendu l'invention n'est pas limitée en particulier aux géométries de manchon 200 et de plan de sol 250, illustrées sur les figures annexées et précédemment décrites.

[0080] De même l'invention n'est pas limitée à la géométrie de l'insert diélectrique 400 précédemment décrite et illustrée.

[0081] L'élément 300 constituant le stub d'adaptation peut être associé à tout type de terminaison appropriée, par exemple court-circuit, circuit ouvert, tronçons de ligne plus épais ou plus fins, capacités terminales ajustables (varactor), iris (décrochement) ou vis de réglage ajustable, etc..

[0082] On a évoqué une structure de sonde à trois antennes élémentaires orthogonales s'appuyant sur un coin de cube. Cependant l'invention peut être généralisée à tout type de polyèdre pour concevoir des sondes multibandes, multipolarisation...

[0083] En particulier toutes les valeurs dimensionnelles mentionnées dans la présente description ne doivent être considérées que comme purement indicatives d'exemples de réalisation non limitatifs de la présente invention

## Revendications

1. Sonde électromagnétique comportant au moins un ensemble (10) comprenant en combinaison :

- une liaison d'attaque (401) coaxiale,
- un plan de sol (250) relié à la gaine extérieure (404) de la liaison d'attaque (401) coaxiale,
- un cône réflecteur (100) placé en regard du plan de sol (250) et effilé en direction du plan de sol (250),

**caractérisé par le fait que :**

l'ensemble (10) comprend en outre

- un matériau diélectrique (400) situé entre le cône réflecteur (100) et le plan de sol (250); et

- un élément (300) en forme de tige, qui traverse au moins partiellement le cône réflecteur (100) et constitue un stub d'adaptation prolongeant l'âme centrale (402) de l'attaque coaxiale (401) ; et

- un manchon (200) étagé électriquement conducteur centré sur le plan de sol (250), et placé en regard du cône réflecteur (100), en saillie vers celui-ci.

2. Sonde selon la revendication 1, **caractérisée par le fait que** l'ensemble (10) présente une symétrie de révolution autour d'un axe central O-O.

3. Sonde selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée par le fait que** le cône réflecteur (100) a une surface profilée (120) définie par une génératrice concave en direction du plan de sol (250).

4. Sonde selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée par le fait que** le plan de sol (250) est défini par un plateau.

5. Sonde selon la revendication 4, **caractérisée par le fait que** le plan de sol (250) a une surface dirigée vers le cône réflecteur (100), qui converge vers celui-ci en direction d'un axe central O-O.

6. Sonde selon la revendication 5, **caractérisée par le fait que** la surface convergente du plan de sol (250) possède une courbure globalement continue.

7. Sonde selon la revendication 5, **caractérisée par le fait que** la surface convergente du plan de sol (250) est formée par un plateau globalement plan, muni en son centre d'un cylindre en saillie (278).

8. Sonde selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisée par le fait que** le manchon (200) est composé de plusieurs cylindres coaxiaux (210, 220, 230), de diamètres décroissants, en direction du cône réflecteur (100).

9. Sonde selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisée par le fait qu'une** partie au moins du milieu diélectrique (400) possède une permittivité supérieure à 1.

10. Sonde selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisée par le fait que** le milieu diélectrique (400) remplit sensiblement l'espace compris entre le cône réflecteur (100) et le plan de sol (250), à l'exception d'une zone périphérique (410), adjacente au plan de sol (250).

11. Sonde selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisée par le fait que** le plan de sol (250) et le manchon (200) sont formés d'une pièce unique.
12. Sonde selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisée par le fait que** l'élément en forme de tige (300) constituant un stub est étagé. 5
13. Sonde selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisée par le fait qu'il** comprend un fourreau diélectrique (500) qui entoure au moins une partie de l'élément en forme de tige (300) formant stub. 10
14. Sonde selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisée par le fait qu'elle** comprend plusieurs ensembles (10) centrés sur des axes non parallèles entre eux, pour former une sonde multi-directionnelle. 15
15. Sonde selon la revendication 14, **caractérisée par le fait que** les plans de sol (250) des différents ensembles élémentaires (10) s'appuient sur les faces externes d'un polyèdre (600). 20
16. Sonde selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisée par le fait qu'elle** comprend trois ensembles élémentaires (10), centrés sur des axes O-O, respectivement orthogonaux deux à deux. 25
17. Sonde selon l'une des revendications 14 à 16, **caractérisée par le fait qu'elle** comprend trois ensembles élémentaires (10) qui s'appuient sur les faces d'un coin de cube (600). 30
18. Sonde selon l'une des revendications 14 à 17, **caractérisée par le fait qu'elle** comprend un polyèdre support (600), intégré au plan de sol (250) des différents ensembles élémentaires (10). 35

## Claims

1. Electromagnetic probe comprising at least one assembly (10) comprising, in combination: 40
- a coaxial driving link (401),
  - a floor plane (250) linked to the outer sheathing (404) of the coaxial driving link (401),
  - a reflective cone (100) placed facing the floor plane (250) and drawn in the direction of the floor plane (250), 50
- characterized in that:**
- the assemble (10) also comprises 55
- a dielectric material (400) situated between the reflective cone (100) and the floor

plane (250); and

- a rod-shaped element (300), which passes at least partially through the reflective cone (100) and constitutes an adaptation stub prolonging the central core (402) of the coaxial driver (401); and
- a staged electrically conductive sleeve (200) centred on the floor plane (250), and placed facing the reflective cone (100), projecting towards the lamp.

2. Probe according to Claim 1, **characterized in that** the assembly (10) presents a symmetry of revolution about a central axis O-O.
3. Probe according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the reflective cone (100) has a shaped surface (120) defined by a concave generatrix in the direction of the floor plane (250).
4. Probe according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the floor plane (250) is defined by a plate.
5. Probe according to Claim 4, **characterized in that** the floor plane (250) has a surface directed towards the reflective cone (100), which converges towards the latter in the direction of a central axis O-O.
6. Probe according to Claim 5, **characterized in that** the convergent surface of the floor plane (250) has an overall continuous curvature.
7. Probe according to Claim 5, **characterized in that** the convergent surface of the floor plane (250) is formed by a substantially flat plate, provided with a projecting cylinder (278) at its centre.
8. Probe according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the sleeve (200) consists of several coaxial cylinders (210, 220, 230) of decreasing diameters, in the direction of the reflective cone (100).
9. Probe according to one of Claims 1 to 8, **characterized in that** at least a part of the dielectric medium (400) has a permittivity greater than 1. 45
10. probe according to one of Claims 1 to 9, **characterized in that** the dielectric medium (400) more or less fills the space between the reflective cone (100) and the floor plane (250), apart from a peripheral zone (410), adjacent to the floor plane (250).
11. Probe according to one of Claims 1 to 10, **characterized in that** the floor plane (250) and the sleeve (200) are formed from a single part.
12. Probe according to one of Claims 1 to 11, **characterized in that** the stub-forming rod-shaped element

(300) is staged.

13. Probe according to one of Claims 1 to 12, **characterized in that** it comprises a dielectric sheath (500) which surrounds at least a part of the stub-forming rod-shaped element (300). 5
14. Probe according to one of Claims 1 to 13, **characterized in that** it comprises several assemblies (10) centred on axes that are not parallel to each other, to form a multidirectional probe. 10
15. Probe according to Claim 14, **characterized in that** the floor planes (250) of the various individual assemblies (10) bear on the external faces of a polyhedron (600). 15
16. Probe according to one of Claims 1 to 15, **characterized in that** it comprises three individual assemblies (10), centred on axes O-O, respectively orthogonal in pairs. 20
17. Probe according to one of Claims 14 to 16, **characterized in that** it comprises three individual assemblies (10) which bear on the faces adjoining a corner of a cube (600). 25
18. Probe according to one of Claims 14 to 17, **characterized in that** it comprises a supporting polyhedron (600), incorporated in the floor plane (250) of the various individual assemblies (10). 30

#### Patentansprüche

1. Elektromagnetische Sonde, die mindestens eine Feinheit (10) aufweist, die in Kombination enthält:
  - eine koaxiale Antriebsverbindung (401),
  - ein Gegengewicht (250), das mit der Außenhülle (404) der koaxialen Antriebsverbindung (401) verbunden ist,
  - einen Reflektorkegel (100), der gegenüber dem Gegengewicht (250) angeordnet ist und sich in Richtung des Gegengewichts (250) verzüngt,

**dadurch gekennzeichnet, dass** die Einheit (10) außer dem aufweist

  - ein dielektrisches Material (400), das sich zwischen dem Reflektorkegel (100) und dem Gegengewicht (250) befindet; und
  - ein Element (300) in Form einer Stange, das zumindest zum Teil den Reflektorkegel (100) durchquert und einen Anpassungs-Stub bildet, der den zentralen Kern (402) der koaxialen Antriebsverbindung (401) verlängert und

- eine gestufte, elektrisch leitende Muffe (200), die auf das Gegengewicht (250) zentriert ist und gegenüber dem Reflektorkegel (100) zu diesem hin vorstehend angeordnet ist.

2. Sonde nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einheit (10) eine Drehsymmetrie um eine zentrale Achse O-O aufweist.
3. Sonde nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reflektorkegel (100) eine Profilfläche (120) hat, die von einer konkaven Mantellinie in Richtung des Gegengewichts (250) definiert wird.
4. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gegengewicht (250) von einer Platte definiert wird.
5. Sonde nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gegengewicht (250) eine zum Reflektorkegel (100) gerichtete Fläche hat, die zu diesem in Richtung einer zentralen Achse O-O konvergiert.
6. Sonde nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die konvergierende Fläche des Gegengewichts (250) eine global kontinuierliche Krümmung aufweist.
7. Sonde nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die konvergierende Fläche des Gegengewichts (250) von einer global ebenen Platte gebildet wird, die in ihrer Mitte mit einem vorstehenden Zylinder (278) versehen ist.
8. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Muffe (200) aus mehreren koaxialen Zylindern (210, 220, 230) mit abnehmenden Durchmessern in Richtung des Reflektorkegels (100) besteht.
9. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Teil des Dielektrikums (400) eine Permittivität von mehr als 1 besitzt.
10. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dielektrikum (400) im Wesentlichen den Raum füllt, der zwischen dem Reflektorkegel (100) und dem Gegengewicht (250) liegt, mit Ausnahme einer Umfangszone (410), die dem Gegengewicht (250) benachbart ist.
11. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gegengewicht (250) und die Muffe (200) aus einem Stück geformt sind.



12. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das einen Stub bildende stangenförmige Element (300) gestuft ist.
13. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine dielektrische Hülse (500) aufweist, die zumindest einen Teil des stangenförmigen Elementes (300) umgibt, das einen Stub formt. 5
14. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mehrere Einheiten (10) aufweist, die auf zueinander nicht parallele Achsen zentriert sind, um eine multidirektionale Sonde zu formen. 10
15. Sonde nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gegengewichte (250) der verschiedenen Elementareinheiten (10) sich auf die Außenseiten eines Polyeders (600) stützen. 15
16. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie drei Elementareinheiten (10) aufweist, die orthogonal paarweise auf Achsen O-O zentriert sind. 20
17. Sonde nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie drei Elementareinheiten (10) aufweist, die sich auf die Seiten einer Würfecke (600) stützen. 25
18. Sonde nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Stützpolyeder (600) aufweist, das in das Gegengewicht (250) der verschiedenen Elementarelemente (10) integriert ist. 30

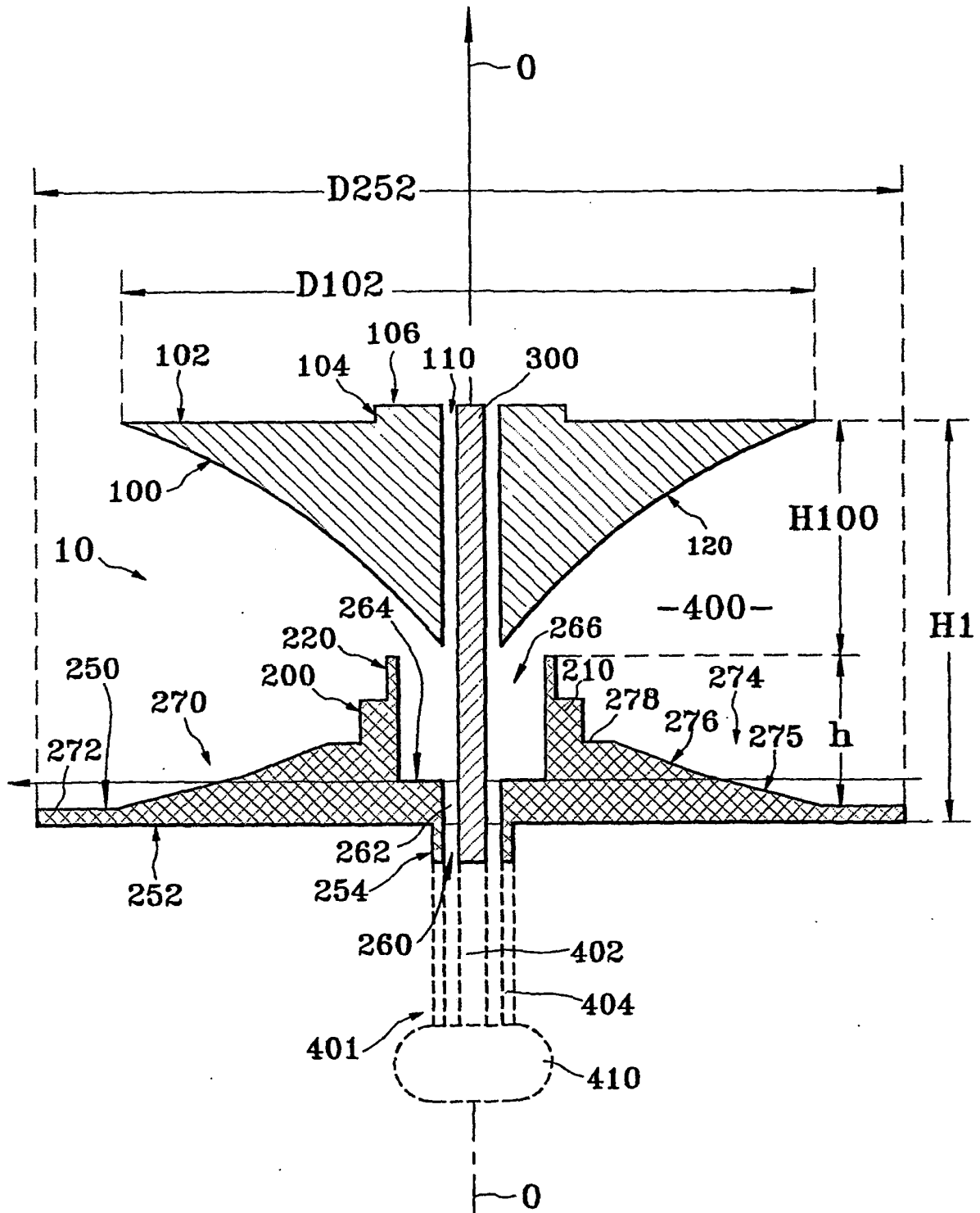
40

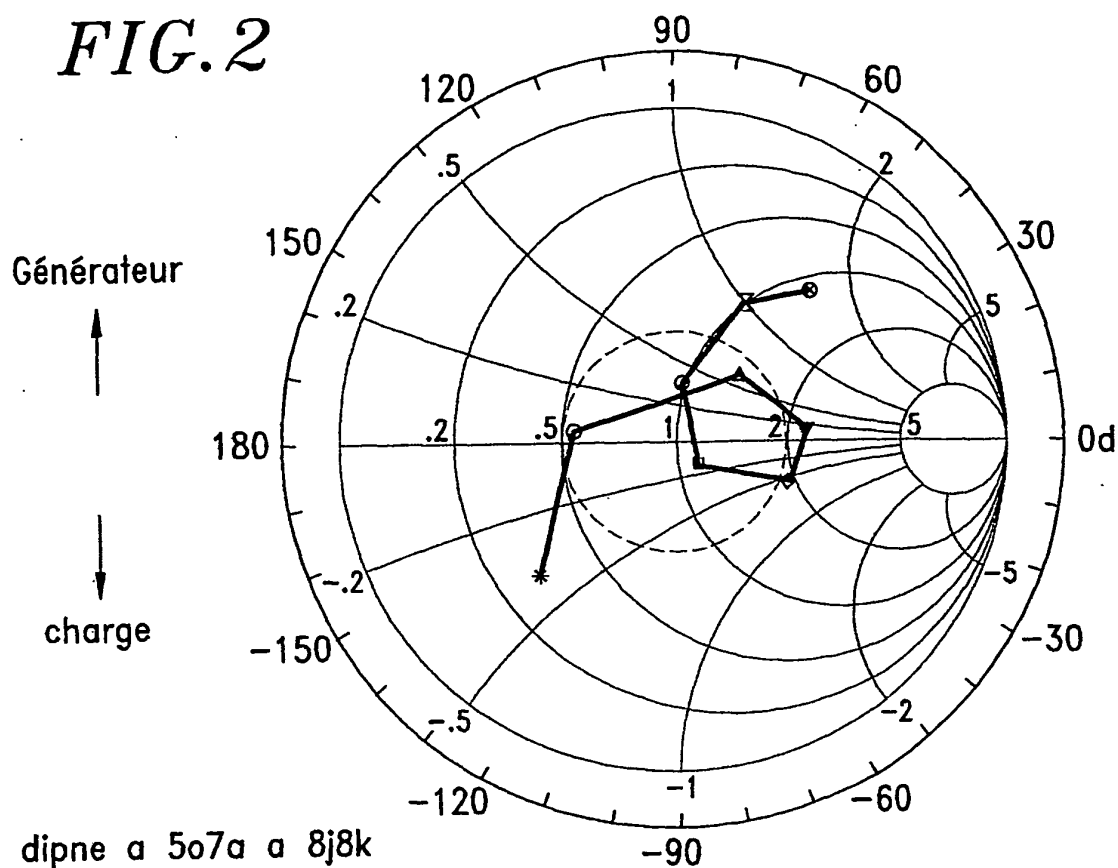
45

50

55

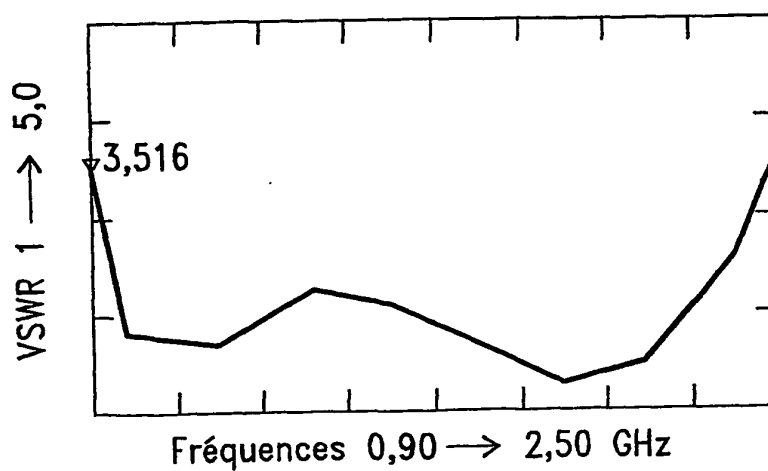
*FIG. 1*



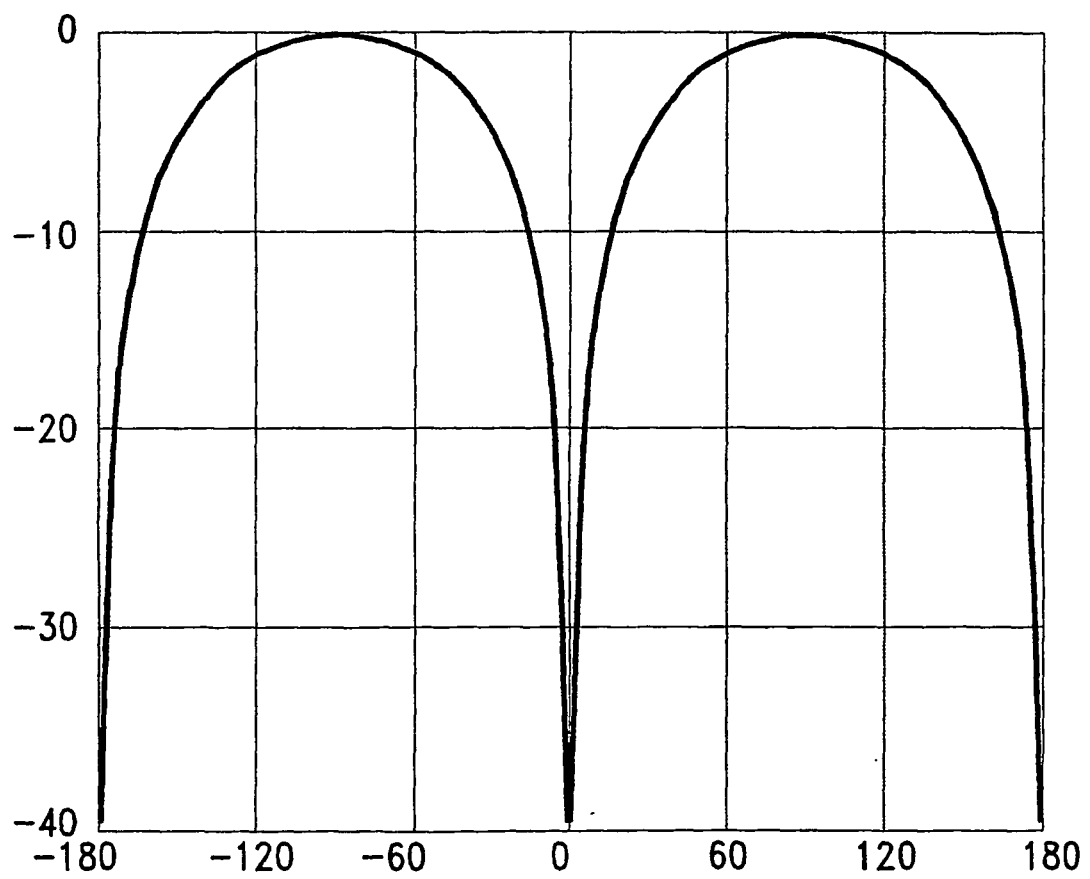
*FIG. 2*

dipne a 5o7a a 8j8k

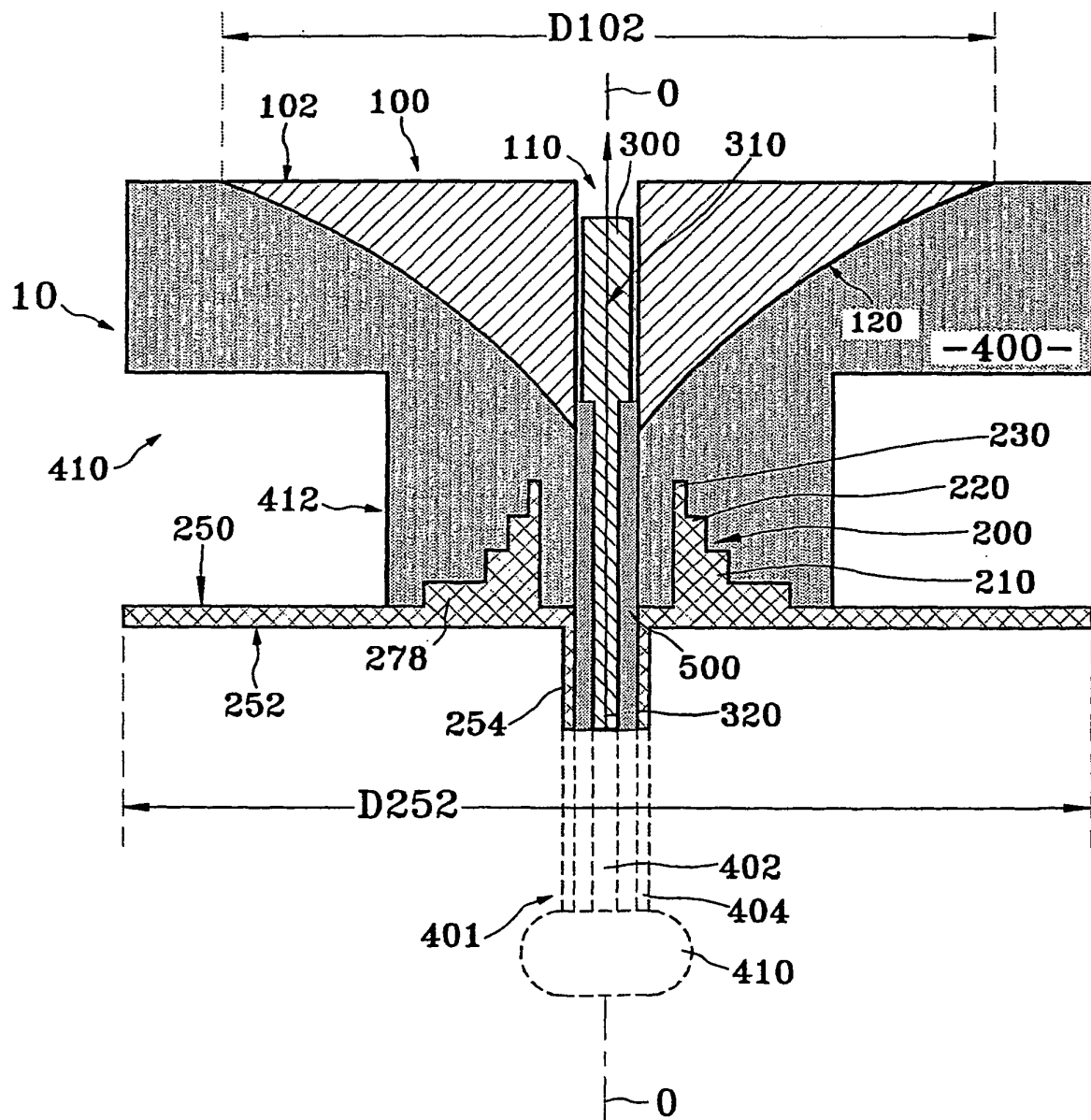
* 0,900	□ 2,000
○ 1,000	◊ 2,200
△ 1,200	⊗ 2,400
▽ 1,400	⊗ 2,500
◇ 1,600	

*FIG. 3*

*FIG. 4*



*FIG. 5*



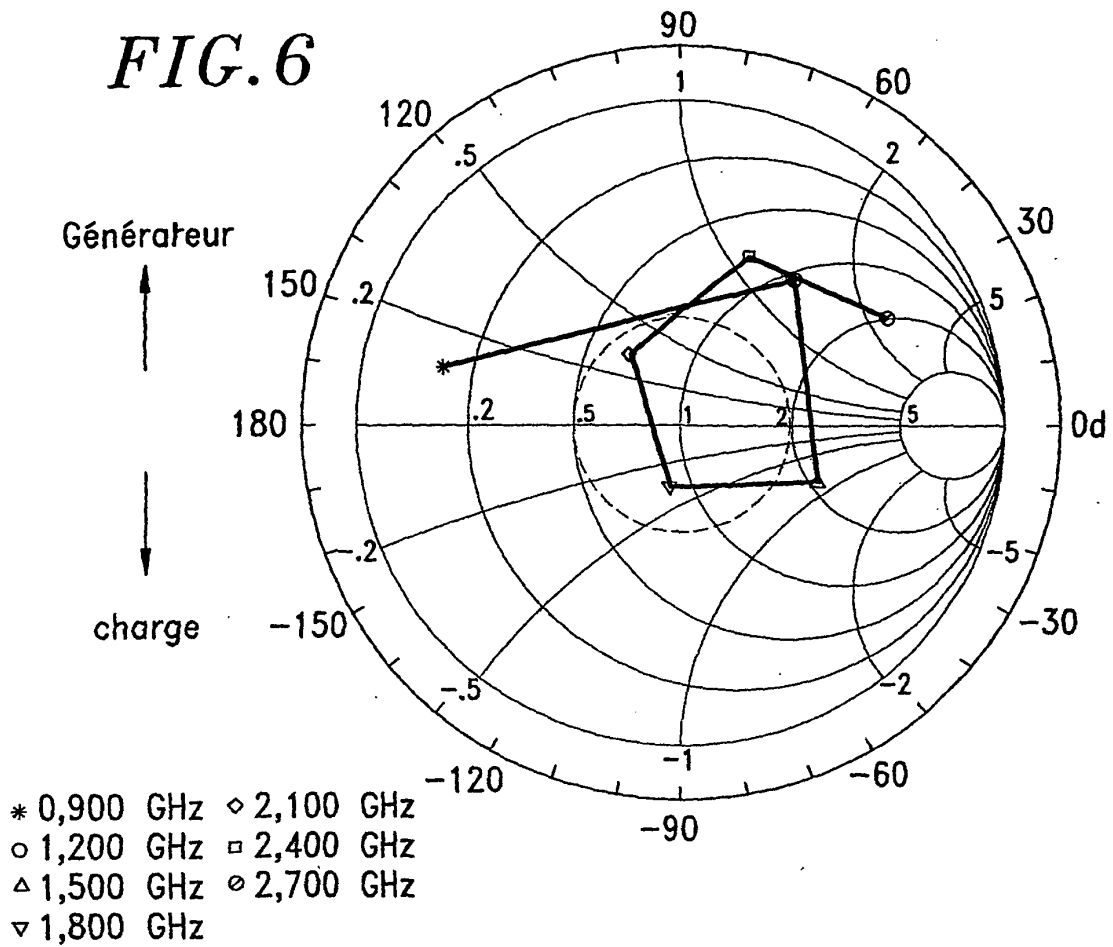
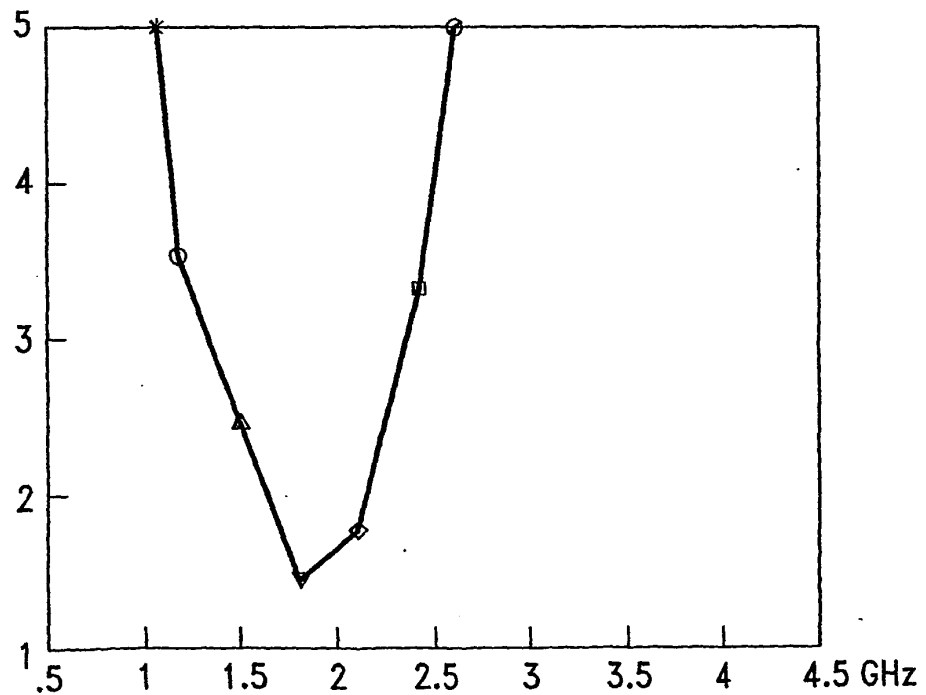
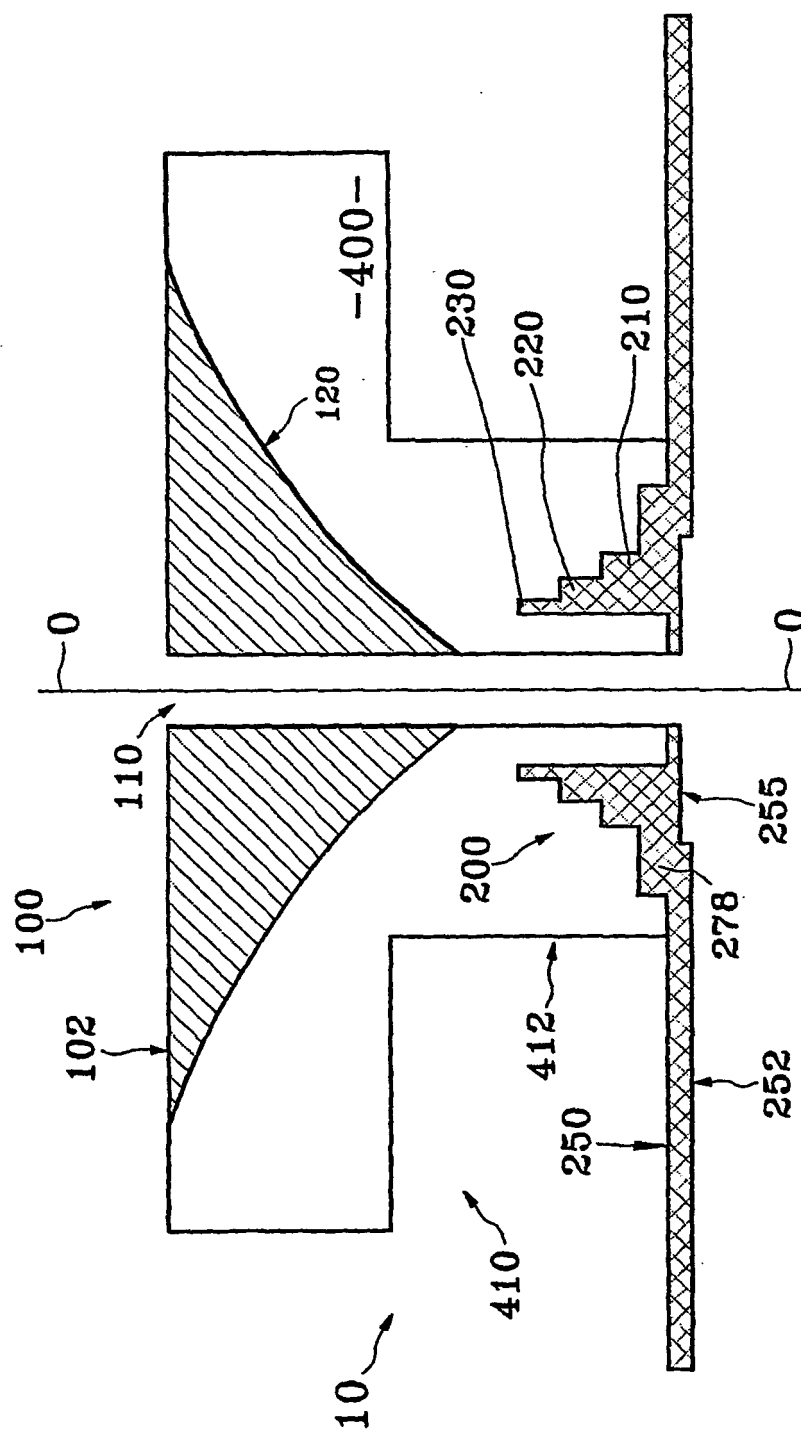
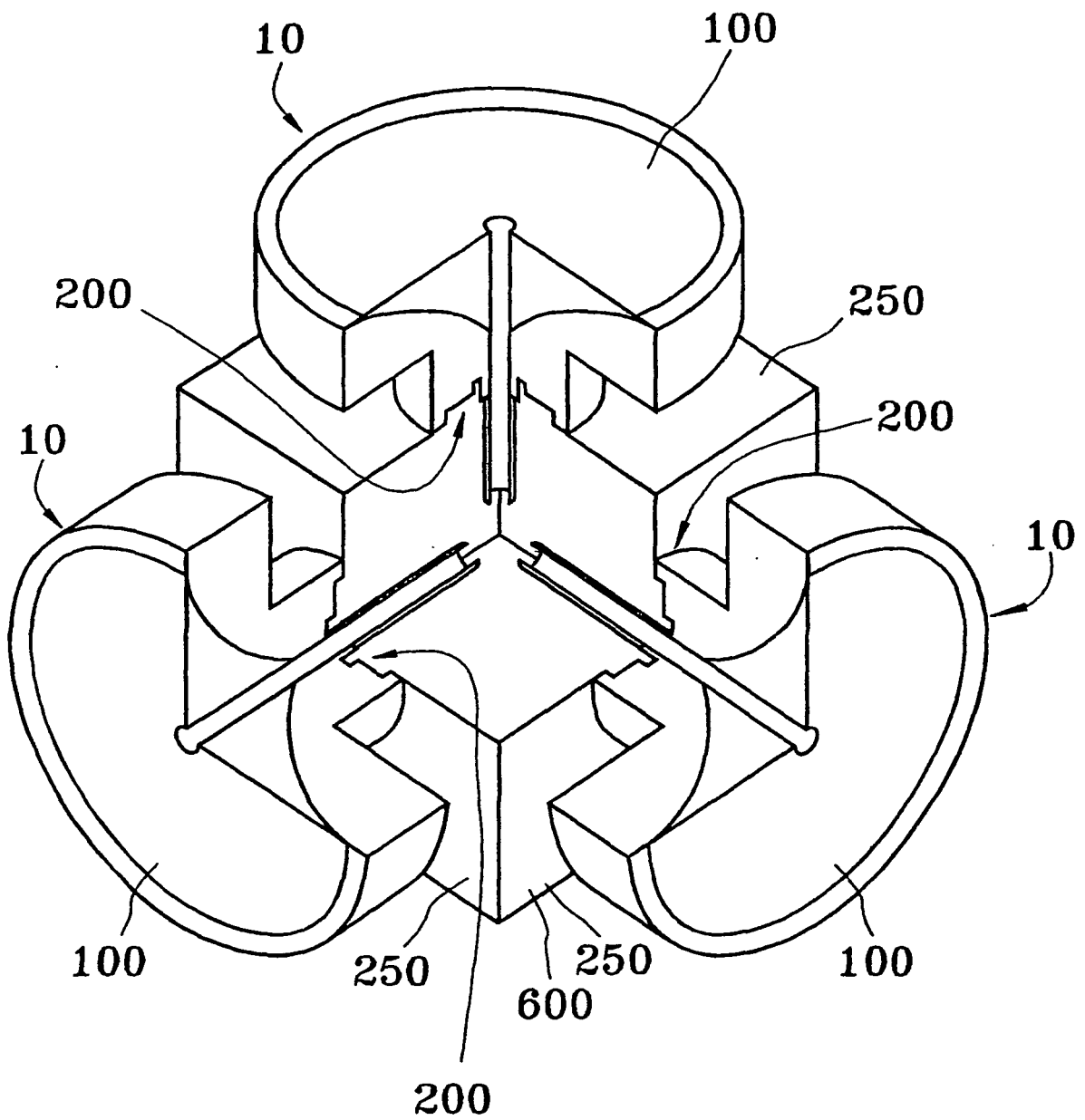
*FIG. 6**FIG. 7*

FIG. 8



*FIG. 9*





**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**

- GB 2165097 A [0006] [0009]