



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
28.06.2023 Bulletin 2023/26

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01Q 5/357 (2015.01) **H01Q 9/04** (2006.01)
H01Q 9/36 (2006.01) **H01Q 5/50** (2015.01)

(21) Numéro de dépôt: **22215644.0**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01Q 9/0421; H01Q 5/357; H01Q 5/50;
H01Q 9/045; H01Q 9/36

(22) Date de dépôt: **21.12.2022**

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

(72) Inventeurs:
• **ALLABOUCHE, Kaoutar**
38054 GRENOBLE CEDEX 09 (FR)
• **BORIES, Serge**
38054 GRENOBLE CEDEX 09 (FR)
• **DELAUD, Christophe**
38054 GRENOBLE CEDEX 09 (FR)

(30) Priorité: **23.12.2021 FR 2114355**

(74) Mandataire: **Atout PI Laplace**
Immeuble "Visium"
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(71) Demandeur: **Commissariat à l'énergie atomique**
et aux énergies alternatives
75015 Paris (FR)

(54) **ANTENNE FIL PLAQUE MONOPOLAIRE À BANDE PASSANTE ÉLARGIE**

(57) L'invention a pour objet une antenne de type fil-plaque comprenant : un plan de masse; un toit capacitif placé en regard du plan de masse à une distance de séparation prédéterminée ; une sonde d'alimentation; au moins un fil de court-circuit, électriquement conducteur, reliant le toit capacitif et le plan de masse, le fil de

court-circuit étant destiné à exciter un premier mode de résonance à une première longueur d'onde de résonance; et au moins un fil d'adaptation d'impédance, électriquement conducteur, reliant le fil conducteur de court-circuit et la sonde d'alimentation de manière à créer une inductance parasite;

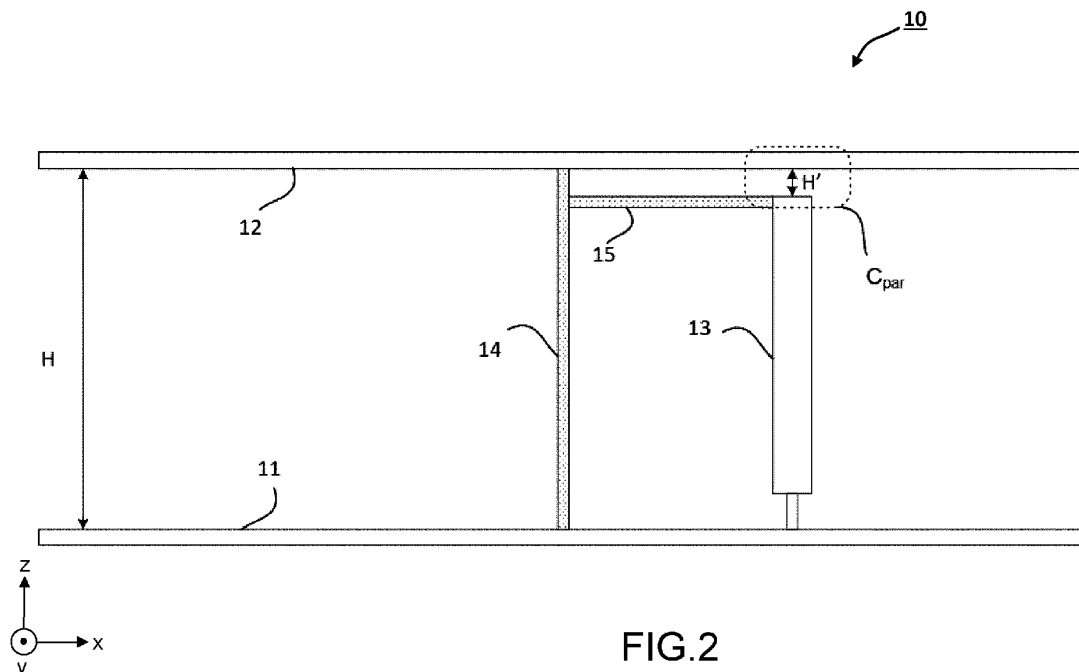


FIG.2

Description

Champ d'application

[0001] La présente invention concerne le domaine des antennes et plus particulièrement les antennes miniaturisées qui peuvent être intégrées dans des systèmes embarqués. Plus spécifiquement, l'invention concerne les antennes de type fil-plaque monopolaire.

[0002] L'invention trouve application, à titre d'exemples non limitatifs, dans les systèmes de radiocommunication ou dans les systèmes de géolocalisation d'objets en mouvement.

Problème soulevé

[0003] On entend par « antenne miniature » une antenne ayant des dimensions de l'ordre de la longueur d'onde de la fréquence de résonance minimale de fonctionnement, divisée par $2 \times \pi$. Les antennes miniatures présentent l'avantage d'être compatible avec des systèmes embarqués et des circuits intégrés largement utilisés dans les domaines d'appareils mobiles, la téléphonie, la géolocalisation. Cependant, la miniaturisation d'une antenne réduit les performances de l'antenne en terme de bande passante. Plus les dimensions de l'antenne sont réduites par rapport à la longueur d'onde de fonctionnement pour améliorer son intégrabilité, moins la bande passante BW est large. D'autre part, on introduit le coefficient de qualité de l'antenne Q inversement proportionnel à la bande passante BW de l'antenne miniaturisée.

[0004] On entend par bande passante la plage de fréquences dans laquelle le transfert d'énergie de l'alimentation vers l'antenne ou de l'antenne vers le récepteur est maximisé. La bande passante peut être définie selon un critère en fonction du coefficient de réflexion de l'antenne. Dans ce qui suit, on choisit un critère de « inférieure à -6dB » comme limite du coefficient de réflexion en fonction de la fréquence pour déterminer la bande passante. Ce critère n'est donné qu'à titre d'exemple.

[0005] On entend par facteur de qualité Q le paramètre indiquant le taux d'amortissement de l'antenne égal au rapport de la fréquence de résonance par la bande passante. Une antenne avec un fort facteur de qualité rayonne très efficacement à la fréquence de rayonnement sur une bande de fréquences très étroite.

$$Q = \frac{f_0}{BW}.$$

[0006] Ainsi, la performance de l'antenne miniaturisée dépend fortement de la taille électrique de l'antenne (la taille ramenée à la longueur d'onde de fonctionnement). Les limites fondamentales de la miniaturisation des antennes font l'objet depuis plusieurs décennies de nom-

breux travaux de recherche. Le concepteur de l'antenne miniaturisée doit trouver un compromis entre les trois paramètres suivants car une action sur l'un des paramètres impacte les deux autres :

- La réduction des dimensions de l'antenne pour améliorer l'intégrabilité de l'antenne,
- L'élargissement de bande passante BW pour un fonctionnement compatible avec l'évolution des systèmes de communication haut débit,
- L'augmentation du facteur de qualité Q pour assurer un rayonnement efficace à la fréquence de fonctionnement.

[0007] Plus particulièrement, les antennes de type « Fil Plaque » Monopolaire, présentent une possible solution compacte d'antenne à rayonnement omnidirectionnel adaptée à de nombreuses applications de communication sans fil. Ce type d'antenne appartient à la fois à la famille des antennes imprimées et des antennes monopoles chargées. Ainsi, ces antennes font toujours l'objet de nombreux travaux d'amélioration et de développements pour améliorer leur compacité et aussi pour élargir leur bande de fonctionnement. Cette balance entre miniaturisation et performance est primordiale pour être en phase avec l'évolution du débit des données communiquées entre les différents systèmes et de la densification d'implémentation des architectures matérielles de ces systèmes. D'une manière générale, une antenne fil-plaque miniaturisée selon l'état de l'art combine deux modes de résonances : une première résonance dans le domaine des basses fréquences avec une fréquence f_1 comprise entre 0.7Ghz et 1Ghz (bande GSM) et une résonance du mode fondamental TM_{01} à une fréquence f_0 supérieure à 2Ghz.

[0008] Pour résumer, nous avons démontré le besoin de réaliser des antennes miniaturisées de manière à trouver une configuration optimale entre l'élargissement de la bande passante de l'antenne, la miniaturisation et la qualité du rayonnement.

[0009] Dans ce contexte, un problème technique à résoudre est la réalisation d'une antenne miniaturisée permettant d'élargir la bande passante sans agrandir les dimensions électriques de l'antenne ni dégrader son facteur de qualité. L'invention trouve son application dans le cadre des dispositifs de radiocommunication à forte densité d'intégration.

Art antérieur/ Restrictions de l'état de l'art

[0010] Le brevet européen EP3235058B1 décrit une antenne fil-plaque présentant une fente gravée au niveau du toit capacitif afin d'élargir la bande passante de l'antenne. Un inconvénient de la solution proposée par ce brevet est que l'antenne proposée perd son rayonnement omnidirectionnel et change de polarisation du champ

électromagnétique vers les hautes fréquences de fonctionnement.

Réponse au problème et apport solution

[0011] Pour pallier les limitations des solutions existantes en ce qui concerne la maximisation de la largeur de bande passante tout en gardant des dimensions réduites de l'antenne, l'invention propose plusieurs modes de réalisation d'une antenne de type fil-plaque ayant une nouvelle structure permettant d'adapter l'impédance d'entrée de l'antenne de manière à élargir la bande passante. La solution selon l'invention consiste en une modification de l'impédance d'entrée de l'antenne au moyen de l'insertion simultanée d'un élément capacitif parasite et d'un élément inductif parasite. Cette modification géométrique permet de modifier la réponse spectrale de l'antenne en excitant un mode de résonance supplémentaire. L'excitation de deux modes de résonance proches permet l'augmentation de la bande passante dans la plage fréquentielle visée. De plus, cette solution ne perturbe pas les modes supérieurs classiques de l'antenne imprimée, en particulier le mode directif fondamental TM_{01} .

[0012] Cette approche peut s'appliquer en utilisant différentes formes d'élément parasites, et elle est pertinente particulièrement pour la famille des antennes fil plaque monopolaire dédiée aux divers systèmes de communication sans fil mobiles notamment la bande GSM en liaison montante (UpLink) et descendante (DownLink). La structure proposée selon l'invention se distingue de solutions connues notamment par la possibilité d'élargir la bande passante dans le domaine des basses fréquences sans dégradation du mode fondamental. De plus, un avantage de l'antenne selon l'invention est que la technique est simple à mettre en oeuvre. La structure modifiée peut être réalisée avec des techniques de fabrication communes sans nécessité de modifications coûteuses de la chaîne de production. Il en résulte une antenne avec un encombrement réduit et une bande passante élargie. L'ensemble de ces avantages fait ainsi de la structure selon l'invention une solution prometteuse pour les applications d'antennes miniaturisées compactes, à large bande et multi-bandes.

Résumé /Revendications

[0013] L'invention a pour objet une antenne de type fil-plaque comprenant :

- un plan de masse ;
- un toit capacitif placé en regard du plan de masse à une distance de séparation prédéterminée ;
- une sonde d'alimentation ;
- au moins un fil de court-circuit, électriquement conducteur, reliant le toit capacitif et le plan de masse, le fil de court-circuit étant destiné à exciter un premier mode de résonance à une première longueur d'onde de résonance ;

- au moins un fil d'adaptation d'impédance, électriquement conducteur, connectant électriquement le fil conducteur de court-circuit et la sonde d'alimentation de manière à créer une inductance parasite ;

5

L'extrémité de la sonde d'alimentation est séparée du toit capacitif par un volume de matériau diélectrique de manière à créer un élément capacitif parasite. L'élément capacitif parasite et l'inductance parasite forment un circuit parallèle de type LC permettant d'exciter un second mode de résonance à une seconde longueur d'onde de résonance inférieure à la première longueur d'onde de résonance.

10

15

[0014] Selon un aspect particulier de l'invention, la distance de séparation entre le plan de masse et le toit capacitif est comprise entre le cinquantième de la première longueur d'onde de résonance et le dixième de la première longueur d'onde de résonance. Avantageusement, la distance de séparation entre le plan de masse et le toit capacitif est comprise entre le cinquantième de la première longueur d'onde de résonance et le quinzième de la première longueur d'onde de résonance, voire le vingtième de la première longueur d'onde de résonance.

20

25

[0015] Selon un aspect particulier de l'invention, le toit capacitif est réalisé par une couche conductrice formant une surface plane rectangulaire avec une largeur et/ou une longueur comprise entre le dixième de la première longueur d'onde de résonance et le quart de la première longueur d'onde de résonance.

30

[0016] Selon un aspect particulier de l'invention, la largeur et/ou la longueur du fil d'adaptation d'impédance est choisie en fonction de la valeur de la bande passante définie par le premier et le second mode de résonance.

35

[0017] Selon un aspect particulier de l'invention, le volume de matériau diélectrique séparant le toit capacitif et la sonde d'alimentation est un volume d'air.

[0018] Selon un aspect particulier de l'invention, le fil d'adaptation d'impédance est une tige métallique.

40

[0019] Selon un aspect particulier de l'invention, l'antenne comprend en outre un substrat en matériau diélectrique tel que :

- le toit capacitif est déposé sur la face supérieure du substrat ;
- la face inférieure du substrat est orientée vers le plan de masse.

45

[0020] Selon un aspect particulier de l'invention, le fil d'adaptation d'impédance est une piste métallique déposée sur la face inférieure du substrat.

50

[0021] Selon un aspect particulier de l'invention, le fil de court-circuit est connecté au toit capacitif à travers un via traversant le substrat à partir de sa face inférieure vers sa face supérieure.

55

[0022] Selon un aspect particulier de l'invention, le substrat est confiné entre l'extrémité de la sonde d'alimentation et le toit capacitif de manière à réaliser le vo-

lume de matériau diélectrique.

[0023] Selon un aspect particulier de l'invention, la sonde d'alimentation est insérée dans le substrat à travers un via non traversant partant de sa face inférieure.

[0024] Selon un aspect particulier de l'invention, le fil de court-circuit et la sonde d'alimentation sont perpendiculaires au plan de masse et au toit capacitif.

[0025] Selon un aspect particulier de l'invention, l'antenne comprend en outre un composant discret monté en série ou en parallèle sur le fil d'adaptation d'impédance pour régler la valeur de l'impédance du circuit parallèle de type LC.

[0026] L'invention a également pour objet un dispositif de géolocalisation destiné à être embarqué dans un objet en mouvement comprenant au moins une antenne de type fil-plaque selon l'invention configurée pour transmettre à un serveur distant, via un système de communication, les différentes positions de l'objet en mouvement.

Brève Description des Dessins

[0027] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit en relation aux dessins annexés suivants.

[Fig. 1] la figure 1 représente une vue en coupe selon le plan (x,z) illustrant une antenne de type fil-plaque selon l'état de l'art.

[Fig. 2] la figure 2 représente une vue en coupe selon le plan (x,z) illustrant une antenne de type fil-plaque selon un premier mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 3] la figure 3 représente une vue en coupe selon le plan (x,z) illustrant une antenne de type fil-plaque selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 4] la figure 4 représente une vue en coupe selon le plan (x,z) illustrant une antenne de type fil-plaque selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 5] la figure 5 représente une vue tridimensionnelle illustrant une antenne de type fil-plaque selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 6] la figure 6 représente une vue de dessous du substrat de l'antenne de type fil-plaque selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 7a] la figure 7a illustre plusieurs courbes de variation du coefficient de réflexion de l'antenne fil-plaque en fonction de la fréquence, chaque courbe correspondant à une configuration de connexion électrique du fil d'adaptation d'impédance.

[Fig. 7b] la figure 7b illustre plusieurs courbes de variation de la partie réelle de l'impédance d'entrée de l'antenne fil-plaque en fonction de la fréquence, chaque courbe correspondant à une configuration de connexion électrique du fil d'adaptation d'impédance.

[Fig. 7c] la figure 7c illustre plusieurs courbes de variation de la partie imaginaire de l'impédance d'entrée de l'antenne fil-plaque en fonction de la fréquence, chaque courbe correspondant à une configuration de connexion électrique du fil d'adaptation d'impédance.

[Fig. 8] la figure 8 illustre plusieurs courbes de variation du coefficient de réflexion de l'antenne fil-plaque en fonction de la fréquence, chaque courbe correspondant à une largeur du fil d'adaptation d'impédance.

[Fig. 9] la figure 9 illustre plusieurs courbes de variation du coefficient de réflexion de l'antenne fil-plaque en fonction de la fréquence, chaque courbe correspondant à une longueur du fil d'adaptation d'impédance.

[Fig. 10] la figure 10 illustre un schéma électrique modélisant l'antenne fil-plaque selon l'invention.

[Fig. 11] la figure 11 illustre un diagramme de rayonnement tridimensionnel de l'antenne fil-plaque selon l'invention.

[Fig. 12] la figure 12 représente un schéma fonctionnel d'un dispositif de géolocalisation comprenant une antenne fil-plaque selon l'invention.

[0028] La figure 1 illustre une vue en coupe selon le plan (x,z) d'une antenne de type fil-plaque selon l'état de l'art destinée à être embarquée dans un système de radiocommunication. L'antenne fil-plaque 10' comprend un plan de masse 11' ; un toit capacitif 12' ; une sonde d'alimentation 13' et au moins un fil de court-circuit 14' électriquement conducteur, reliant le toit capacitif 12' et le plan de masse 11'.

[0029] Le plan de masse 11' est réalisé par une couche métallique et relié électriquement à la masse électrique globale du système dans lequel l'antenne est embarquée. Le plan de masse peut présenter des formes rectangulaires, carrés ou circulaires à titre d'exemple. Le plan de masse 11' peut être déposé sur la face supérieure d'un substrat inférieur non représenté.

[0030] Le toit capacitif est réalisé par une couche métallique placée parallèlement au plan de masse 11' à une distance de séparation prédéterminée. Le toit capacitif peut présenter des formes rectangulaires, carrés ou circulaires à titre d'exemple.

[0031] La sonde d'alimentation 13' est réalisable par

extension de l'âme centrale d'un câble coaxial traversant le plan de masse 11' jusqu'au toit capacitif 12'. L'âme centrale de la sonde d'alimentation est connectée d'une part à un générateur de tension (non représenté) et d'autre part au toit capacitif 12'. L'âme centrale de la sonde d'alimentation 13' est isolée électriquement du plan de masse 11' connectée au blindage externe du câble coaxial. La combinaison de la sonde d'alimentation 13' avec le toit capacitif 12' placé en face du plan de masse 11' excite le mode de résonance fondamental TM_{01} de l'antenne à une fréquence f_0 .

[0032] Le fil de court-circuit 14' forme un retour métallique à la masse provoquant l'excitation d'un premier mode de résonance dans le domaine des basses fréquences à une fréquence f_1 inférieure à celle du mode fondamental f_0 . La fréquence f_1 du mode « fil-plaque basse fréquence » est de l'ordre de un demi à un quart de la fréquence f_0 du mode fondamental. Le fil de court-circuit 14' peut être réalisé avec une tige métallique de forme cylindrique ou parallélépipédique à titre d'exemple.

[0033] Les paramètres physiques influant sur les fréquences f_0 et f_1 sont la permittivité du matériau diélectrique qui occupe le volume confiné entre le toit capacitif 12' et le plan de masse 11', la distance entre le toit capacitif 12' et le plan de masse 11', le rayon de la sonde d'alimentation 13', le rayon du fil de court-circuit 14', la distance entre sonde d'alimentation 13' et fil de court-circuit 14', ainsi que les dimensions surfaciques du toit capacitif 12' et le plan de masse 11'.

[0034] Dans le cadre de l'invention, la nouvelle structure de l'antenne fil-plaque proposée vise à élargir la bande passante aux alentours de la fréquence f_1 du premier mode de résonance dans le domaine des basses fréquences sans dégrader le fonctionnement du mode fondamental à f_0 et sans augmenter les dimensions des différents éléments de l'antenne détaillées précédemment. Ainsi, sur les figures suivantes, et pour mieux comprendre l'invention, nous nous focalisons sur la plage de fréquences inférieures à 1.5GHz.

[0035] Nous soulignons que pour les antennes miniatures visées par l'invention une norme fixe la valeur de l'impédance d'entrée à 50Ω . Ainsi, lors de la conception de l'antenne, il faut s'aligner avec cette valeur d'impédance pour que l'antenne soit fonctionnelle.

[0036] La figure 2 illustre une vue en coupe selon le plan (x, z) illustrant une antenne de type fil-plaque 10 selon un premier mode de réalisation de l'invention. L'antenne fil-plaque 10 comprend un plan de masse 11 ; un toit capacitif 12 ; une sonde d'alimentation 13 et au moins un fil de court-circuit 14 électriquement conducteur, reliant le toit capacitif 12 et le plan de masse 11 et au moins un fil d'adaptation d'impédance 15, électriquement conducteur, connectant électriquement le fil conducteur de court-circuit 14 et la sonde d'alimentation 13.

[0037] Les caractéristiques techniques détaillées précédemment relatives aux éléments plans de masse 11', toit capacitif 12' et le fil de court-circuit 14' de l'antenne 10' restent valables pour les éléments plan de masse 11,

toit capacitif 12 et le fil de court-circuit 14 de l'antenne fil-plan 10 selon le premier mode de réalisation de l'invention.

[0038] Le toit capacitif 12 repose mécaniquement sur la tige constituant le fil de court-circuit 14, et le matériau diélectrique confiné entre le toit capacitif 12 et le plan de masse 11 est l'air. Avantageusement, pour améliorer la robustesse mécanique de l'antenne il est possible de rajouter des colonnes verticales en matériau isolant électriquement (plastiques par exemple) entre le toit capacitif 12 et le plan de masse 11.

[0039] La sonde d'alimentation 13 est réalisable par l'âme centrale d'un câble coaxial traversant le plan de masse 11 vers le toit capacitif 12 mais sans toucher ledit toit. L'âme centrale de la sonde d'alimentation 13 est isolée électriquement du plan de masse 11 qui est connecté au blindage externe du câble coaxial. L'âme centrale de la sonde d'alimentation est connectée d'une part à un générateur de tension (non représenté) et s'arrête d'autre part avant le toit capacitif 13 à une seconde distance de séparation prédéterminée H' . Ainsi, l'extrémité de la sonde d'alimentation 13 est séparée du toit capacitif 12 par un volume de matériau diélectrique de manière à créer un élément capacitif parasite C_{par} . Dans ce cas le matériau diélectrique de séparation est l'air. L'élément capacitif parasite C_{par} est alors connecté en série entre la sonde d'alimentation 13 et le toit capacitif 12. La valeur de la capacité de l'élément capacitif parasite C_{par} dépend de la permittivité du matériau confiné entre l'extrémité de la sonde et le toit, du rayon de la sonde et de la deuxième distance de séparation H' .

[0040] L'introduction d'un fil d'adaptation d'impédance 15 crée un élément inductif parasite L_{par} entre la sonde d'alimentation 13 et le fil de court-circuit 14. La valeur de l'inductance de l'élément inductif parasite L_{par} dépend de la longueur du fil et de son diamètre dans le cas d'une tige cylindrique par exemple.

[0041] La combinaison de l'élément capacitif parasite C_{par} et de l'inductance parasite L_{par} forme un circuit parallèle de type LC monté entre l'extrémité de la sonde d'alimentation 13 et le toit capacitif 12. Ce circuit parallèle de type LC excite un second mode de résonance dans le domaine des basses fréquences à une fréquence f_2 proche de la première fréquence f_1 du premier mode de résonance dans le domaine des basses fréquences. A titre d'exemple, la valeur absolue de la différence entre la première fréquence f_1 et la seconde fréquence f_2 est comprise entre 1.1GHz et 1.5GHz. Ainsi, l'insertion du fil d'adaptation d'impédance 15 et de l'espacement en matériau diélectrique entre la sonde d'alimentation et le toit capacitif ont permis d'obtenir une résonance supplémentaire à une seconde longueur d'onde de résonance λ_2 inférieure à la première longueur d'onde de résonance λ_1 (associée à f_1).

[0042] Comme expliqué précédemment, le fil de court-circuit 14' forme toujours un retour métallique actif à la masse provoquant l'excitation du premier mode de résonance dans le domaine des basses fréquences à une

fréquence f_1 .

[0043] Il en découle ainsi dans la structure proposée l'excitation simultanée de deux résonances proches f_1 et f_2 ce qui induit un élargissement de la bande passante BW dans le domaine des basses fréquences sans augmenter l'encombrement de l'antenne miniaturisée.

[0044] La figure 3 illustre une vue en coupe selon le plan (x,z) illustrant une antenne de type fil-plaque 10 selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Le deuxième mode de réalisation reprend le même concept avec le rajout du fil d'adaptation d'impédance 15 et la séparation de l'extrémité de la sonde 13 du toit capacitif 12. L'antenne 10 de la figure 3 comprend en outre un substrat subi sur lequel repose le toit capacitif 12. La couche est réalisable par des techniques communes de dépôt pour obtenir une couche en cuivre par exemple à épaisseur de $18\mu\text{m}$. Le substrat subi peut être un support de circuit imprimé de type PCB (acronyme de Printed Circuit Board).

[0045] Dans ce mode de réalisation, le fil d'adaptation d'impédance 15 peut être réalisé par impression (ou dépôt) d'une piste métallique (ou ruban métallique) sur la face inférieure du substrat sub1. Le substrat subi assure ainsi une fonction mécanique en jouant le rôle de support pour le toit capacitif 12 et pour le fil d'adaptation d'impédance 15. Le substrat subi assure aussi une fonction électrique. En effet, étant confiné entre l'extrémité supérieure de la sonde d'alimentation 13 et la face inférieure du toit capacitif, le volume en matériau diélectrique de la capacité parasite C_{par} est réalisé avec le substrat subi. Concernant le volume en diélectrique entre le toit capacitif 12 et le plan de masse 11, il reste majoritairement rempli par l'air considérant la faible épaisseur du substrat subi par rapport à la première distance de séparation H.

[0046] Le fil de court-circuit 14 est connecté au toit capacitif 12 à travers un via V1 traversant le substrat subi à partir de sa face inférieure vers sa face supérieure sur laquelle repose le toit capacitif 12.

[0047] La figure 4 représente une vue en coupe selon le plan (x,z) illustrant une antenne de type fil-plaque 10 selon un troisième mode de réalisation de l'invention. Le troisième mode de réalisation reprend le même concept avec le rajout du fil d'adaptation d'impédance 15 et la séparation de l'extrémité de la sonde 13 du toit capacitif 12. L'antenne 10 de la figure 3 comprend en outre un substrat subi sur lequel repose le toit capacitif 12 de la même manière que le deuxième mode de réalisation. Cependant, le troisième mode de réalisation se distingue du deuxième mode de réalisation par une épaisseur de substrat supérieure. Le substrat sub2 n'est pas confiné entre l'extrémité supérieure de la sonde d'alimentation 12 mais occupe une plus large partie du volume délimité par le toit capacitif 12 et le plan de masse 11. Le substrat sub2 comprend un premier via traversant V1 contenant une partie du fil de court circuit 14 jusqu'au toit capacitif 12. Le substrat sub2 comprend en outre un second via V2 non traversant partant de sa face inférieure sans déboucher à l'interface du substrat sub2 avec le toit capacitif

12. La partie supérieure de la sonde d'alimentation 12 est alors insérée dans le via non traversant V2. Le volume du substrat sub2 confiné entre l'extrémité supérieure de la sonde d'alimentation 13 et la face inférieure du toit capacitif 12 forme le diélectrique de l'élément capacitif C_{par}

[0048] L'utilisation d'un substrat sub2 occupant un ratio supérieur à 20% du volume total entre le toit capacitif 12 et le plan de masse 11 augmente considérablement la robustesse mécanique de l'antenne. Le matériau diélectrique qui forme le substrat sub2 doit être choisi tel que sa permittivité électrique soit limitée, par exemple inférieure à 6, de préférence égale à 2, pour ne pas perturber le comportement électromagnétique de l'antenne.

[0049] Dans ce mode de réalisation, il est possible de réaliser le fil d'adaptation d'impédance 15 par impression (ou dépôt) d'une piste métallique (ou ruban métallique) sur la face inférieure du substrat sub2. Le substrat subi assure ainsi une fonction mécanique en jouant le rôle de support pour le toit capacitif 12 et pour le fil d'adaptation d'impédance 15. Le substrat sub2 assure aussi une fonction électrique en formant le diélectrique de l'élément capacitif C_{par}

[0050] Alternativement, le substrat sub2 occupe toute la hauteur H séparant le toit capacitif 12 et le plan de masse 11. Le fil d'adaptation d'impédance 15 est confiné dans le substrat sub2.

[0051] Alternativement, le premier, deuxième ou troisième mode de réalisation comprend une pluralité de fils de court-circuit 14 et une pluralité de fil d'adaptation d'impédance 15. La pluralité de fil d'adaptation d'impédance 15 permet de réaliser une connexion réglable entre la sonde d'alimentation 13 et un fil ou plusieurs fils de court-circuit 14.

[0052] Pour mieux comprendre l'implémentation de l'antenne fil-plaque selon l'invention, la figure 5 illustre une vue tridimensionnelle illustrant une antenne de type fil-plaque selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0053] A titre illustratif, on présente ici un exemple de dimensionnement permettant l'excitation du mode de résonance fondamental à une fréquence $f_0 = 2.45\text{GHz}$ et du premier mode de résonance dans le domaine des basses fréquences à une fréquence $f_1 = 915\text{Mhz}$. Le toit capacitif 12 de l'antenne est une couche métallique carrée déposée sur le substrat subi qui est une plaque PCB. Le toit capacitif 12 a pour dimensions : épaisseur $18\mu\text{m}$ et un coté de $\lambda_1/6$ avec λ_1 la longueur d'onde associée au premier mode de résonance dans le domaine des basses fréquences (915 MHz). Le toit capacitif 12 est suspendu à une hauteur de $\lambda_1/17.6$ au-dessus du plan de masse 11. Comme expliqué précédemment, le toit capacitif 11 est réalisable sur un circuit imprimé où les couches supérieure et inférieure sont gravées avec les motifs désirés.

[0054] Le fil de court-circuit 14 permettant l'excitation du premier mode monopolaire basse fréquence est placé au centre du toit capacitif 12. Il s'agit d'une tige métallique

pouvant être cylindrique, parallélépipédique ou pyramidale.

[0055] La géométrie de la sonde d'alimentation 13 et sa distance par rapport au fil de court circuit 14 sont dimensionnées pour exciter le mode fondamental TM_{01} autour de 2.45 GHz et le premier mode de résonance dans le domaine des basses fréquences de 915 MHz. Dans cet exemple la distance entre la sonde d'alimentation 13 et le fil de court circuit 14 est de 18mm correspondant à $\lambda_1/18,5$.

[0056] Dans cet exemple, la sonde d'alimentation est composée d'une tige de forme cylindrique de hauteur $\lambda_1/22,2$ dont le rayon a été ajusté pour garantir une bonne adaptation d'impédance pour les fréquences de fonctionnement de l'antenne.

[0057] Le fil d'adaptation d'impédance 15 est un ruban métallique déposé sur la face inférieure du substrat subi et reliant l'extrémité supérieure de la sonde d'alimentation 13 au fil de court circuit 14. Il s'agit d'une piste en cuivre de largeur comprise entre 2mm et 3 mm et de longueur comprise entre 18mm et 35 mm. Le fil d'adaptation d'impédance 15 permet d'exciter un second mode de résonance proche du mode de résonance dans le domaine des basses fréquences permettant d'élargir la bande passante BW dans la plage de fréquences de 700MHz à 1.1 GHz.

[0058] Le plan de masse 11 est une couche métallique carrée ayant une surface supérieure à celle du toit capacitif 13.

[0059] Pour un dimensionnement qui garantit un bon fonctionnement pour le mode de résonance fondamental et pour le premier mode de résonance basse fréquence, la distance H séparant le toit capacitif 12 du plan de masse 11 varie inversement aux dimensions surfacique du toit capacitif 12. Lorsque la distance H séparant le toit capacitif 12 du plan de masse 11 est augmenté, le côté du carré du toit capacitif 12 doit être diminué et inversement. Il est possible de choisir pour la distance H séparant le toit capacitif 12 du plan de masse 11 une valeur comprise entre $\lambda_1/50$ et $\lambda_1/10$. Lorsque la distance H est égale à la valeur maximale $\lambda_1/10$, le côté du carré définissant la surface du toit capacitif 12 est choisie égale à $\lambda_1/10$. Lorsque la distance H est égale à la valeur minimale $\lambda_1/50$, le côté du carré définissant la surface du toit capacitif 12 est choisie égale à $\lambda_1/4$. Cette règle est adaptée selon la forme choisie de la surface du toit capacitif 12 (rayon pour une surface circulaire, largeur et longueur pour un rectangle).

[0060] La figure 6 illustre une vue de dessous du substrat de l'antenne de type fil-plaque selon le deuxième mode de réalisation de l'invention pour montrer l'implémentation du fil d'adaptation d'impédance 15 déposé sur la face inférieure du substrat subi. L'inductance de l'élément inductif parasite L_{par} dépend de la longueur L et de la largeur W du ruban métallique déposé pour réaliser le fil d'adaptation d'impédance 15. L'augmentation de L engendre l'augmentation de l'inductance de l'élément inductif parasite L_{par} et inversement.

[0061] Le schéma 61 illustre un fil d'adaptation d'impédance 15 réalisé avec un ruban métallique sous forme de U reliant la sonde d'alimentation 13 au fil de court circuit 14. L'utilisation d'une forme en U offre un degré de liberté au concepteur permettant de choisir la longueur L sans modifier la position de la sonde d'alimentation 13 au fil de court circuit 14. En effet, la distance entre la sonde d'alimentation 13 au fil de court circuit 14 doit rester inchangée pour ne pas perturber la résonance fondamentale à 2.45 GHz.

[0062] Le schéma 62 illustre deux fils d'adaptation d'impédance 15 réalisés chacun avec un ruban métallique sous forme de U reliant la sonde d'alimentation 13 au fil de court circuit 14. Les deux fils d'adaptation d'impédance sont disposés symétriquement par rapport à la droite reliant l'extrémité supérieure de la sonde d'alimentation 13 et celle du fil de court circuit 14. Dans cet exemple les deux fils d'adaptation d'impédance ont la même longueur L et la même largeur W formant ainsi l'équivalent d'un fil ayant une longueur égale à L et une largeur supérieure à $2xW$. L'utilisation du double ruban métallique offre un degré de liberté au concepteur permettant d'augmenter la largeur W du fil d'adaptation d'impédance équivalent sans dépasser les limites en largeur W imposées par les contraintes du procédé de fabrication des pistes métalliques.

[0063] La figure 7a illustre plusieurs courbes de variation du coefficient de réflexion de l'antenne fil-plaque en fonction de la fréquence, chaque courbe correspondant à une configuration de connexion électrique du fil d'adaptation d'impédance. La courbe C0 correspond à une antenne fil-plaque sans fil d'adaptation d'impédance 15. La courbe C1 correspond à une antenne fil-plaque avec un fil d'adaptation d'impédance 15 touchant d'un côté le fil de court-circuit 14 et de l'autre côté la sonde d'alimentation 13. La courbe C2 correspond à une antenne fil-plaque avec un fil d'adaptation d'impédance 15 touchant uniquement le fil de court-circuit 14. La courbe C3 correspond à une antenne fil-plaque avec un fil d'adaptation d'impédance 15 touchant uniquement la sonde d'alimentation 13. La courbe C4 correspond à une antenne fil-plaque avec un fil d'adaptation d'impédance 15 placé à proximité de la sonde d'alimentation 13 et le fil de court-circuit 14 mais sans les toucher.

[0064] La figure 7b illustre plusieurs courbes de variation de la partie réelle de l'impédance d'entrée de l'antenne fil-plaque en fonction de la fréquence, chaque courbe correspondant à une configuration de connexion électrique du fil d'adaptation d'impédance. La courbe C'1 correspond à une antenne fil-plaque avec un fil d'adaptation d'impédance 15 touchant d'un côté le fil de court-circuit 14 et de l'autre côté la sonde d'alimentation 13. La courbe C'2 correspond à une antenne fil-plaque avec un fil d'adaptation d'impédance 15 touchant uniquement le fil de court-circuit 14. La courbe C'3 correspond à une antenne fil-plaque avec un fil d'adaptation d'impédance 15 touchant uniquement la sonde d'alimentation 13. La courbe C'4 correspond à une antenne fil-plaque avec un

fil d'adaptation d'impédance 15 placé à proximité de la sonde d'alimentation 13 et le fil de court-circuit 14 mais sans les toucher.

[0065] La figure 7c illustre plusieurs courbes de variation de la partie imaginaire de l'impédance d'entrée de l'antenne fil-plaque en fonction de la fréquence, chaque courbe correspondant à une configuration de connexion électrique du fil d'adaptation d'impédance. La courbe C"1 correspond à une antenne fil-plaque avec un fil d'adaptation d'impédance 15 touchant d'un côté le fil de court-circuit 14 et de l'autre côté la sonde d'alimentation 13. La courbe C"2 correspond à une antenne fil-plaque avec un fil d'adaptation d'impédance 15 touchant uniquement le fil de court-circuit 14. La courbe C"3 correspond à une antenne fil-plaque avec un fil d'adaptation d'impédance 15 touchant uniquement la sonde d'alimentation 13. La courbe C"4 correspond à une antenne fil-plaque avec un fil d'adaptation d'impédance 15 placé à proximité de la sonde d'alimentation 13 et le fil de court-circuit 14 mais sans les toucher.

[0066] Nous allons décrire ces trois figures ensemble étant liées pour mieux comprendre les avantages de la configuration choisie pour réaliser l'invention. On rappelle que le critère de « inférieure à -6dB » a été choisi comme limite du coefficient de réflexion en fonction de la fréquence pour déterminer la bande passante.

[0067] La courbe C0 correspondant à une antenne sans fil d'adaptation d'impédance montre une bande passante BW0 réduite aux alentours de la fréquence f_1 du premier mode de résonance monopolaire basse fréquence. De même sur la courbe C'0 la plage de fréquence où la partie réelle de l'impédance est proche de 50Ω aux alentours de f_1 est très réduite. Cela met en évidence les limites de l'antenne fil-plaque sans l'insertion du fil d'adaptation d'impédance 15 en termes de bande passante.

[0068] En analysant les courbes C4, C'4 et C"4, nous remarquons que l'insertion d'un fil d'adaptation d'impédance 15 isolé électriquement, ne touchant ni la sonde d'alimentation 13, ni le fil de court-circuit 14 modifie peu les caractéristiques électriques de l'antenne fil-plaque par rapport à la solution de l'état de l'art décrit par les courbes C0, C'0 et C"0. La bande passante reste toujours étroite aux alentours de f_1 .

[0069] En analysant les courbes C2, C'2 et C"2, on observe que la mise en contact du fil d'adaptation d'impédance avec uniquement le fil de court-circuit 14 ne provoque pas de changement d'impédance significatif par rapport à la configuration précédente. Les courbes C2, C'2 et C"2 se superposent respectivement aux courbes C4, C'4 et C"4.

[0070] En analysant les courbes C3, C'3 et C"3, on observe que la mise en contact du fil d'adaptation d'impédance avec la sonde d'alimentation montre des changements plus significatifs, avec une augmentation de l'impédance d'entrée de l'antenne et un coefficient de réflexion supérieure au critère de bande passante pour la plage de fréquences visée [0.5GHz, 1.5GHz].

[0071] Enfin, la courbe C1 illustre que lorsque le fil d'adaptation d'impédance 15 est connecté à la fois à la sonde d'alimentation 13 et au fil de court-circuit 14, on obtient une bande passante BW2 supérieure à la bande passante initiale BW1. Cette bande passante se situe dans la plage de fréquences visée [0.5GHz, 1.5GHz]. La courbe C'1 montre l'apparition d'un second mode résonance à une fréquence f_2 autour de 1.1 GHz. On observe également un décalage du premier mode de résonance à une fréquence qui passe de f_1 à f'_1 . Le décalage du premier mode de « résonance fil-plaque » est de 100 MHz vers les basses fréquences. Ce phénomène de double résonance permet de créer une plage de fréquence où l'impédance est stable autour de 50Ω au niveau de la partie réelle de l'impédance d'entrée entre les deux pics de résonance à f'_1 (associée à λ'_1 presque égale à λ_1) et f_2 (associée à λ_2). C'est cette plage de fréquence qui est exploitée pour élargir la bande. On peut ainsi réaliser un élargissement de la bande passante de l'antenne sans augmenter la taille de l'antenne fil-plaque ni dégrader son facteur de qualité.

[0072] Pour mieux expliquer l'effet du fil d'adaptation d'impédance 15, plusieurs études paramétriques sont décrites sur l'effet des dimensions du ruban, notamment sa largeur W et sa longueur L .

[0073] La figure 8 illustre plusieurs courbes de variation du coefficient de réflexion de l'antenne fil-plaque en fonction de la fréquence, chaque courbe correspondant à une largeur du fil d'adaptation d'impédance.

[0074] Pour une longueur fixée de 34 mm, les résultats de la variation du coefficient de réflexion en fonction de la fréquence sont illustrés pour cinq valeurs de largeur W du fil d'adaptation d'impédance. Les valeurs choisies pour la largeur W sont en mm [1, 1.5, 2, 2.5, 3]. Il en découle que l'augmentation de la largeur du fil W provoque une augmentation de la fréquence de résonance car l'impact de l'effet inductif du fil diminue avec sa largeur W . Ce paramètre est utile pour régler la partie imaginaire et ainsi adapter l'antenne sur 50Ω dans la bande désirée.

[0075] La figure 9 illustre plusieurs courbes de variation du coefficient de réflexion de l'antenne fil-plaque en fonction de la fréquence, chaque courbe correspondant à une longueur du fil d'adaptation d'impédance.

[0076] Pour une largeur fixée de 2mm, les résultats de la variation du coefficient de réflexion en fonction de la fréquence sont illustrés pour quatre valeurs de longueur L du fil d'adaptation d'impédance. Les valeurs choisies pour la longueur L sont en mm [30, 34, 38, 42]. Il en découle que l'augmentation de la longueur du fil L provoque une diminution de la fréquence de résonance car l'impact de l'effet inductif du fil augmente avec sa longueur L . Ce paramètre est utile pour régler la partie imaginaire et ainsi adapter l'antenne sur 50Ω dans la bande désirée.

[0077] La figure 10 illustre un schéma électrique modélisant l'antenne fil-plaque selon l'invention. En effet, il est possible de modéliser électriquement l'antenne selon l'invention de la manière suivante :

- La sonde d'alimentation 13 peut être assimilée à un élément inductif L_{sonde} connectée au générateur GEN ;
- Le fil d'adaptation d'impédance peut être assimilé à un élément inductif parasite L_{par} ;
- L'extrémité supérieure de la sonde d'alimentation séparée de la face inférieure du toit capacitif 12 par un matériau diélectrique forme un élément capacitif parasite C_{par} . En effet, l'interaction par couplage électromagnétique entre les deux surfaces conductrices non connectées, permet de créer un effet capacitif désigné par C_{par} ;
- Le toit capacitif 12 mis en face du plan de masse à une distance de séparation H forme un élément capacitif C_{toit} ;
- Le fil de court circuit 14 peut être assimilé à un élément inductif parasite L_{cc} ;

[0078] L'élément capacitif C_{toit} et élément inductif L_{cc} forment ensemble un circuit parallèle $L_{\text{ee}}C_{\text{toit}}$ placé entre le noeud électrique N_{toit} associé au toit capacitif 12 et le noeud électrique N_{masse} associé au plan de masse 11. Le circuit parallèle $L_{\text{cc}}C_{\text{toit}}$ sert à exciter le premier mode de résonance en basses fréquences à f_1 .

[0079] L'élément capacitif parasite C_{par} et l'élément inductif parasite L_{par} forment ensemble un circuit parallèle $L_{\text{par}}C_{\text{par}}$ placé entre le noeud électrique N_{sonde} associé à l'extrémité de la sonde d'implémentation 13 et le noeud électrique N_{toit} associé au toit capacitif 12. Le circuit parallèle $L_{\text{par}}C_{\text{par}}$ sert à exciter le second mode de résonance dans le domaine des basses fréquences à f_2 .

[0080] Le dimensionnement de l'antenne est réalisé pour obtenir un couple de fréquences f_1 et f_2 assez proches de manière à obtenir une large bande passante dans la plage de basse fréquence de fonctionnement. On entend par le terme « assez proche » une différence de fréquence comprise entre 1.1GHz et 1.5GHz en valeur absolue. Le dimensionnement de l'antenne couvre le choix des paramètres suivants :

- La largeur et la longueur du fil d'adaptation d'impédance 15 pour déterminer l'impédance de L_{par} ;
- La largeur et la longueur du fil de court-circuit 14 pour déterminer l'impédance de L_{cc} ;
- Les dimensions de la sonde d'alimentation 13 pour déterminer l'impédance de L_{sonde} ;
- La hauteur du volume diélectrique séparant le plan de masse 11 et le toit capacitif 12 ; et la surface du toit capacitif 12 pour déterminer la capacité de C_{toit} ;
- La hauteur du volume diélectrique séparant le toit

capacitif 12 et l'extrémité supérieure de la sonde d'alimentation 13 ; et la surface de la face supérieure de la sonde d'alimentation 13 pour déterminer la capacité de C_{par} ;

- La distance entre le fil de court circuit 14 et la sonde d'excitation 13.

[0081] Avantagusement, le réglage de la nouvelle résonance à f_2 peut également être réalisé en ajoutant un composant discret ou un composant réglable en série ou parallèle sur la piste parasite afin de régler la fréquence centrale de la bande passante obtenue par la combinaison de f_1 et f_2 . On entend par composant discret, un composant électronique de base dont le rôle est de réaliser une fonction élémentaire. Dans le contexte de l'invention, ce terme couvre les composants discrets passifs tels que les inductances, les capacités, les résistances.

[0082] Alternativement, il est possible d'insérer des circuits LC actifs dans la structure pour créer une résonance et élargir la bande passante. Cela présente l'avantage d'un contrôle plus précis de l'inductance L_{par} .

[0083] La figure 11 illustre un diagramme de rayonnement tridimensionnel de l'antenne fil-plaque selon l'invention. L'antenne fil-plaque selon l'invention présente l'avantage d'un rayonnement omnidirectionnel comme illustré dans la figure 11. Plus précisément, la figure illustre le diagramme en trois dimensions du gain réalisé dans la bande GSM (à 917 MHz). L'efficacité de l'antenne est supérieure à 60 % sur une bande large de 80 MHz correspondant à 10% de la bande relative.

[0084] La figure 12 illustre un diagramme schéma fonctionnel d'un dispositif de géolocalisation comprenant une antenne fil-plaque selon l'invention. Le dispositif de géolocalisation 100 est destiné à être embarqué dans un objet en mouvement comme un véhicule, un téléphone portable, une montre connectée à titre d'exemple non limitatif. Le dispositif de géolocalisation comprend au moins une antenne de type fil-plaque 10 selon l'invention. L'antenne 10 est configurée pour transmettre à un serveur distant 110 via un système de communication 120, les différentes positions de l'objet en mouvement.

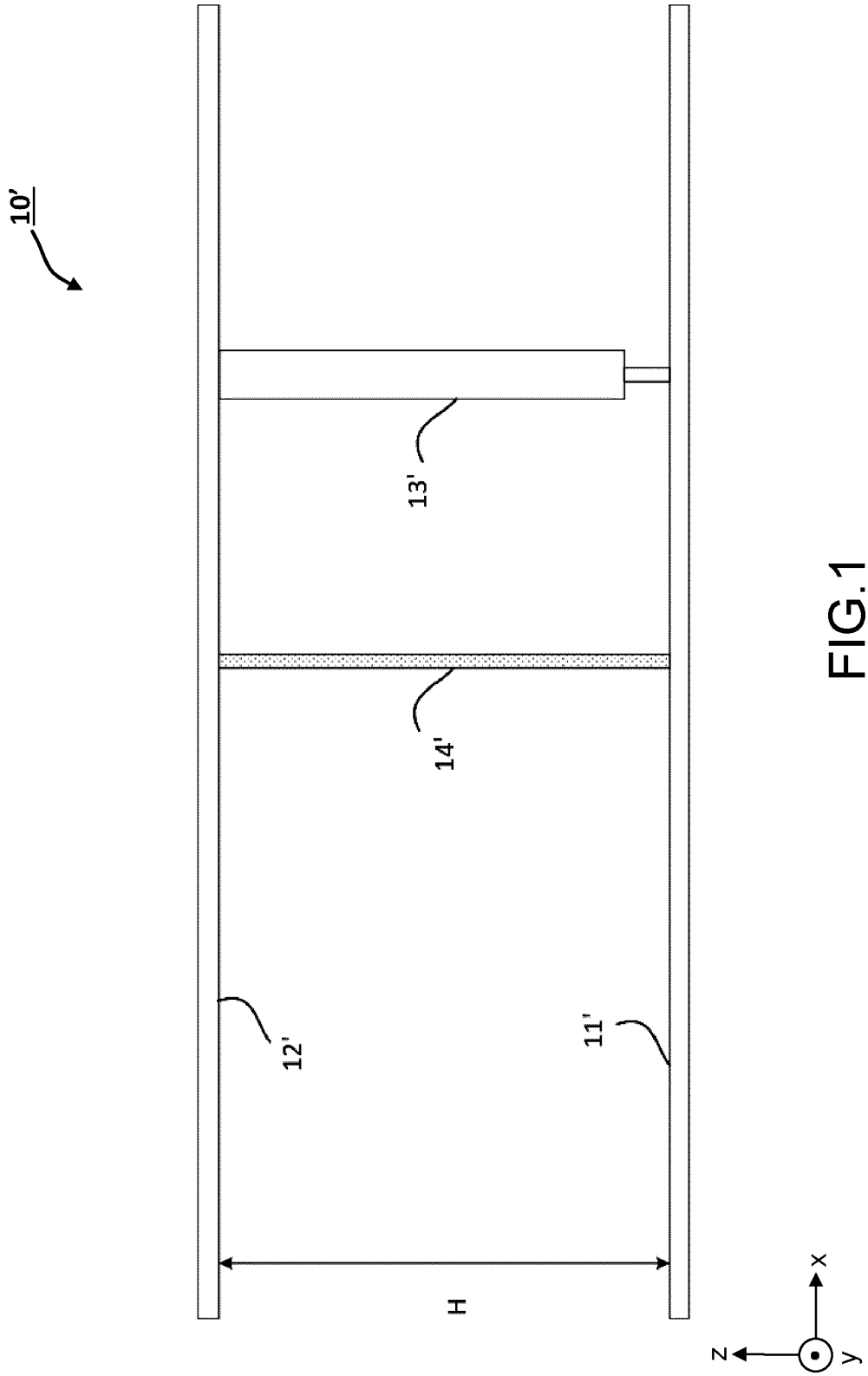
Revendications

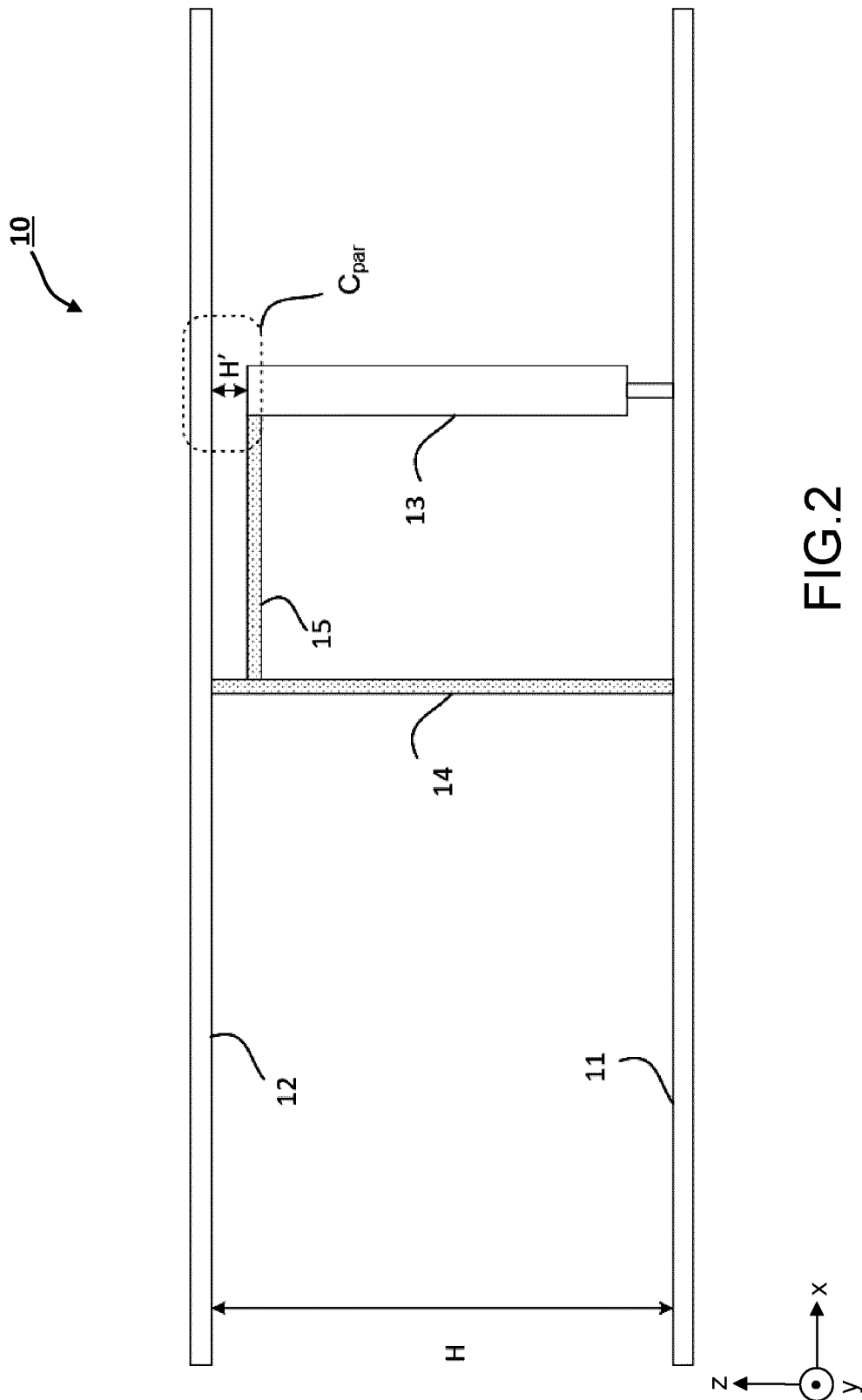
1. Antenne de type fil-plaque (10) comprenant :

- un plan de masse (11) ;
- un toit capacitif (12) placé en regard du plan de masse (11) à une distance de séparation prédéterminée ;
- une sonde d'alimentation (13) ;
- au moins un fil de court-circuit (14), électriquement conducteur, reliant le toit capacitif (12) et le plan de masse (11), le fil de court-circuit étant destiné à exciter un premier mode de résonance à une première longueur d'onde de résonance

- (λ_1, λ'_1) ;
 - au moins un fil d'adaptation d'impédance (15), électriquement conducteur, connectant électriquement le fil conducteur de court-circuit (14) et la sonde d'alimentation (13) de manière à créer une inductance parasite (L_{par}) ;
 l'extrémité de la sonde d'alimentation (13) étant séparée du toit capacitif (12) par un volume de matériau diélectrique de manière à créer un élément capacitif parasite (C_{par}) ;
 l'élément capacitif parasite (C_{par}) et l'inductance parasite (L_{par}) formant un circuit parallèle de type LC permettant d'exciter un second mode de résonance à une seconde longueur d'onde de résonance (λ_2) inférieure à la première longueur d'onde de résonance (λ_1, λ'_1).
2. Antenne de type fil-plaque (10) selon la revendication 1 dans laquelle la distance de séparation (H) entre le plan de masse (11) et le toit capacitif (12) est comprise entre le cinquantième de la première longueur d'onde de résonance (λ_1, λ'_1) et le dixième de la première longueur d'onde de résonance (λ_1, λ'_1).
 3. Antenne de type fil-plaque (10) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 dans laquelle le toit capacitif (12) est réalisé par une couche conductrice formant une surface plane rectangulaire avec une largeur et/ou une longueur comprise entre le dixième de la première longueur d'onde de résonance (λ_1, λ'_1) et le quart de la première longueur d'onde de résonance (λ_1, λ'_1).
 4. Antenne de type fil-plaque (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes dans laquelle la largeur et/ou la longueur du fil d'adaptation d'impédance (15) est choisie en fonction de la valeur de la bande passante définie par le premier et le second mode de résonance.
 5. Antenne de type fil-plaque (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes dans laquelle le volume de matériau diélectrique séparant le toit capacitif (12) et la sonde d'alimentation est un volume d'air.
 6. Antenne de type fil-plaque (10) selon la revendication 5 dans laquelle un fil d'adaptation d'impédance (15) est une tige métallique.
 7. Antenne de type fil-plaque (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant en outre un substrat en matériau diélectrique (subi, sub2) tel que :
 - la face inférieure du substrat (subi, sub2) est orientée vers le plan de masse ;
 8. Antenne de type fil-plaque (10) selon la revendication 7 dans laquelle un fil d'adaptation d'impédance (15) est une piste métallique déposée sur la face inférieure du substrat (subi, sub2).
 9. Antenne de type fil-plaque (10) selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8 dans laquelle le fil de court-circuit (14) est connecté au toit capacitif (12) à travers un via (V1) traversant le substrat (subi) à partir de sa face inférieure vers sa face supérieure.
 10. Antenne de type fil-plaque (10) selon l'une quelconque des revendications 7 à 9 dans laquelle le substrat (subi) est confiné entre l'extrémité de la sonde d'alimentation (13) et le toit capacitif (12) de manière à réaliser le volume de matériau diélectrique.
 11. Antenne de type fil-plaque (10) selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans laquelle la sonde d'alimentation (13) est insérée dans le substrat (sub2) à travers un via non traversant (V2) partant de sa face inférieure.
 12. Antenne de type fil-plaque (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes dans laquelle le fil de court-circuit (14) et la sonde d'alimentation (13) sont perpendiculaires au plan de masse (11) et au toit capacitif (12).
 13. Antenne de type fil-plaque (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant en outre un composant discret monté en série ou en parallèle sur le fil d'adaptation d'impédance (15) pour régler la valeur de l'impédance du circuit parallèle de type LC.
 14. Dispositif de géolocalisation (100) destiné à être embarqué dans un objet en mouvement (Obj) comprenant au moins une antenne de type fil-plaque (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes configurée pour transmettre à un serveur distant (110), via un système de communication (120), les différentes positions de l'objet en mouvement.

- le toit capacitif (12) est déposé sur la face supérieure du substrat (sub1) ;





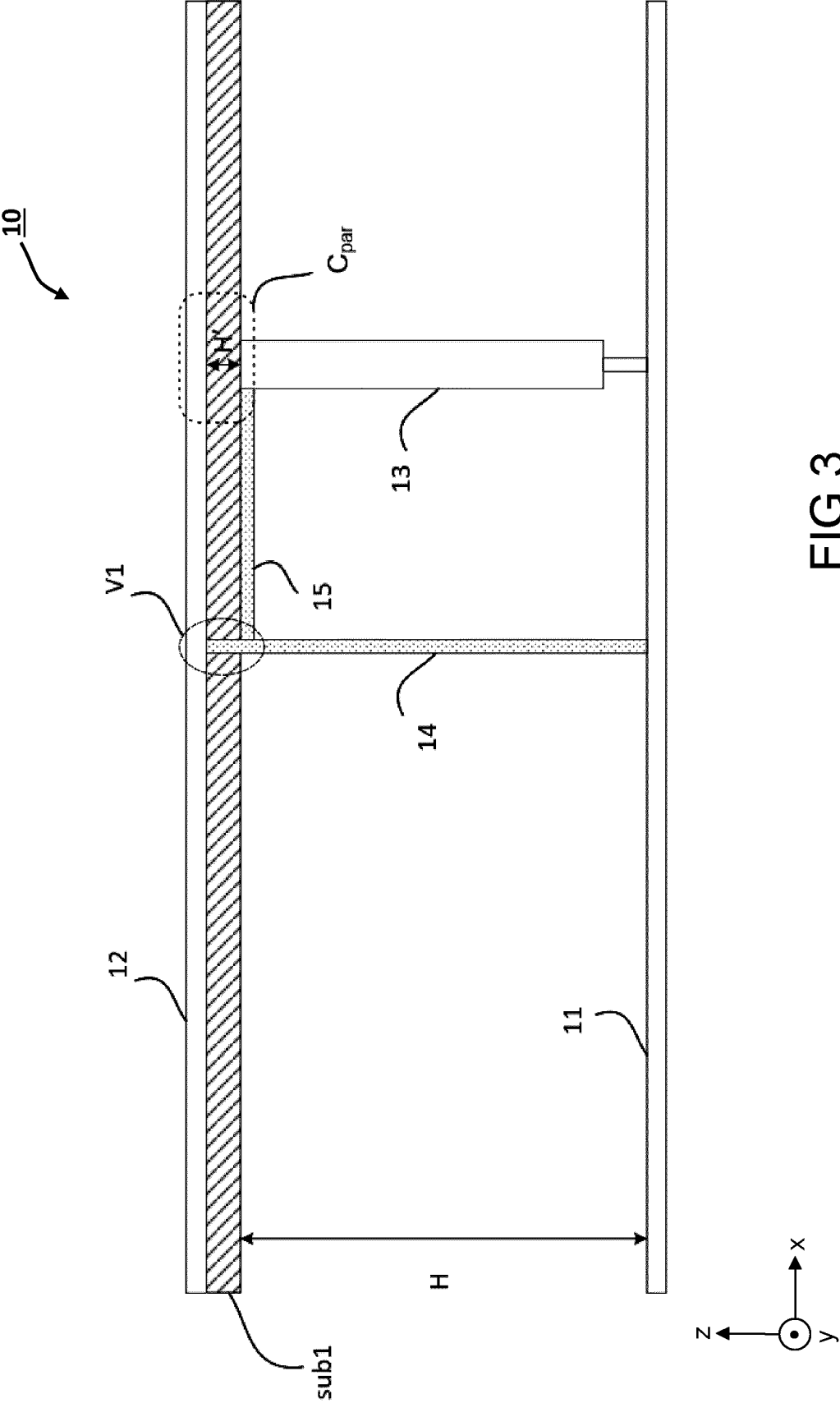


FIG.3

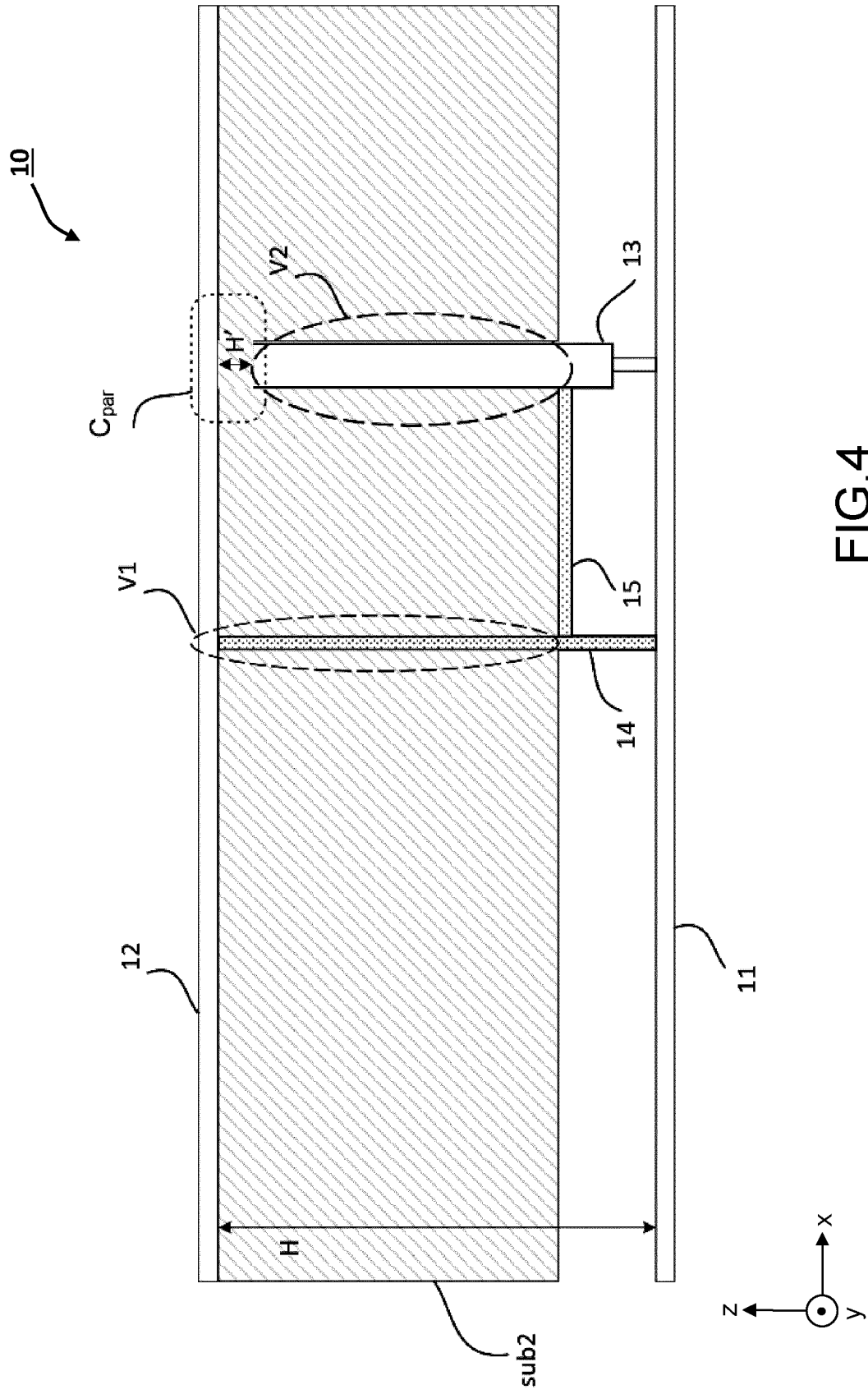


FIG.4

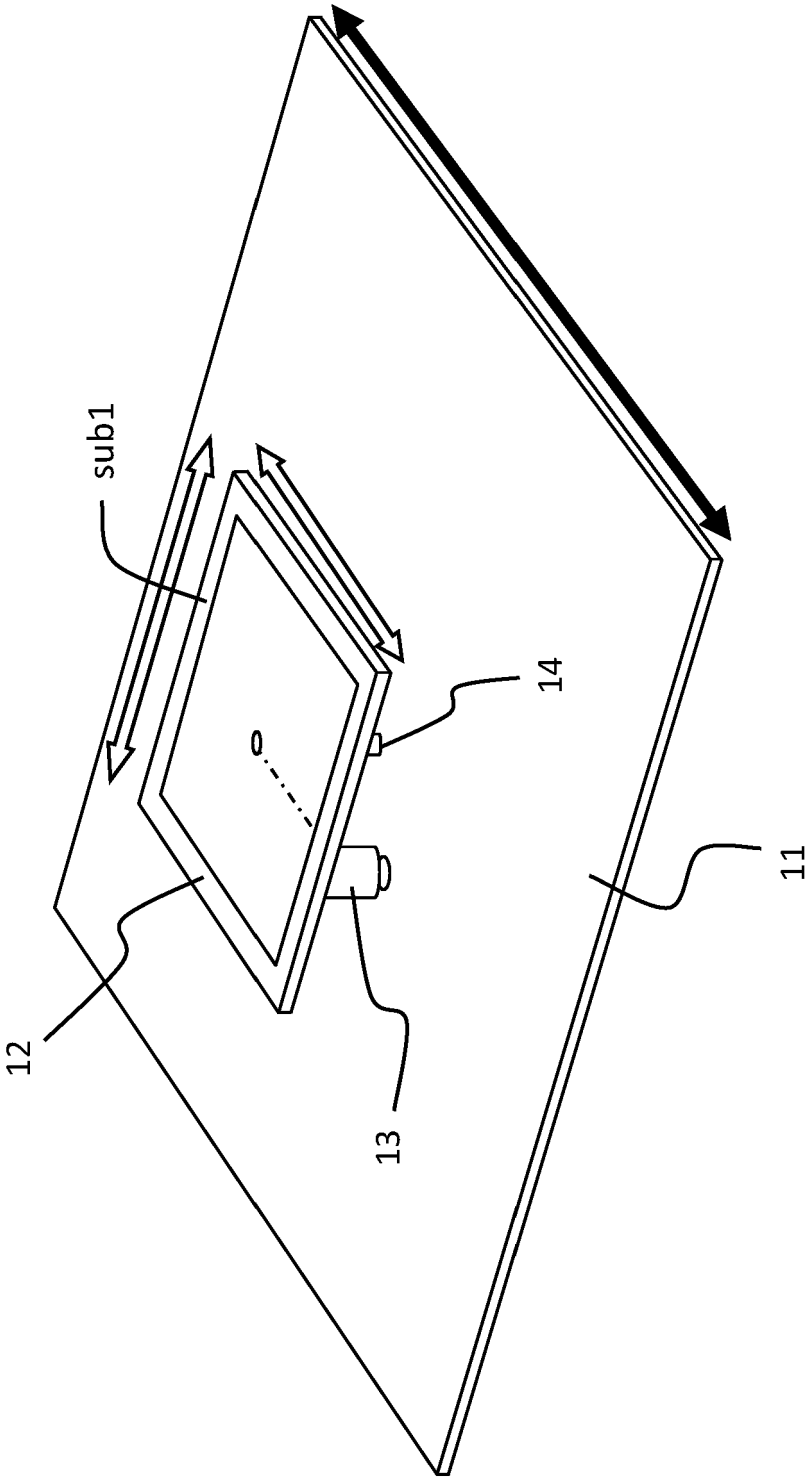


FIG.5

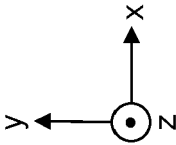
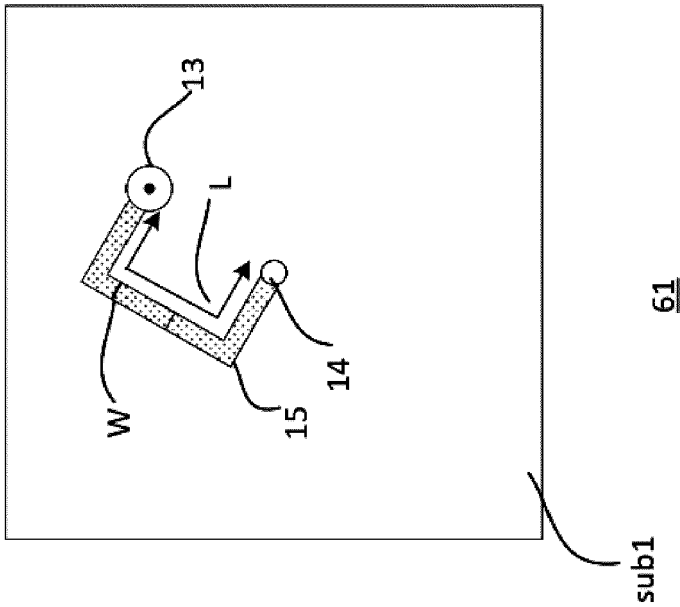
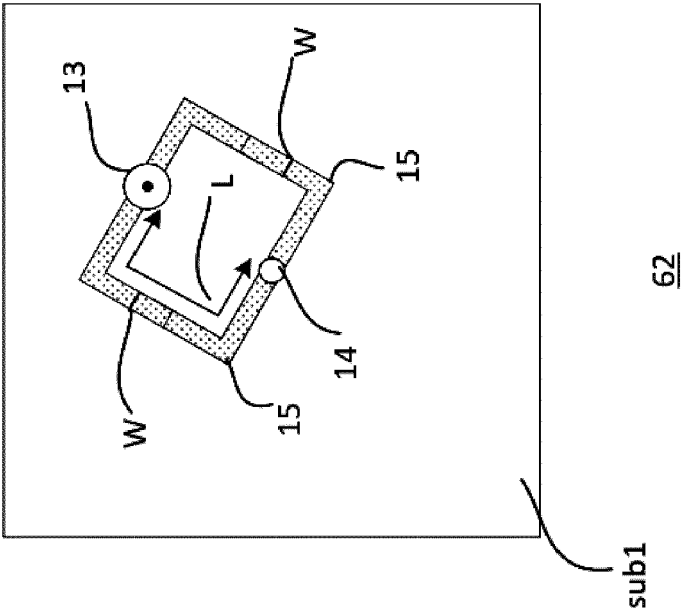


FIG.6

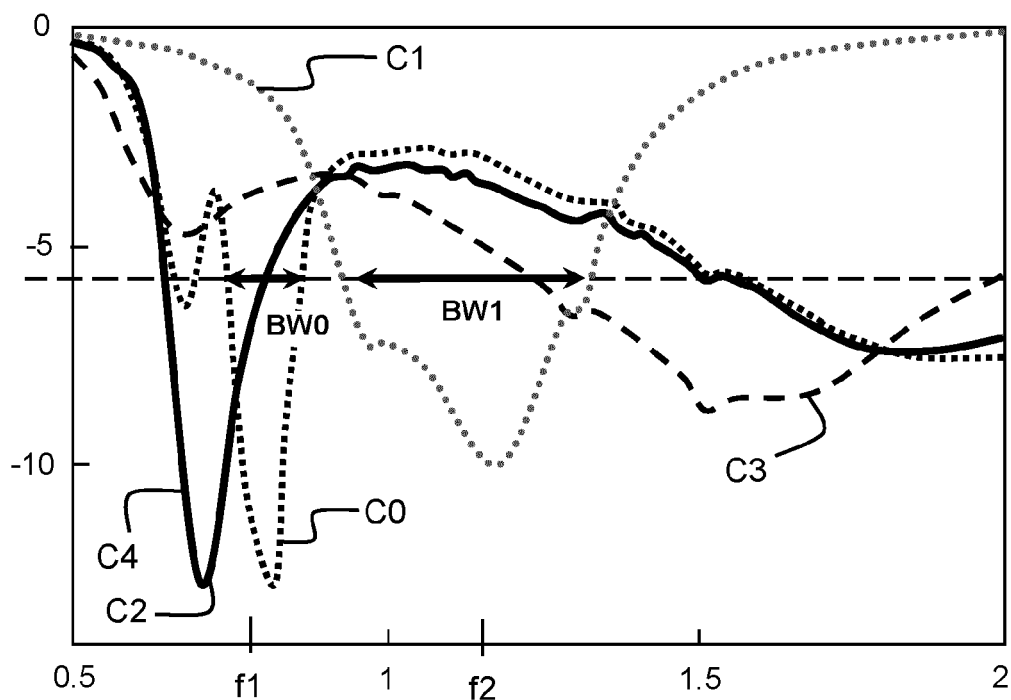


FIG.7a

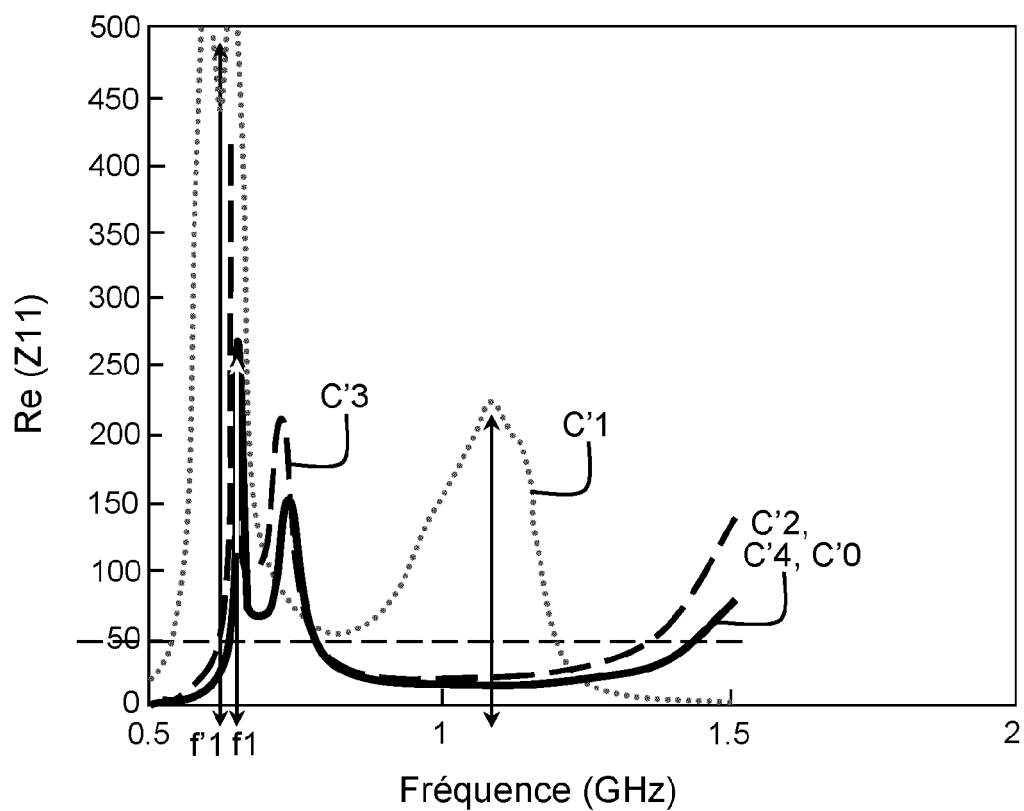


FIG.7b

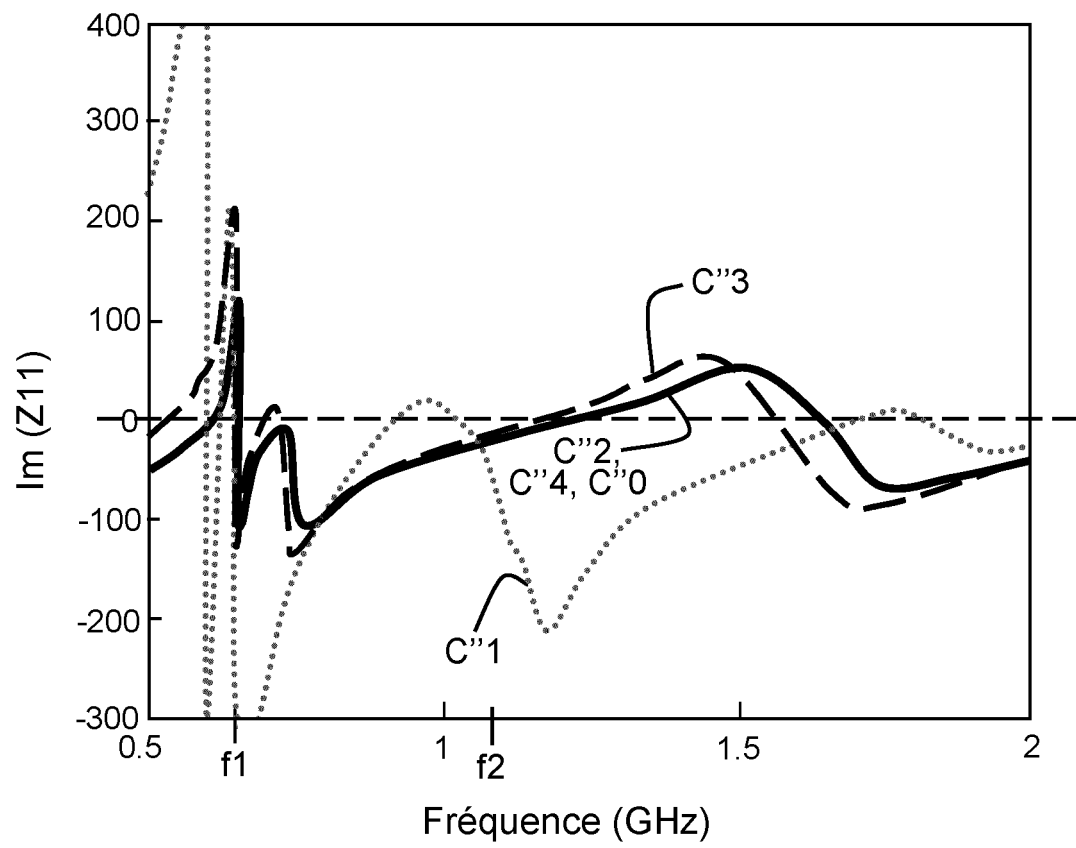


FIG.7c

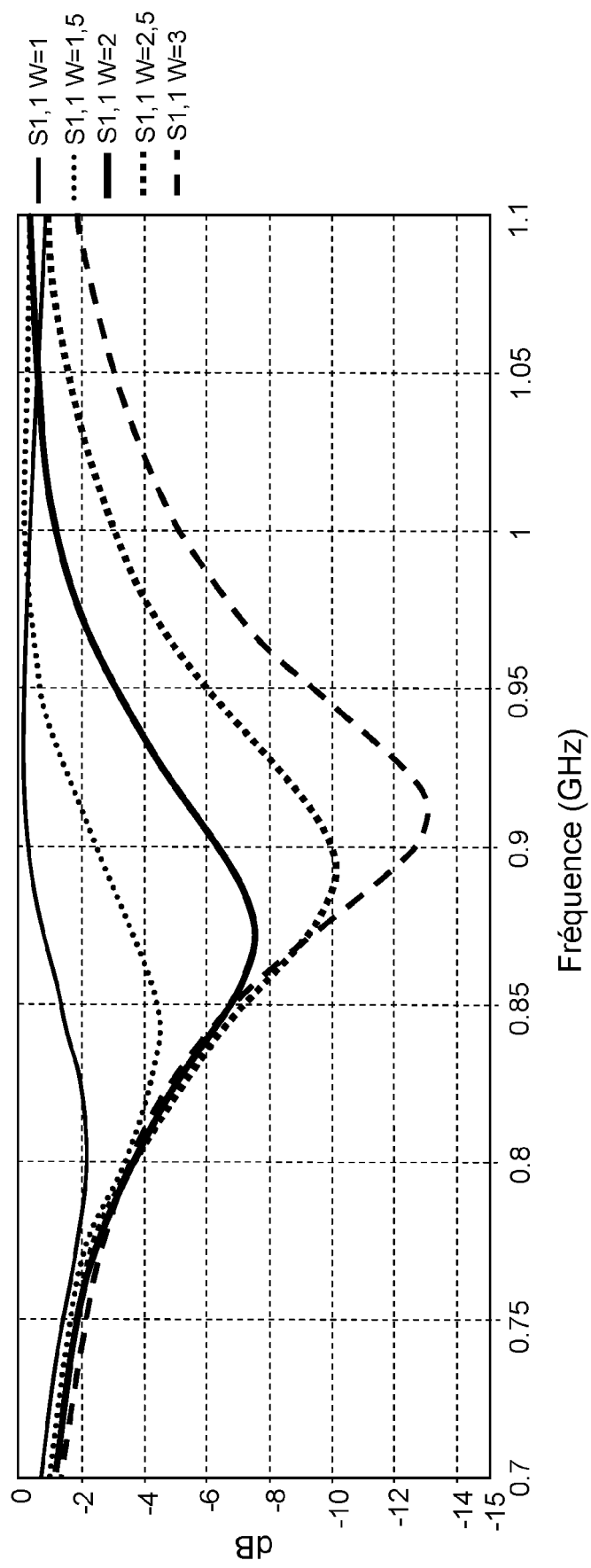


FIG.8

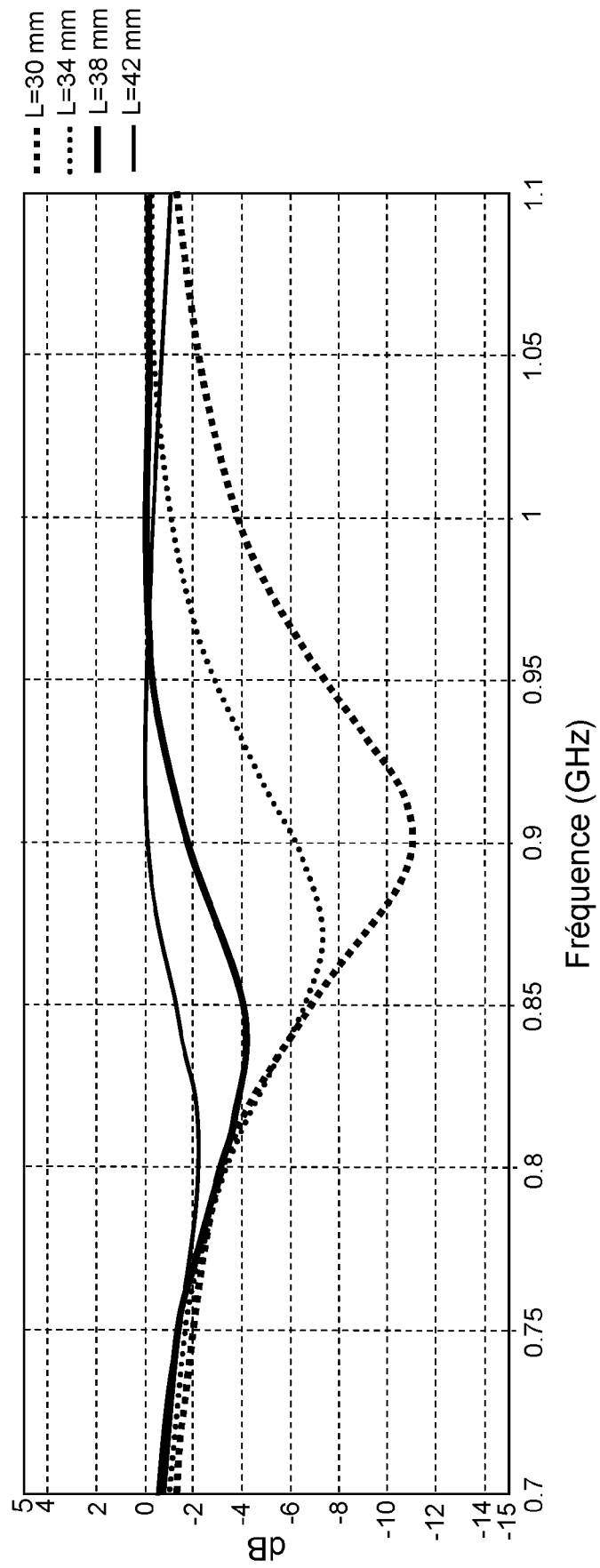


FIG.9

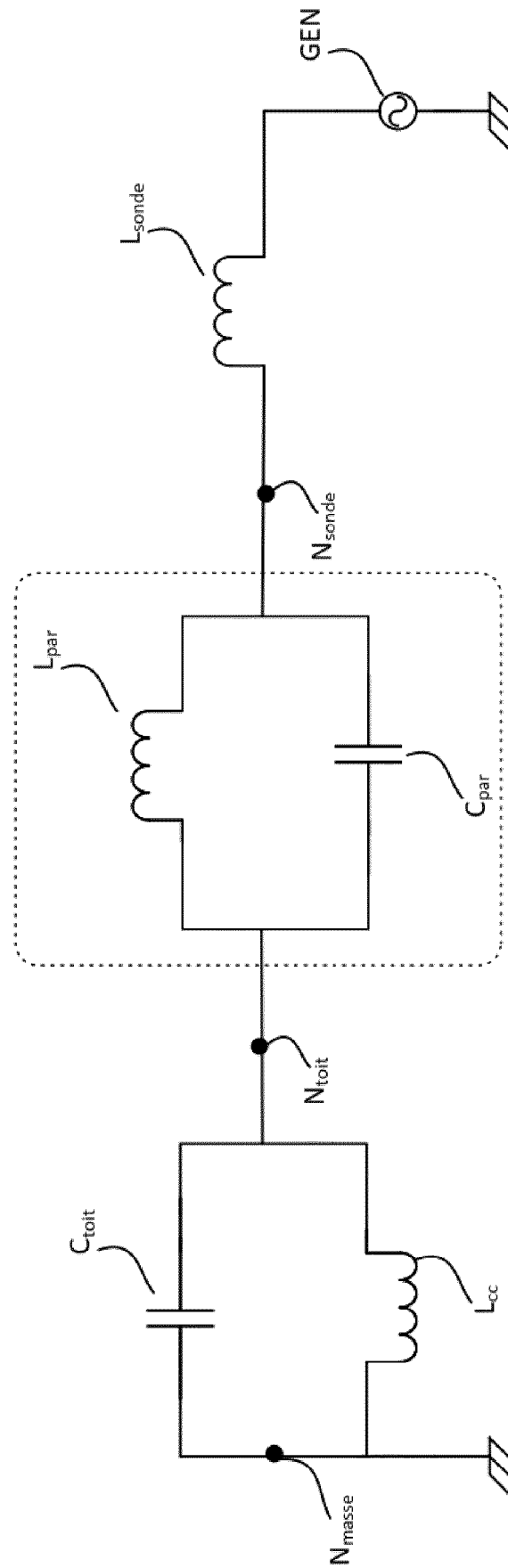


FIG.10

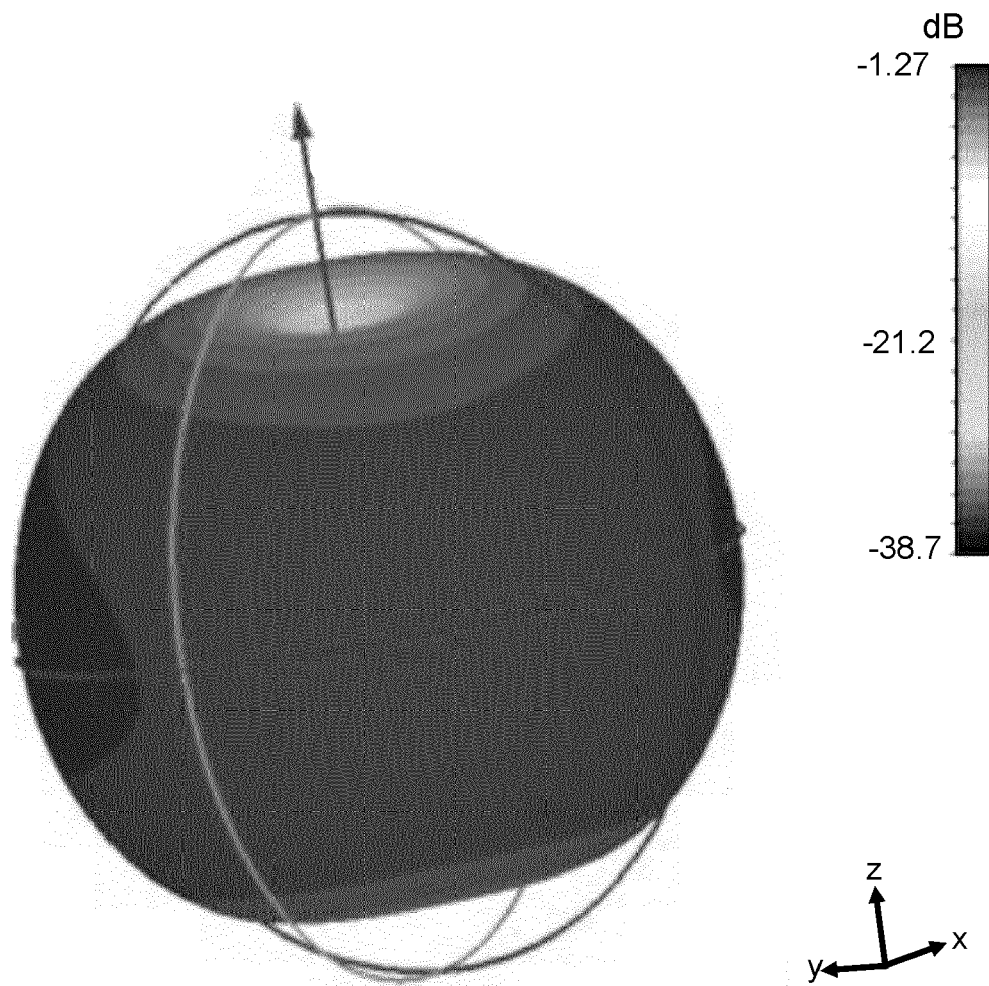


FIG.11

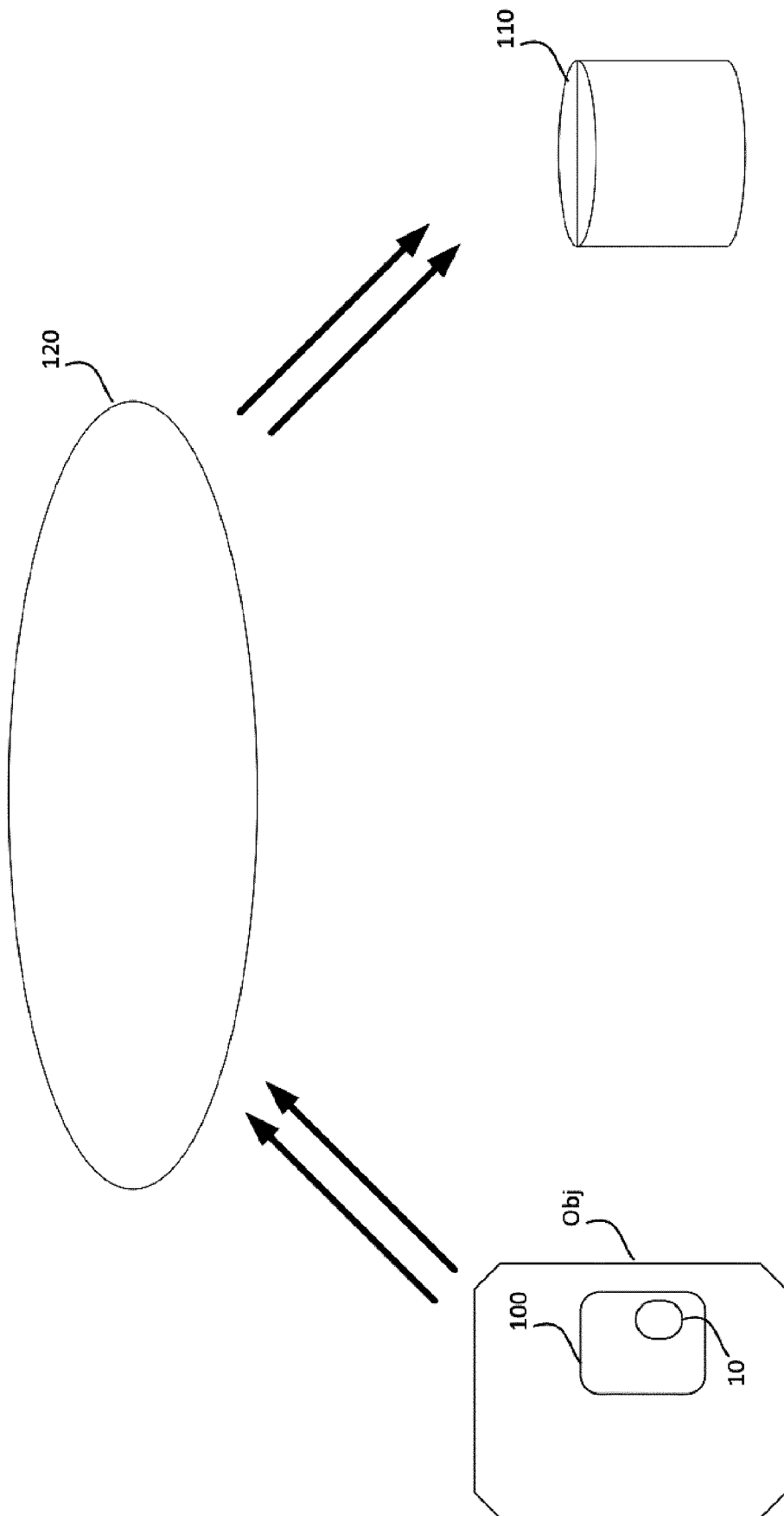


FIG.12



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 21 5644

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	LAU K L ET AL: "A Wide-Band Monopolar Wire-Patch Antenna for Indoor Base Station Applications", IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, IEEE, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 4, no. 1, 20 juin 2005 (2005-06-20), pages 155-157, XP011131375, ISSN: 1536-1225, DOI: 10.1109/LAWP.2005.847432 * figure 1 * * figure 2 * * Section I * * Section II * * Section III * * Section IV *	1, 2, 5, 6, 12	INV. H01Q5/357 H01Q9/04 H01Q9/36 H01Q5/50
X	US 2006/256015 A1 (PARK IKMO [KR] ET AL) 16 novembre 2006 (2006-11-16) * figure 1B * * figure 1C * * figure 2 * * alinéa [0036] - alinéa [0040] * * alinéa [0045] - alinéa [0047] *	1, 3, 4, 7-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01Q
X	CN 110 350 308 B (UNIV CHONGQING) 18 décembre 2020 (2020-12-18) * figure 6 * * figure 7 * * figure 8 * * alinéa [0045] - alinéa [0049] *	1, 5	
A	US 2020/227829 A1 (JOUANLANNE CYRIL [FR]) 16 juillet 2020 (2020-07-16) * figure 1 * * alinéa [0049] - alinéa [0051] * * alinéa [0115] *	11, 14	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 25 janvier 2023	Examineur Kalialakis, Christos
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 21 5644

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	LIAO HANGUANG ET AL: "A 3D Dual-band Electrically Small Monopole Antenna for Internet of Sea Applications", 2021 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTENNAS AND PROPAGATION AND USNC-URSI RADIO SCIENCE MEETING (APS/URSI), IEEE, 4 décembre 2021 (2021-12-04), pages 1-2, XP034084988, DOI: 10.1109/APS/URSI47566.2021.9703913 * figure 2 * * première alinéa; page 700 * -----	13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 25 janvier 2023	Examineur Kalialakis, Christos
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 22 21 5644

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

25-01-2023

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006256015 A1	16-11-2006	KR 20060100158 A	20-09-2006
		US 2006256015 A1	16-11-2006

CN 110350308 B	18-12-2020	AUCUN	

US 2020227829 A1	16-07-2020	EP 3669422 A1	24-06-2020
		FR 3070224 A1	22-02-2019
		US 2020227829 A1	16-07-2020
		WO 2019034760 A1	21-02-2019

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 3235058 B1 [0010]