

(19)



(11)

EP 4 167 378 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
19.04.2023 Bulletin 2023/16

(21) Numéro de dépôt: **22200222.2**

(22) Date de dépôt: **07.10.2022**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01Q 1/52 (2006.01) **H01Q 5/307** (2015.01)
H01Q 9/28 (2006.01) **H01Q 21/28** (2006.01)
H01Q 19/02 (2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01Q 1/521; H01Q 5/307; H01Q 9/285;
H01Q 19/021; H01Q 21/28

(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

(30) Priorité: **15.10.2021 FR 2110982**

(71) Demandeur: **SAGEMCOM BROADBAND SAS**
92500 Rueil-Malmaison (FR)

(72) Inventeur: **KARTOUT, Madani**
92500 RUEIL MALMAISON (FR)

(74) Mandataire: **Lavaud, Thomas et al**
Cabinet Boettcher
16, rue Médéric
75017 Paris (FR)

(54) **DISPOSITIF D'ANTENNES RADIOFREQUENCES ISOLEES**

(57) Dispositif radiofréquence (1) comportant un premier ensemble d'antennes (2) comprenant une première antenne (2a) et une deuxième antenne (2b), la première antenne et la deuxième antenne étant de formes planes et s'étendant toutes deux dans un même premier plan (3), la première antenne étant agencée pour opérer dans une première bande de fréquences, la deuxième antenne étant agencée pour opérer dans une deuxième bande de fréquences ; un premier isolateur (5), le premier isolateur étant de forme plane et s'étendant dans le premier

plan (3) entre la première antenne (2a) et la deuxième antenne (2b), le premier isolateur (5) comportant au moins une branche qui est électriquement conductrice, le premier isolateur étant électriquement flottant, le premier isolateur étant agencé pour réduire un premier couplage par rayonnement électromagnétique, entre la première antenne (2a) et la deuxième antenne (2b), sur la première bande de fréquences et/ou la deuxième bande de fréquences.

EP 4 167 378 A1

Description

[0001] L'invention concerne le domaine des dispositifs radiofréquences comportant une pluralité d'antennes. L'invention s'applique en particulier lorsque les antennes opèrent dans des bandes de fréquences adjacentes, voire similaires.

ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

[0002] Certains équipements électriques récents, par exemple des passerelles résidentielles (en anglais *gateways*), comprennent une pluralité d'antennes afin de transmettre et recevoir des signaux radiofréquences dans des bandes de fréquences différentes. Pour limiter les interférences entre les antennes, il convient d'assurer que lesdites antennes soient correctement isolées les unes des autres. Cela est particulièrement critique lorsque les bandes de fréquences exploitées dans un même équipement sont adjacentes (par exemple le Wi-Fi 5GHz et le Wi-Fi 6GHz), voire similaires.

[0003] Il est connu d'intégrer des moyens de filtrage, comportant par exemple des composants électroniques analogiques, dans la chaîne d'émission et la chaîne de réception des signaux radiofréquences. Cependant, une telle solution vient impacter les signaux radiofréquences émis ou reçus quelle que soit leur direction de propagation. De plus, cette solution est généralement peu performante lorsque les bandes de fréquences sont adjacentes.

[0004] On connaît aussi des techniques de diversité, par exemple de diversité spatiale, de diversité de polarisation ou encore de diversité de rayonnement. Néanmoins, les performances de ces techniques sont généralement limitées lorsqu'elles sont mises en œuvre dans un équipement compact. En particulier, elles ne permettent pas d'assurer une propagation omnidirectionnelle des signaux radiofréquences dans les systèmes radiofréquences à entrées multiples et sorties multiples ou MIMO (en anglais *Multiple-Input Multiple-Output*) exploitant des bandes de fréquences adjacentes.

[0005] Il est également connu de créer des éléments isolants tels que des écrans, des réflecteurs ou encore des absorbeurs à partir d'une ou plusieurs pièces métalliques. Cependant, les éléments isolants ainsi créés sont peu performants lorsqu'ils sont intégrés dans un dispositif compact.

OBJET DE L'INVENTION

[0006] Un but de l'invention est de proposer un dispositif radiofréquence compact répondant aux contraintes d'isolation exposées ci-dessus lorsque des bandes de fréquences adjacentes sont exploitées.

RESUME DE L'INVENTION

[0007] En vue de la réalisation de cet objet, on propose

un dispositif radiofréquence comportant :

- un premier ensemble d'antennes comprenant une première antenne et une deuxième antenne, la première antenne et la deuxième antenne étant de formes planes et s'étendant toutes deux dans un même premier plan, la première antenne étant agencée pour opérer dans une première bande de fréquences, la deuxième antenne étant agencée pour opérer dans une deuxième bande de fréquences ;
- un premier isolateur, le premier isolateur étant de forme plane et s'étendant dans le premier plan entre la première antenne et la deuxième antenne, le premier isolateur comportant au moins une branche qui est électriquement conductrice, le premier isolateur étant électriquement flottant, le premier isolateur étant agencé pour réduire un premier couplage par rayonnement électromagnétique, entre la première antenne et la deuxième antenne, sur la première bande de fréquences et/ou la deuxième bande de fréquences.

[0008] Le dispositif radiofréquence selon l'invention est particulièrement avantageux, car la disposition de la première antenne et de la deuxième antenne, ainsi que la configuration du premier isolateur qui n'est pas électriquement connecté à un plan de masse entre lesdites antennes, assurent que le dispositif radiofréquence est compact tout en répondant aux contraintes d'isolation exposées ci-dessus.

[0009] Selon un mode de réalisation particulier, la première bande de fréquences et la deuxième bande de fréquences sont séparées par un écart de fréquence compris entre 0MHz et 1GHz.

[0010] Selon un mode de réalisation particulier, le premier ensemble d'antennes et le premier isolateur sont positionnés sur un support fabriqué dans un matériau diélectrique, le support s'étendant selon le premier plan.

[0011] Selon un mode de réalisation particulier, le premier isolateur comporte une première branche et une deuxième branche toutes deux électriquement conductrices, la deuxième branche étant sensiblement perpendiculaire à la première branche et s'étendant depuis une portion centrale de la première branche, une extrémité libre de la deuxième branche étant en circuit ouvert, le premier isolateur ayant ainsi une forme de « T ».

[0012] Selon un mode de réalisation particulier, la première antenne et la deuxième antenne sont des antennes planes dipolaires ayant chacune une forme rectangulaire, la première antenne étant agencée pour générer un premier champ électrique maximal sur un premier axe, la deuxième antenne étant agencée pour générer un deuxième champ électrique maximal sur un deuxième axe, le premier axe et le deuxième axe étant sensiblement parallèles entre eux.

[0013] Selon un mode de réalisation particulier, le premier axe et le deuxième axe sont orientés sensiblement à 45 degrés par rapport à la deuxième branche.

[0014] Selon un mode de réalisation particulier, le premier axe et le deuxième axe sont sensiblement perpendiculaires à la deuxième branche.

[0015] Selon, un mode de réalisation particulier, le premier champ électrique maximal est supérieur au deuxième champ électrique maximal, une extrémité de la première branche du premier isolateur étant positionnée à une distance comprise entre 5 millimètres et 1,5 centimètre du premier axe.

[0016] Selon un mode de réalisation particulier, le premier isolateur est agencé pour réduire le premier couplage par rayonnement électromagnétique de manière plus importante sur la première bande de fréquences, la première branche du premier isolateur ayant une longueur prédéfinie sensiblement égale à au moins un quart d'une première longueur d'onde λ_A , la première longueur d'onde λ_A étant telle que :

$$\lambda_A = \frac{c}{v_1 \times \sqrt{\epsilon r}}$$

où v_1 est une première fréquence centrale centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la première bande de fréquences, et ϵr est la permittivité diélectrique d'un milieu dans lequel s'étend le premier isolateur, le milieu étant un support diélectrique ou l'air.

[0017] Selon un mode de réalisation particulier, le premier isolateur est agencé pour réduire le premier couplage par rayonnement électromagnétique de façon égale sur la première bande de fréquences et sur la deuxième bande de fréquences, la première branche du premier isolateur ayant une longueur prédéfinie sensiblement égale à au moins un quart d'une première longueur d'onde λ_A , la première longueur d'onde λ_A étant telle que :

$$\lambda_A = \frac{c}{\frac{v_1 + v_2}{2} \times \sqrt{\epsilon r}}$$

où v_1 est une première fréquence centrale centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la première bande de fréquences, v_2 est une deuxième fréquence centrale centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la deuxième bande de fréquences et ϵr est la permittivité diélectrique d'un milieu dans lequel s'étend le premier isolateur, le milieu étant un support diélectrique ou l'air.

[0018] Selon un mode de réalisation particulier, la deuxième branche du premier isolateur a une longueur prédéfinie sensiblement égale à un quart de la première longueur d'onde λ_A .

[0019] Selon un mode de réalisation particulier, la première branche du premier isolateur a une largeur prédéfinie pour que l'impédance caractéristique de ladite première branche soit sensiblement égale à l'impédance ca-

ractéristique d'une antenne sélectionnée parmi la première antenne et la deuxième antenne, la deuxième branche du premier isolateur ayant une largeur prédéfinie pour que l'impédance caractéristique de ladite deuxième branche soit sensiblement égale à l'impédance caractéristique de l'antenne sélectionnée parmi la première antenne et la deuxième antenne.

[0020] Selon un mode de réalisation particulier, la première branche du premier isolateur a une largeur prédéfinie pour que l'impédance caractéristique de ladite première branche soit sensiblement comprise entre 75Ω et 120Ω , la deuxième branche du premier isolateur ayant une largeur prédéfinie pour que l'impédance caractéristique de ladite deuxième branche soit sensiblement comprise entre 75Ω et 120Ω .

[0021] Selon un mode de réalisation particulier, le premier isolateur comporte trois branches toutes trois électriquement conductrices et agencées de telle sorte que ledit premier isolateur ait une forme de « Y ».

[0022] Selon un mode de réalisation particulier le dispositif radiofréquence tel que précédemment décrit comprend au moins un deuxième isolateur comportant au moins une branche électriquement conductrice, le deuxième isolateur étant électriquement flottant, le deuxième isolateur étant positionné d'un côté d'une antenne particulière parmi la première antenne ou la deuxième antenne, ledit côté de l'antenne particulière étant opposé au premier isolateur, le deuxième isolateur étant agencé pour corriger une modification de directivité de l'antenne particulière causée par la présence du premier isolateur.

[0023] Selon un mode de réalisation particulier, le deuxième isolateur comporte une seule branche électriquement conductrice, ledit isolateur ayant ainsi une forme longitudinale.

[0024] Selon un mode de réalisation particulier, le dispositif radiofréquence tel que précédemment décrit comprend une troisième antenne s'étendant dans un deuxième plan, le deuxième isolateur étant en outre agencé pour réduire un deuxième couplage par rayonnement électromagnétique entre la troisième antenne et l'antenne particulière, sur une bande de fréquences particulière dans laquelle opère l'antenne particulière et sur une troisième bande de fréquences dans laquelle opère la troisième antenne.

[0025] Selon un mode de réalisation particulier, le deuxième isolateur est agencé pour réduire le deuxième couplage par rayonnement électromagnétique de manière plus importante sur la bande de fréquences particulière, la branche du deuxième isolateur ayant une longueur prédéfinie sensiblement égale à une moitié d'une deuxième longueur d'onde λ_B , la deuxième longueur d'onde λ_B étant telle que :

$$\lambda_B = \frac{c}{v_{\#} \times \sqrt{\epsilon r}}$$

où $v_{\#}$ est une fréquence centrale particulière centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la bande de fréquences particulière, et ϵr est la permittivité diélectrique d'un milieu dans lequel s'étend le deuxième isolateur, le milieu étant un support diélectrique ou l'air.

[0026] Selon un mode de réalisation particulier, le deuxième isolateur est agencé pour réduire le deuxième couplage par rayonnement électromagnétique de façon égale sur la bande de fréquences particulière et sur la troisième bande de fréquences, la branche du deuxième isolateur ayant une longueur prédéfinie sensiblement égale à au moins une moitié d'une deuxième longueur d'onde λ_B , la deuxième longueur d'onde λ_B étant telle que :

$$\lambda_B = \frac{c}{\frac{v_{\#} + v_3}{2} \times \sqrt{\epsilon r}}$$

où $v_{\#}$ est une fréquence centrale particulière centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la bande de fréquences particulière, v_3 est une troisième fréquence centrale centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la troisième bande de fréquences et ϵr est la permittivité diélectrique d'un milieu dans lequel s'étend le deuxième isolateur, le milieu étant un support diélectrique ou l'air.

[0027] Selon un mode de réalisation particulier, la branche du deuxième isolateur a une largeur prédéfinie pour que l'impédance caractéristique de ladite branche soit sensiblement égale à l'impédance caractéristique d'une antenne sélectionnée parmi l'antenne particulière et la troisième antenne.

[0028] Selon un mode de réalisation particulier, la branche du premier isolateur a une largeur prédéfinie pour que l'impédance caractéristique de ladite branche soit sensiblement comprise entre 75Ω et 120Ω .

[0029] Selon un mode de réalisation particulier, le deuxième isolateur est situé à proximité d'une intersection du premier plan et du deuxième plan.

[0030] Selon un mode de réalisation particulier, le deuxième isolateur est positionné dans un plan sécant au premier plan et au deuxième plan.

[0031] Selon un mode de réalisation particulier, le deuxième isolateur forme un coin arrondi entre le premier plan et le deuxième plan.

[0032] Selon un mode de réalisation particulier, le premier plan et le deuxième plan sont perpendiculaires.

[0033] Selon un mode de réalisation particulier, le dispositif radiofréquence tel que précédemment décrit comprend un deuxième ensemble d'antennes comportant la troisième antenne et une quatrième antenne, et qui est similaire au premier ensemble d'antennes, ainsi qu'un troisième isolateur semblable au premier isolateur et positionné entre la troisième antenne et la quatrième antenne.

[0034] Selon un mode de réalisation particulier, le dispositif radiofréquence tel que précédemment décrit comporte un support comportant quatre faces comprenant deux premières faces parallèles entre elles et deux deuxième faces parallèles entre elles, deux premiers ensembles d'antennes positionnés chacun sur une première face distincte et deux deuxième ensembles d'antennes positionnés chacun sur une deuxième face distincte, le dispositif radiofréquence comprenant en outre deux premiers isolateurs positionnés chacun entre la première antenne et la deuxième antenne d'un premier ensemble d'antennes distinct, deux troisième isolateurs positionnés chacun entre une troisième antenne et une quatrième antenne d'un deuxième ensemble d'antennes distinct, ainsi que quatre deuxième isolateurs positionnés chacun dans un coin distinct du support.

[0035] L'invention concerne également un système MIMO comprenant un dispositif radiofréquence tel que précédemment décrit ainsi qu'un émetteur radiofréquence et un récepteur radiofréquence reliés aux premiers ensembles d'antennes et aux deuxième ensembles d'antennes dudit dispositif radiofréquence.

[0036] L'invention concerne également un équipement électronique comprenant un système MIMO tel que précédemment décrit.

[0037] Selon un mode de réalisation particulier, l'équipement électronique est une passerelle résidentielle.

[0038] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation particuliers non limitatifs de l'invention.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0039] La description de modes de réalisation fait référence aux dessins annexés, parmi lesquels :

[Fig. 1] la figure 1 représente une vue de dessus d'un dispositif radiofréquence selon un mode de réalisation.

[Fig. 2] la figure 2 représente une simulation du fonctionnement du dispositif radiofréquence illustré à la figure 1 lorsque la première antenne est en émission et que le premier isolateur n'est pas présent.

[Fig. 3] la figure 3 représente une simulation du fonctionnement du dispositif radiofréquence illustré à la figure 1 lorsque la première antenne est en émission et que le premier isolateur est présent.

[Fig. 4] la figure 4 représente une simulation du fonctionnement du dispositif radiofréquence illustré à la figure 1 lorsque la deuxième antenne est en émission et que le premier isolateur n'est pas présent.

[Fig. 5] la figure 5 représente une simulation du fonctionnement du dispositif radiofréquence illustré à la figure 1 lorsque la deuxième antenne est en émission et que le premier isolateur est présent.

[Fig. 6] la figure 6 représente le paramètre S_{21} en fonction de la fréquence du dispositif radiofréquence

illustré à la figure 1.

[Fig. 7] la figure 7 représente les diagrammes de rayonnement de la première antenne du dispositif radiofréquence illustré à la figure 1.

[Fig. 8] la figure 8 représente les diagrammes de rayonnement de la deuxième antenne du dispositif radiofréquence illustré à la figure 1.

[Fig. 9] la figure 9 représente une vue en perspective d'une première variante du dispositif radiofréquence selon un mode de réalisation.

[Fig. 10A] la figure 10A illustre une première position du deuxième isolateur du dispositif radiofréquence illustré à la figure 9.

[Fig. 10B] la figure 10B illustre une deuxième position du deuxième isolateur du dispositif radiofréquence illustré à la figure 9.

[Fig. 11] la figure 11 représente une simulation de champ électrique selon un premier plan du dispositif radiofréquence illustré à la figure 9 lorsque la première antenne est en émission et que le premier isolateur n'est pas présent.

[Fig. 12] la figure 12 représente une simulation de champ électrique selon un premier plan du dispositif radiofréquence illustré à la figure 9 lorsque la première antenne est en émission et que le premier isolateur est présent.

[Fig. 13] la figure 13 représente une simulation de champ électrique selon un deuxième plan du dispositif radiofréquence illustré à la figure 9 lorsque la première antenne est en émission et que le premier isolateur n'est pas présent.

[Fig. 14] la figure 14 représente une simulation de champ électrique selon un deuxième plan du dispositif radiofréquence illustré à la figure 9 lorsque la première antenne est en émission et que le premier isolateur est présent.

[Fig. 15] la figure 15 représente le paramètre S_{21} en fonction de la fréquence du dispositif radiofréquence illustré à la figure 9.

[Fig. 16] la figure 16 représente les diagrammes de rayonnement de la première antenne du dispositif radiofréquence illustré à la figure 9.

[Fig. 17] la figure 17 représente les diagrammes de rayonnement de la troisième antenne du dispositif radiofréquence illustré à la figure 9.

[Fig. 18] la figure 18 représente une vue en relief d'une troisième variante du dispositif radiofréquence selon un mode de réalisation.

[Fig. 19] la figure 19 représente une simulation de champ électrique du dispositif radiofréquence illustré à la figure 18 lorsque la première antenne est en émission et que le dispositif d'isolation n'est pas présent.

[Fig. 20] la figure 20 représente une simulation de champ électrique du dispositif radiofréquence illustré à la figure 18 lorsque la deuxième antenne est en émission et que le dispositif d'isolation n'est pas présent.

[Fig. 21] la figure 21 représente une simulation de champ électrique du dispositif radiofréquence illustré à la figure 18 lorsque la première antenne est en émission et que le dispositif d'isolation est présent.

[Fig. 22] la figure 22 représente une simulation de champ électrique du dispositif radiofréquence illustré à la figure 18 lorsque la deuxième antenne est en émission et que le dispositif d'isolation est présent.

[Fig. 23] la figure 23 représente les diagrammes de rayonnement en gain combiné du premier groupe d'antennes du dispositif radiofréquence illustré à la figure 18.

[Fig. 24] la figure 24 représente les diagrammes de rayonnement en gain combiné du deuxième groupe d'antennes du dispositif radiofréquence illustré à la figure 18.

[Fig. 25] la figure 25 représente un diagramme de définition de bloc d'un équipement électronique intégrant un système MIMO comportant le dispositif radiofréquence illustré à la figure 18.

[Fig. 26] la figure 26 représente une passerelle résidentielle intégrant le dispositif radiofréquence illustré à la figure 18.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0040] En référence à la figure 1, il est décrit un dispositif radiofréquence 1 selon un mode de réalisation.

[0041] Le dispositif radiofréquence 1 comporte un premier ensemble d'antennes 2 comprenant une première antenne 2a et une deuxième antenne 2b. La première antenne 2a et la deuxième antenne 2b sont de formes planes et s'étendent toutes les deux dans un premier plan 3. Le premier plan 3 est défini par un axe X et par un axe Z, l'axe X et l'axe Z étant perpendiculaires.

[0042] La première antenne 2a et la deuxième antenne 2b sont ici positionnés sur un support 4 fabriqué dans un matériau diélectrique et s'étendant dans le premier plan 3. En l'occurrence, le support 4 est ici fabriqué dans un matériau plastique présentant une permittivité diélectrique supérieure à 1 (par exemple, la permittivité diélectrique du matériau plastique utilisé est environ égale à 3).

[0043] La première antenne 2a opère dans une première bande de fréquences et la deuxième antenne 2b opère dans une deuxième bande de fréquences. Il est ici entendu qu'une antenne opère dans une bande de fréquences (ou à une fréquence) signifie que ladite antenne est conçue pour émettre et/ou recevoir, de façon optimale, des signaux radiofréquences dans ladite bande de fréquences (ou respectivement à ladite fréquence).

[0044] En outre, la première bande de fréquences et la deuxième bande de fréquences sont ici différentes mais adjacentes. Ici, par « adjacentes », on entend que la première bande de fréquences et la deuxième bande de fréquences sont séparées par un écart de fréquence compris entre environ 0MHz et environ 1GHz. Par exemple, si la première bande de fréquences est supérieure

à la deuxième bande de fréquences, ledit écart de fréquence est la différence entre la fréquence minimale de la deuxième bande de fréquences et la fréquence maximale de la première bande de fréquences.

[0045] A titre d'exemple, la première antenne 2a pourrait être une antenne bi-bande (en anglais *dual-band*) opérant à une fréquence égale à 2.4GHz et à une fréquence égale à 5GHz, et la deuxième antenne 2b pourrait être une antenne simple mono-bande opérant à une fréquence de 6GHz.

[0046] A titre d'autre exemple, la première antenne 2a pourrait être une antenne mono-bande opérant dans une bande de fréquences de 5GHz, allant de 5170MHz à 5835MHz, et la deuxième antenne 2b pourrait être une antenne mono-bande opérant dans une bande de fréquence de 6GHz, allant de 5925MHz à 7125MHz.

[0047] La première antenne 2a et la deuxième antenne 2b sont ici des antennes planes dipolaires sur des supports de formes rectangulaires. La première antenne 2a et la deuxième antenne 2b présentent toutes les deux un diagramme de rayonnement omnidirectionnel ayant une forme de tore. La première antenne 2a génère un premier champ électrique maximal sur un premier axe E_{2a} et la deuxième antenne 2b génère un deuxième champ électrique maximal sur un deuxième axe E_{2b} . Le premier axe E_{2a} est un axe de symétrie de la première antenne 2a parallèle à la largeur de celle-ci. Le deuxième axe E_{2b} est un axe de symétrie de la deuxième antenne 2b parallèle à la largeur de celle-ci.

[0048] Ici, le premier axe E_{2a} et le deuxième axe E_{2b} sont parallèles.

[0049] Le dispositif radiofréquence 1 comporte de plus un premier isolateur 5 de forme plane qui s'étend dans le premier plan 3 entre la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b. Le premier isolateur 5 est ici globalement centré entre la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b.

[0050] Le premier isolateur 5 est positionné sur le support 4 et fixé par des moyens de fixation comprenant par exemple des pions de bouterollage, de la colle ou encore des vis.

[0051] Toujours en référence à la figure 1, le premier isolateur 5 comporte une première branche 6 et une deuxième branche 7. La première branche 6 et la deuxième branche 7 du premier isolateur 5 sont ici formées par des pistes planes et rectilignes fabriquées dans un matériau conducteur, par exemple en aluminium, en cuivre ou encore en fer.

[0052] En outre, la deuxième branche 7 du premier isolateur 5 est ici perpendiculaire à la première branche 6 du premier isolateur 5 et s'étend depuis une portion centrale de ladite première branche 6. Le premier isolateur 5 a ainsi une forme de « T ». La forme de « T » est simple et permet de faciliter la fabrication du premier isolateur 5 car c'est une forme qui peut être découpée avec précision (notamment dans une plaque métallique) et qui est facilement reproductible.

[0053] Ainsi, la première branche 6 du premier isola-

teur 5 est une ligne de transmission qui est en circuit ouvert entre une première extrémité 6a et une deuxième extrémité 6b. De plus, la deuxième branche 7 du premier isolateur 5 est un *stub* qui est en circuit ouvert en une extrémité libre 7a. Ainsi, la deuxième branche 7 et la première branche 6 du premier isolateur 5 sont connectées électriquement en parallèle. Le premier isolateur 5 est ainsi un élément passif qui assure la fonction de résonateur coupe bande réciproque. Le premier isolateur 5 présente ainsi un coefficient de transmission qui est le même quel que soit le sens de circulation d'un courant électrique circulant à travers sa première branche 6 et sa deuxième branche 7.

[0054] En outre, le premier isolateur 5 n'est pas électriquement connecté. En particulier, le premier isolateur 5 n'est pas connecté à un plan de masse électrique. Le premier isolateur 5 est ainsi électriquement flottant. On note en particulier que cette configuration flottante du premier isolateur 5 est particulièrement différente des solutions de l'art antérieur. En effet, selon l'art antérieur, il existe des isolateurs montés sur des PCB (en anglais *Printed Circuit Board*), mais l'utilisation d'un PCB (qui présente notamment une perméabilité magnétique) impose de raccorder lesdits isolateurs au plan de masse électrique dudit PCB.

[0055] Le premier axe E_{2a} et le deuxième axe E_{2b} sont ici orientés tous les deux d'un angle égal à 45 degrés par rapport à la deuxième branche 7 du premier isolateur 5. Le premier axe E_{2a} s'étend directement au voisinage de la première extrémité 6a de la première branche 6 du premier isolateur 5.

[0056] Les dimensions du premier isolateur 5 sont pré-définies en fonction de l'espace disponible, de l'environnement dans lequel il est utilisé et d'une bande de fréquences dans laquelle son influence doit être maximale. Il est en effet important de considérer l'environnement dans lequel le dispositif 1 selon un mode de réalisation est appliqué, et notamment les paramètres électriques des matériaux utilisés (comme la permittivité diélectrique) qui impactent les longueurs d'onde, les fréquences de résonance ainsi que les impédances caractéristiques des lignes de transmission (c'est-à-dire des pistes).

[0057] De préférence, la première branche 6 du premier isolateur 5 a une longueur environ égale à au moins un quart d'une première longueur d'onde λ_A en prenant en compte un milieu dans lequel s'étend le premier isolateur 5.

[0058] Dans un premier exemple, le premier isolateur 5 est ici conçu pour atténuer le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b dans la première bande de fréquences et dans la deuxième bande de fréquences mais de façon plus importante dans la première bande de fréquences (dans laquelle opère la première antenne 2a). Si le milieu dans lequel s'étend le premier isolateur 5 est l'air, la première longueur d'onde λ_A est calculée avec une permittivité diélectrique égale à 1. Par contre, si le

milieu dans lequel s'étend le premier isolateur 5 est un support diélectrique (par exemple un support plastique), la permittivité diélectrique dudit support diélectrique est prise en compte et la première longueur d'onde λ_A est

$$\frac{\lambda_A}{4} = \frac{c}{4 \times v_1 \times \sqrt{\epsilon r}}$$

telle que: $\frac{\lambda_A}{4} = \frac{c}{4 \times v_1 \times \sqrt{\epsilon r}}$, où ϵr est la permittivité diélectrique du matériau utilisé pour la fabrication du support diélectrique et où v_1 est une première fréquence centrale qui est centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la première bande de fréquences (dans laquelle opère la première antenne 2a), et où c est la célérité de l'onde électromagnétique. Par exemple, si la première bande de fréquences est une bande de fréquences allant de 5.1GHz à 5.9GHz, la première fréquence centrale v_1 est environ égale à 5.5GHz.

[0059] Dans un autre exemple, le premier isolateur 5 est ici conçu pour atténuer le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b de manière équilibrée (ou égale) entre la première bande de fréquences et la deuxième bande de fréquence. La première bande de fréquences est par exemple une bande de fréquences dite bande 5GHz et la deuxième bande de fréquences est par exemple une bande de fréquences dite bande 6GHz. Si le milieu dans lequel s'étend le premier isolateur 5 est différent de l'air alors la première longueur d'onde λ_A est

$$\frac{\lambda_A}{4} = \frac{c}{4 \times \frac{v_1 + v_2}{2} \times \sqrt{\epsilon r}}$$

telle que : $\frac{\lambda_A}{4} = \frac{c}{4 \times \frac{v_1 + v_2}{2} \times \sqrt{\epsilon r}}$, où v_1 est la première fréquence centrale de la première bande de fréquences (par exemple, 5,5GHz), et où v_2 est une deuxième fréquence centrale qui est centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la deuxième bande de fréquences (par exemple 6,5GHz). D'autres exemples de dimensionnement de la première branche 6 du premier isolateur 5 peuvent être obtenus selon l'isolation de la première bande de fréquences ou de la deuxième bande de fréquences recherchée.

[0060] La deuxième branche 7 du premier isolateur 5 a une longueur environ égale à un quart de la première longueur d'onde λ_A retenue. La première longueur d'onde λ_A retenue correspond à une première fréquence retenue qui est par exemple égale à 6.2GHz lorsqu'une isolation en début de la bande de fréquences dite bande 6GHz (UNII-5) est recherchée. La première fréquence retenue peut également être par exemple dépendante de la première fréquence centrale v_1 de la première bande de fréquences (dans laquelle opère la première antenne 2a) et de la deuxième fréquence centrale v_2 de la deuxième bande de fréquences (dans laquelle opère la deuxième antenne 2b). Par exemple, la fréquence centrale retenue est égale à $(v_1 + v_2)/2$.

[0061] Dans un exemple, les dimensions du premier isolateur 5, en particulier les largeurs respectives de la première branche 6 et de la deuxième branche 7, sont

en rapport avec les caractéristiques d'une antenne sélectionnée parmi la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b. Les dimensions respectives de la première antenne 2a et de la deuxième antenne 2b sont considérées afin de sélectionner la ou les dimensions les plus grandes. Par exemple, lorsque la première bande de fréquences (dans laquelle la première antenne 2a opère) est la bande de fréquences dite bande 5GHz et que la deuxième bande de fréquences (dans laquelle la deuxième antenne 2b opère) est la bande de fréquences dite bande 6GHz, des brins ou pistes rayonnants de la première antenne 2a ont des dimensions ou tailles plus grandes que des brins ou pistes rayonnants de la deuxième antenne 2b. La largeur des brins ou pistes rayonnants de l'antenne sélectionnée permet de déterminer la largeur de la première branche 6 et/ou de la deuxième branche 7 du premier isolateur 5. Si la première bande de fréquences (première antenne 2a) est la bande de fréquences dite bande 5GHz et que la deuxième bande de fréquences (deuxième antenne 2b) est la bande de fréquences dite bande 6GHz, les largeurs respectives de la première branche 6 et la deuxième branche 7 du premier isolateur 5 peuvent être de l'ordre de 2.5mm-3mm.

[0062] La première antenne 2a est sélectionnée pour déterminer les dimensions du premier isolateur 5 et la première antenne 2a est positionnée sur un PCB, lui-même reposant sur un premier support diélectrique (fabriqué par exemple avec un matériau plastique), l'ensemble (le PCB et le premier support diélectrique) présentant une permittivité diélectrique environ égale à 4.3. Le premier isolateur 5 est quant à lui, dans un exemple, positionné sur un deuxième support diélectrique (fabriqué par exemple avec un matériau plastique) pouvant être identique ou différent du premier support diélectrique sur lequel est positionnée la première antenne 2a, et présentant une permittivité diélectrique environ égale à 3. De par la proximité de deux permittivités diélectriques différentes, et sachant que la première antenne 2a est sélectionnée pour dimensionner le premier isolateur 5, les impédances caractéristiques respectives de la première branche 6 et de la deuxième branche 7 du premier isolateur 5 sont environ égales à l'impédance caractéristique de la première antenne 2a.

[0063] Dans différents exemples, la première branche 6 et la deuxième branche 7 du premier isolateur 5 ont respectivement une largeur qui assure que les impédances caractéristiques respectives de ladite première branche 6 et de ladite deuxième branche 7 sont comprises dans l'intervalle [75Ω, 120Ω]. Cela permet de maximiser un courant électrique circulant à travers ladite première branche 6 et ladite deuxième branche 7 et ainsi de maximiser l'atténuation du couplage par rayonnement électromagnétique.

[0064] En outre, le premier isolateur 5 fonctionne en champ proche. Toujours en considérant que le premier isolateur 5 est agencé pour atténuer de façon plus importante le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la deuxième antenne

2b dans la première bande de fréquences, une distance entre la première extrémité 6a de la première branche 6 du premier isolateur 5 et le premier axe E_{2a} est comprise entre 5 millimètres et 1 centimètre. Cette distance permet de limiter de façon optimale l'intensité du champ électrique généré par la première antenne 2a et capté par la deuxième antenne 2b. Dans un autre exemple, cette distance est supérieure à 1 centimètre, par exemple 1,5 centimètre.

[0065] Les figures 2, 3, 4 et 5 mettent en évidence le rôle du premier isolateur 5 dans le dispositif radiofréquence 1. La première antenne 2a est ici une antenne Wi-Fi opérant dans une bande de fréquences allant de 5.1GHz à 5.9GHz. La deuxième antenne 2b est ici une antenne Wi-Fi opérant dans une bande de fréquences allant de 5.9GHz à 7.2GHz. La première bande de fréquences de la première antenne 2a et la deuxième bande de fréquences de la deuxième antenne 2b sont ainsi adjacentes.

[0066] Sur chacune des figures 2, 3, 4 et 5, des lignes de champs courbes représentent l'orientation du champ électrique dans le premier plan 3. De plus, l'intensité dudit champ électrique (en $V.m^{-1}$) est ici représentée en niveau de gris.

[0067] En référence aux figures 2 et 3, la première antenne 2a opère ici en émission, c'est-à-dire qu'elle émet des signaux radiofréquences dans sa bande de fréquences. Des lignes de champ 8 représentent donc ici l'orientation du champ électrique généré par la première antenne 2a. Au contraire, la deuxième antenne 2b est ici inactive, c'est-à-dire qu'elle n'émet, ni ne reçoit aucun signal radiofréquence dans sa bande de fréquences.

[0068] Lorsque le dispositif radiofréquence 1 ne comporte pas le premier isolateur 5 (figure 2), le champ électrique généré par la première antenne 2a se propage sans obstacle à travers le support 4 jusqu'à la deuxième antenne 2b. La deuxième antenne 2b capte ainsi une partie importante du champ électrique généré par la première antenne 2a. Les lignes de champ 8 se concentrent ainsi sur et au voisinage de la deuxième antenne 2b. Ainsi, sachant que la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b opèrent respectivement dans des bandes de fréquences qui sont adjacentes, le couplage par rayonnement électromagnétique entre ladite première antenne 2a et ladite deuxième antenne 2b est important.

[0069] Lorsque le dispositif radiofréquence 1 comporte le premier isolateur 5 (figure 3), le champ électrique généré par la première antenne 2a est filtré, c'est-à-dire atténué grâce à la fonction de résonateur coupe bande réciproque dudit premier isolateur 5. Les lignes de champ 8 se concentrent ainsi sur et au voisinage du premier isolateur 5 (et non au voisinage de la deuxième antenne 2b). Plus précisément, le champ électrique généré par la première antenne 2a se concentre au niveau de la première extrémité 6a de la première branche 6 du premier isolateur 5 et au niveau de l'extrémité libre 7a de la deuxième branche 7 du premier isolateur 5. Le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b est ainsi signifi-

cativement réduit. En outre, le premier isolateur 5 vient modifier l'orientation en champ proche du champ électrique généré par la première antenne 2a.

[0070] En référence aux figures 4 et 5, la première antenne 2a est ici inactive et la deuxième antenne 2b opère en émission. Des lignes de champ 9 représentent donc ici l'orientation du champ électrique généré par la deuxième antenne 2b.

[0071] Lorsque le dispositif radiofréquence 1 ne comporte pas le premier isolateur 5 (figure 4), le champ électrique généré par la deuxième antenne 2b se propage sans obstacle à travers le support 4 jusqu'à la première antenne 2a. Les lignes de champ 9 se concentrent donc sur et au voisinage de la première antenne 2a. Ainsi, le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b est important.

[0072] Lorsque le dispositif radiofréquence 1 comporte le premier isolateur 5 (figure 5), les lignes de champ 9 se concentrent au niveau de la première extrémité 6a et de la deuxième extrémité 6b de la première branche 6 du premier isolateur 5 et au niveau de l'extrémité libre 7a de la deuxième branche 7 du premier isolateur 5. Ainsi, le nombre de lignes de champ 9 au voisinage de la première antenne 2a est fortement réduit. Le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b est donc significativement réduit.

[0073] Il est à noter que le premier isolateur 5 présente de meilleures performances lorsque c'est la première antenne 2a qui est en émission (par rapport au cas où c'est la deuxième antenne 2b qui est en émission). Ce résultat est logique car le premier isolateur 5 est ici dimensionné pour opérer au voisinage d'une fréquence maximale de la première bande de fréquences (allant de 5.1GHz à 5.9GHz).

[0074] La figure 6 représente l'amplitude en décibels d'un paramètre (en anglais *Scattering Parameter*) S_{21} en fonction de la fréquence. Le paramètre S_{21} correspond au coefficient de transmission entre la deuxième antenne 2b et la première antenne 2a. La courbe 10 est la courbe du paramètre S_{21} lorsque le premier isolateur 5 n'est pas présent et la courbe 11 est la courbe du paramètre S_{21} lorsque le premier isolateur 5 est présent. Le premier isolateur 5 est ici dimensionné pour atténuer le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b dans une bande de fréquences allant de 5GHz à 7GHz. Il est clair que le premier isolateur 5 vient réduire l'amplitude du paramètre S_{21} dans la bande de fréquences pour laquelle il est dimensionné. En effet, il est observé une réduction minimum égale à environ 5dB de l'amplitude du paramètre S_{21} au voisinage d'une fréquence égale à 5.5GHz (repère R1 sur la figure 6) et réduction maximale d'environ 34dB au voisinage d'une fréquence égale à 6.3GHz (repère R2 sur la figure 6). Le premier isolateur 5 permet donc de réduire efficacement le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première an-

tenne 2a et la deuxième antenne 2b dans la bande de fréquences pour laquelle il est dimensionné.

[0075] En référence aux figures 7 et 8, il est introduit ici un axe Y, perpendiculaire à l'axe X et à l'axe Z de telle sorte que les trois axes X, Y, Z forment un repère cartésien orthogonal (espace de dimension 3) définissant trois coupes, une première coupe XZ (c'est-à-dire une coupe selon le premier plan 3), une deuxième coupe YZ et une troisième coupe XY.

[0076] La figure 7 représente un diagramme de rayonnement 12 de la première antenne 2a selon la première coupe XZ, un diagramme de rayonnement 13 de la première antenne 2a selon la deuxième coupe YZ et un diagramme de rayonnement 14 de la première antenne 2a selon la troisième coupe XY. Les diagrammes de rayonnement 12, 13, 14 correspondent au cas de figure des figures 2 et 3, c'est-à-dire que la première antenne 2a est en émission (dans la première bande de fréquences allant de 5.1GHz à 5.9GHz) et la deuxième antenne 2b est inactive. Il est commun dans le domaine radiofréquence de caractériser une antenne en utilisant son diagramme de rayonnement qui représente la distribution angulaire (en degrés) du gain de ladite antenne (en décibels isotrope).

[0077] Sur les diagrammes de rayonnement 12, 13, 14, la courbe en trait plein correspond à la directivité en champ lointain de la première antenne 2a lorsque le premier isolateur 5 n'est pas présent et la courbe en trait pointillé correspond à la directivité en champ lointain de la première antenne 2a lorsque le premier isolateur 5 est présent.

[0078] Les diagrammes de rayonnement 12, 13, 14 mettent en évidence que le premier isolateur 5 vient modifier la directivité en champ lointain de la première antenne 2a.

[0079] En particulier, le diagramme de rayonnement 12 selon la première coupe XZ montre que la directivité en champ lointain de la première antenne 2a est plus homogène lorsque le premier isolateur 5 est présent (courbe 12b). Par homogène, il est entendu que le gain de la première antenne 2a est à peu près constant en fonction de l'angle de propagation du rayonnement émis par ladite première antenne 2a. Plus précisément, lorsque le premier isolateur 5 n'est pas présent (courbe 12a), la variation relative maximale de gain de la première antenne 2a est de l'ordre de 8dBi alors que lorsque le premier isolateur 5 est présent (courbe 12b), la variation relative maximale de gain de la première antenne 2a est de l'ordre de 3dBi.

[0080] Le diagramme de rayonnement 13 selon la deuxième coupe YZ ne met pas en évidence un décalage significatif de la directivité en champ lointain de la première antenne 2a.

[0081] Le diagramme de rayonnement 14 selon la troisième coupe XY montre que le maximum du gain de la première antenne est décalé lorsque le premier isolateur 5 est présent. En effet, lorsque le premier isolateur 5 n'est pas présent (courbe 14a, le gain de la première antenne

2a est maximum au voisinage d'un angle de 270 degrés alors que lorsque le premier isolateur 5 est présent (courbe 14b), le gain de la première antenne 2a est maximum au voisinage d'un angle de 180 degrés.

[0082] La figure 8 représente un diagramme de rayonnement 15 de la deuxième antenne 2b selon la première coupe XZ, un diagramme de rayonnement 16 de la deuxième antenne 2b selon la deuxième coupe YZ et un diagramme de rayonnement 17 de la deuxième antenne 2b selon la troisième coupe XY. Les diagrammes de rayonnement 15, 16, 17 correspondent au cas de figure des figures 4 et 5, c'est-à-dire que la première antenne 2a est inactive et la deuxième antenne 2b est en émission (dans la deuxième bande de fréquences allant de 5.9GHz à 7.2GHz).

[0083] Sur les diagrammes de rayonnement 15, 16, 17, la courbe en trait plein correspond à la directivité en champ lointain de la deuxième antenne 2b lorsque le premier isolateur 5 n'est pas présent et la courbe en trait pointillé correspond à la directivité en champ lointain de la deuxième antenne 2b lorsque le premier isolateur 5 est présent.

[0084] Les diagrammes de rayonnement 15, 16, 17 mettent en évidence que le premier isolateur 5 a une influence modérée sur la directivité en champ lointain de la deuxième antenne 2b. En effet, le profil de la directivité en champ lointain de la deuxième antenne 2b lorsque le premier isolateur 5 n'est pas présent est globalement similaire au profil de la directivité en champ lointain de la deuxième antenne 2b lorsque le premier isolateur 5 est présent. Cela est dû au fait que le deuxième axe E_{2b} du deuxième champ électrique maximal de la deuxième antenne 2b ne s'étend pas directement dans le voisinage du premier isolateur 5.

[0085] Il est à noter que les dimensions du premier isolateur 5 peuvent être ajustées en fonction d'une bande de fréquences visée.

[0086] Il est à noter que plus la conductivité du matériau utilisé pour fabriquer le premier isolateur 5 est grande, plus les performances en isolation dudit premier isolateur 5 sont élevées.

[0087] En outre, le premier axe E_{2a} du premier champ électrique maximal (de la première antenne 2a) et le deuxième axe E_{2b} du deuxième champ électrique maximal (de la deuxième antenne 2b) pourraient être perpendiculaires à la deuxième branche 7 du premier isolateur 5.

[0088] En référence à la figure 9, le dispositif radiofréquence 1 selon un mode de réalisation comporte de plus au moins un deuxième isolateur 18. Le dispositif radiofréquence 1 peut en outre comporter un seul deuxième isolateur 18.

[0089] Le deuxième isolateur 18 est positionné d'un côté d'une antenne particulière parmi la première antenne 2a ou la deuxième antenne 2b, ledit côté de l'antenne particulière étant opposé au premier isolateur. Sur la figure 9, l'antenne particulière est la première antenne 2a (qui est cette fois positionnée à gauche de l'antenne 2b, non représentée sur la figure 9). Le deuxième isolateur

18 est utilisé pour modifier et réorienter la directivité en champ lointain de la première antenne 2a causée par la présence du premier isolateur 5. Le deuxième isolateur 18 est considéré comme un élément parasite influant sur la cartographie du champ électrique sur le support 54.

[0090] La première antenne 2a est ici positionnée sur un support 54 comportant une première face s'étendant selon le premier plan 3 et une deuxième face s'étendant selon un deuxième plan 21. Le deuxième plan 21 est défini par l'axe Y et l'axe Z. Le deuxième plan est donc orienté d'un angle Ω égal à 90 degrés par rapport au premier plan 3. Il est à noter que l'angle Ω d'inclinaison entre le premier plan 3 et le deuxième plan 21 pourrait être différent de 90 degrés

[0091] Le deuxième isolateur 18 est ici positionné dans un coin du support 54 défini par une intersection du premier plan 3 et du deuxième plan 21 via des moyens de fixation comportant par exemple des pions de bouterolages, de la colle ou encore des vis.

[0092] Le deuxième isolateur 18 comporte ici une unique branche 19. La branche 19 du deuxième isolateur 18 est ici formée par une piste plane et rectiligne fabriquée dans un matériau conducteur, par exemple en aluminium, en cuivre ou encore en fer. Le deuxième isolateur 18 a ainsi une forme de « I » ou longiligne. La forme de « I » est simple et permet de faciliter la fabrication du deuxième isolateur 18 car c'est une forme qui peut être découpée avec précision (notamment dans une plaque métallique) et qui est facilement reproductible.

[0093] Ainsi, la branche 19 du deuxième isolateur 18 est une ligne de transmission qui est en circuit ouvert entre une extrémité 19a et une extrémité 19b. Le deuxième isolateur est ainsi un élément passif.

[0094] En outre, le deuxième isolateur 18 n'est pas électriquement connecté. En particulier, le deuxième isolateur 18 n'est pas connecté à un plan de masse électrique. Le deuxième isolateur 18 est ainsi électriquement flottant.

[0095] Toujours en référence à la figure 9, il peut être prévu que le dispositif radiofréquence 1 comporte de plus une troisième antenne 20b. La troisième antenne 20b est de forme plane et s'étend ici dans le deuxième plan 21.

[0096] La troisième antenne 20b opère dans une troisième bande de fréquences. La troisième bande de fréquences pourrait être différente de la première bande de fréquences et de la deuxième bande de fréquences mais pourrait également être similaire à la première bande de fréquences ou à la deuxième bande de fréquences.

[0097] A titre d'exemple, la troisième antenne 20b pourrait être une antenne mono-bande opérant dans la bande de fréquences dite bande 6GHz.

[0098] La troisième antenne 20b est ici une antenne plane dipolaire de forme rectangulaire. Ainsi, la troisième antenne 20b présente un diagramme de rayonnement omnidirectionnel ayant une forme de tore. La troisième antenne 20b génère un troisième champ électrique maximal sur un troisième axe E_{20b} . La position de la troisième

antenne 20b dans le deuxième plan 21 est ainsi défini suivant le troisième axe E_{20b} .

[0099] En référence à la figure 9, le deuxième isolateur 18 est ici positionné dans un coin du support 54 entre une antenne qui est la première antenne 2a et la troisième antenne 20b.

[0100] En référence à la figure 10A, le deuxième isolateur 18 peut être positionné dans un plan sécant 22 au premier plan 3 et au deuxième plan 21. Le deuxième isolateur 18 est ainsi positionné au moins partiellement sur un chanfrein du support 54.

[0101] En référence à la figure 10B, le deuxième isolateur 18 peut également former un coin arrondi 23 entre le premier plan 3 et le deuxième plan 21. Le deuxième isolateur 18 est ainsi positionné au moins partiellement sur un congé du support 54.

[0102] Lorsqu'il est placé entre la première antenne 2a et la troisième antenne 20b, le deuxième isolateur 18 permet de réduire un couplage par rayonnement électromagnétique entre ladite première antenne 2a et ladite troisième antenne 20b.

[0103] Les dimensions du deuxième isolateur 18 sont prédéfinies en fonction de l'espace disponible, de l'environnement dans lequel il est utilisé et d'une bande de fréquences dans laquelle son influence doit être maximale.

[0104] Les dimensions du deuxième isolateur 18 sont ici indiquées dans le cas où le deuxième isolateur 18 est agencé pour isoler la troisième antenne 20b du champ électrique généré par la première antenne 2a.

[0105] De préférence, la branche 19 du deuxième isolateur 18 a une longueur environ égale à une moitié d'une deuxième longueur d'onde λ_B en prenant en compte un milieu dans lequel s'étend le deuxième isolateur 18.

[0106] Dans un premier exemple, le deuxième isolateur 18 est ici conçu pour atténuer le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la troisième antenne 20b dans la première bande de fréquences (dans laquelle opère la première antenne 2a) et dans la troisième bande de fréquences (dans laquelle opère la troisième antenne 20b) mais de façon plus importante dans la première bande de fréquences. Si le milieu dans lequel s'étend le deuxième isolateur 18 est l'air, la deuxième longueur d'onde λ_B est calculée avec une permittivité diélectrique égale à 1. Par contre, si le milieu dans lequel s'étend le deuxième isolateur 18 est un support diélectrique (par exemple un support plastique), la permittivité diélectrique dudit support diélectrique est prise en compte et la deuxième longueur d'onde

$$\frac{\lambda_B}{2} = \frac{c}{2 \times \nu_1 \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

λ_B est telle que: $\frac{\lambda_B}{2} = \frac{c}{2 \times \nu_1 \times \sqrt{\epsilon_r}}$, où ϵ_r est la permittivité diélectrique du matériau utilisé pour la fabrication du support diélectrique, où c est la célérité de l'onde électromagnétique, et où ν_1 est la première fréquence centrale de la première bande de fréquences dans laquelle opère la première antenne 2a.

[0107] Dans un autre exemple, le deuxième isolateur 18 est ici conçu pour atténuer le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la troisième antenne 20b de manière équilibrée (ou égale) entre la première bande de fréquences et la troisième bande de fréquences. La première bande de fréquences est par exemple la bande de fréquences dite bande 5GHz et la troisième bande de fréquences est par exemple la bande de fréquences dite bande 6GHz. Si le milieu dans lequel s'étend le deuxième isolateur 18 est différent de l'air alors la deuxième longueur d'onde λ_B est telle que :

$$\frac{\lambda_B}{2} = \frac{c}{2 \times \frac{v_1 + v_3}{2} \times \sqrt{\epsilon r}}$$

, où v_1 est la première fréquence centrale de la première bande de fréquences (par exemple, 5,5GHz), et v_3 est une troisième fréquence centrale qui est centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la troisième bande de fréquences (par exemple 6,5GHz). D'autres exemples de dimensionnement de la branche 19 du deuxième isolateur 18 peuvent être obtenus selon l'isolation de la première bande de fréquences ou de la troisième bande de fréquences recherchée.

[0108] Dans un exemple, les dimensions du deuxième isolateur 18, en particulier la largeur de la branche 19 est en rapport avec les caractéristiques d'une antenne sélectionnée parmi la première antenne 2a et la troisième antenne 20b. Les dimensions respectives de la première antenne 2a et de la troisième antenne 20b sont considérées afin de sélectionner la ou les dimensions les plus grandes. Par exemple, lorsque la première bande de fréquences (dans laquelle la première antenne 2a opère) est la bande de fréquences dite bande 5GHz et que la troisième bande de fréquences (dans laquelle la troisième antenne 20b opère) est la bande de fréquences dite bande 6GHz, des brins ou pistes rayonnants de la première antenne 2a ont des dimensions ou tailles plus grandes que des brins ou pistes rayonnants de la troisième antenne 20b. La largeur des brins ou pistes rayonnants de l'antenne sélectionnée (entre la première antenne 2a et la troisième antenne 20b) permet de déterminer la largeur de la branche 19 du deuxième isolateur 18. Si la première bande de fréquences (première antenne 2a) est la bande de fréquences dite bande 5GHz et que la troisième bande de fréquences (troisième antenne 20b) est la bande de fréquences dite bande 6GHz, la largeur de la branche 19 du deuxième isolateur 18 peut être de l'ordre de 2.5mm-3mm.

[0109] La première antenne 2a est sélectionnée pour déterminer les dimensions du deuxième isolateur 18 et la première antenne 2a est positionnée sur un PCB, lui-même reposant sur un premier support diélectrique (fabriqué par exemple avec un matériau plastique), l'ensemble (le PCB et le premier support diélectrique) présentant une permittivité diélectrique environ égale à 4.3. Le deuxième isolateur 18 est quant à lui, dans un exemple, positionné sur un deuxième support diélectrique (fa-

briqué par exemple avec un matériau plastique) pouvant être identique ou différent du premier support sur lequel est positionnée la première antenne 2a, et présentant une permittivité diélectrique environ égale à 3. De par la proximité de deux permittivités diélectriques différentes, et sachant que la première antenne 2a est sélectionnée pour dimensionner le deuxième isolateur 18, l'impédance caractéristique de la branche 19 du deuxième isolateur 18 est environ égale à l'impédance caractéristique de la première antenne 2a.

[0110] Dans différents exemples, la branche 19 du deuxième isolateur 18 a une largeur qui assure que l'impédance caractéristique de ladite branche 19 est comprise dans l'intervalle [75Ω, 120Ω]. Cela permet de maximiser un courant électrique circulant à travers ladite branche 19 et ainsi de maximiser l'atténuation du couplage par rayonnement électromagnétique.

[0111] Dans un autre exemple, la largeur de la branche 19 du deuxième isolateur 18 est au moins égale à la largeur de la première branche 6 et/ou de la deuxième branche 7 du premier isolateur 5. Dans encore un autre exemple, la largeur de la branche 19 du deuxième isolateur 18 est environ égale au double de la largeur de la première branche 6 et/ou de la deuxième branche 7 du premier isolateur 5.

[0112] En outre, le deuxième isolateur 18 fonctionne en champ proche. Toujours en considérant que le deuxième isolateur 18 est ici agencé pour isoler la troisième antenne 20b du champ électrique généré par la première antenne 2a, une distance entre le deuxième isolateur 18 et le premier axe E_{2a} est comprise entre 5 millimètres et 1 centimètre. Cette distance permet de limiter de façon optimale l'intensité du champ électrique généré par la première antenne 2a et capté par la troisième antenne 20b. Dans un autre exemple, cette distance est supérieure à 1 centimètre, par exemple 1,5 centimètre.

[0113] Les figures 11, 12, 13 et 14 mettent en évidence le rôle du deuxième isolateur 18 dans le dispositif radiofréquence 1. La première antenne 2a est ici une antenne Wi-Fi opérant dans une bande de fréquences allant de 5.1GHz à 5.9GHz, c'est-à-dire dans la bande de fréquences dite bande 5GHz. La troisième antenne 20b est ici une antenne Wi-Fi opérant dans une bande de fréquences allant de 5.9GHz à 7.2GHz, c'est-à-dire dans la bande de fréquences dite bande 6GHz. La première bande de fréquences de la première antenne 2a et la troisième bande de fréquences de la troisième antenne 20b sont ainsi adjacentes.

[0114] Sur chacune des figures 11, 12, 13 et 14, des lignes de champs 24 courbes représentent l'orientation du champ électrique dans le premier plan 3 et dans le deuxième plan 21. De plus, l'intensité dudit champ électrique (en V.m⁻¹) est ici représentée en niveau de gris. La première antenne 2a opère ici en émission et la troisième antenne 20b est ici inactive.

[0115] Les figures 11 et 12 représentent l'orientation et l'intensité du champ électrique généré par la première

antenne 2a dans le premier plan 3.

[0116] Les figures 13 et 14 représentent l'orientation et l'intensité du champ électrique généré par la première antenne 2a dans le deuxième plan 21.

[0117] Lorsque le dispositif radiofréquence 1 ne comporte pas le deuxième isolateur 18, le champ électrique généré par la première antenne 2a se propage à travers le support 54 selon le premier axe E_{2a} (figure 11). De plus, les lignes de champ 24 se concentrent au niveau de la troisième antenne 20b ce qui montre que ladite troisième antenne 20b capte une partie importante du champ électrique généré par la première antenne 2a (figure 13).

[0118] Lorsque le dispositif radiofréquence 1 comporte le deuxième isolateur 18 (figure 12 et figure 14), le champ électrique généré par la première antenne 2a ne se propage pas suivant le premier axe E_{2a} . Les lignes de champ 24 se concentrent ainsi au niveau de l'extrémité 19a et de l'extrémité 19b de la branche 19 du deuxième isolateur 18. Autrement dit, les lignes de champ 24 sont déviées de leur orientation initiale (c'est-à-dire de leur orientation lorsque le deuxième isolateur 18 n'est pas présent). La déviation des lignes de champ 24 permet également d'atténuer la partie du champ électrique généré par la première antenne 2a captée par la troisième antenne 20b. Le deuxième isolateur 18 permet ainsi de réduire le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la troisième antenne 20b.

[0119] La figure 15 représente l'amplitude en décibels du paramètre S_{21} en fonction de la fréquence. Le paramètre S_{21} correspond au coefficient de transmission entre la troisième antenne 20b et la première antenne 2a. Une courbe 25 est la courbe du paramètre S_{21} lorsque le deuxième isolateur 18 n'est pas présent et une courbe 26 est la courbe du paramètre S_{21} lorsque le deuxième isolateur 18 est présent. Le deuxième isolateur 18 est ici dimensionné pour atténuer le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la troisième antenne 20b dans une bande de fréquences allant de 5GHz à 7GHz. Le deuxième isolateur 18 vient réduire légèrement l'amplitude du paramètre S_{21} dans la bande de fréquences pour laquelle il est dimensionné. En effet, il est observé une réduction maximale d'environ 8dB au voisinage d'une fréquence égale à 5.2GHz (repère R3 sur la figure 15). Le deuxième isolateur 18 permet donc de réduire légèrement le couplage par rayonnement électromagnétique entre la première antenne 2a et la troisième antenne 20b dans la bande de fréquences pour laquelle il est dimensionné.

[0120] La figure 16 représente un diagramme de rayonnement 27 de la première antenne 2a selon la première coupe XZ, un diagramme de rayonnement 28 de la première antenne 2a selon la deuxième coupe YZ et un diagramme de rayonnement 29 de la première antenne 2a selon la troisième coupe XY. Les diagrammes de rayonnement 27, 28, 29 correspondent au cas de figure des figures 11, 12, 13, 14 c'est-à-dire que la première antenne 2a est en émission (dans la première bande de

fréquences allant de 5.1GHz à 5.9GHz) et la troisième antenne 20b est inactive.

[0121] Sur les diagrammes de rayonnement 27, 28, 29, la courbe en trait plein correspond à la directivité en champ lointain de la première antenne 2a lorsque le deuxième isolateur 18 n'est pas présent et la courbe en trait pointillé correspond à la directivité en champ lointain de la première antenne 2a lorsque le deuxième isolateur 18 est présent.

[0122] Les diagrammes de rayonnement 27, 28, 29 mettent en évidence que le deuxième isolateur 18 vient modifier la directivité en champ lointain de la première antenne 2a.

[0123] En particulier, le diagramme de rayonnement 27 selon la première coupe XZ montre que la directivité en champ lointain de la première antenne 2a est globalement plus homogène lorsque le deuxième isolateur 18 est présent (courbe 27b). Plus précisément, lorsque le deuxième isolateur 18 n'est pas présent (courbe 27a), la variation relative maximale de gain de la première antenne 2a est de l'ordre de 7dBi alors que lorsque le deuxième isolateur 18 est présent (courbe 27b), la variation relative maximale de gain de la première antenne 2a est de l'ordre de 5dBi.

[0124] Le diagramme de rayonnement 28 selon la troisième coupe XY montre que le maximum du gain de la première antenne 2a est décalé lorsque le deuxième isolateur 18 est présent. En effet, lorsque le deuxième isolateur 18 n'est pas présent (courbe 28a), le gain de la première antenne 2a est maximum pour un intervalle d'angle allant de 210 degrés à 300 degrés alors que lorsque le deuxième isolateur 18 est présent (courbe 28b), le gain de la première antenne 2a est maximum au voisinage d'un premier angle égal à 0 degrés et au voisinage d'un deuxième angle égal à 180 degrés.

[0125] La figure 17 représente un diagramme de rayonnement 30 de la troisième antenne 20b selon la première coupe XZ, un diagramme de rayonnement 31 de la troisième antenne 20b selon la deuxième coupe YZ et un diagramme de rayonnement 32 de la troisième antenne 20b selon la troisième coupe XY. Les diagrammes de rayonnement 30, 31, 32 correspondent au cas dans lequel la troisième antenne 20b est en émission (dans la troisième bande de fréquences allant de 5.9GHz à 7.2GHz).

[0126] Sur les diagrammes de rayonnement 30, 31, 32, la courbe en trait plein correspond à la directivité en champ lointain de la troisième antenne 20b lorsque le deuxième isolateur 18 n'est pas présent et la courbe en trait pointillé correspond à la directivité en champ lointain de la troisième antenne 20b lorsque le deuxième isolateur 18 est présent.

[0127] Les diagrammes de rayonnement 30, 31, 32 mettent en évidence que le deuxième isolateur 18 a une influence quasinégligeable sur la directivité en champ lointain de la troisième antenne 20b. En effet, les profils de la directivité en champ lointain ainsi que les valeurs de gain de la troisième antenne 20b lorsque le deuxième

isolateur 18 n'est pas présent et lorsque le deuxième isolateur 18 et présent sont globalement similaires. Cela est dû au fait que le troisième axe E_{20b} du troisième champ électrique maximal de la troisième antenne 20b ne s'étend pas directement dans le voisinage du deuxième isolateur 18.

[0128] Il est à noter que l'atténuation produite par le deuxième isolateur 18 est globalement plus faible que celle produite par le premier isolateur 5. Cela s'explique par le fait que le deuxième isolateur 18 peut être vu comme un élément parasite directeur d'ondes.

[0129] Il est à noter que les dimensions du premier isolateur 5 et/ou du deuxième isolateur 18 peuvent être ajustées en fonction d'une bande de fréquences visée.

[0130] Il est à noter que plus la conductivité du matériau utilisé pour fabriquer le deuxième isolateur 18 est grande, plus les performances en isolation dudit deuxième isolateur 18 sont élevées.

[0131] En référence à la figure 18, le dispositif radiofréquence 1 comporte de plus un deuxième ensemble d'antennes 20 comportant la troisième antenne 20b et une quatrième antenne 20a. Le deuxième ensemble d'antennes 20 est ici similaire au premier ensemble d'antennes 2. Ainsi, la troisième antenne 20b est similaire à la deuxième antenne 2b et la quatrième antenne 20a est similaire à la première antenne 2a.

[0132] La troisième antenne 20b et la quatrième antenne 20a s'étendent dans le deuxième plan 21 et sont positionnées sur le support 54.

[0133] Un troisième isolateur 33 similaire au premier isolateur 5 est positionné entre la troisième antenne 20b et la quatrième antenne 20a. Le troisième isolateur 33 est ainsi agencé pour réduire un couplage par rayonnement électromagnétique entre la troisième antenne 20b et la quatrième antenne 20a.

[0134] En référence à la figure 18, il est également prévu que le dispositif radiofréquence 1 comporte deux premiers ensembles d'antennes 2, deux deuxième ensembles d'antennes 20, deux premiers isolateurs 5, deux troisième isolateurs 33 et quatre deuxième isolateurs 18.

[0135] Le dispositif radiofréquence 1 repose ici sur un support cylindrique 40 de section carrée (aux coins légèrement arrondis). Le support cylindrique 40 comporte deux premières faces 40a, les deux première faces 40a étant parallèles entre elles ; et deux deuxième faces 40b, les deux deuxième faces 40b étant parallèles entre elles. Le support cylindrique 40 comporte ainsi quatre coins 41, 42, 43, 44. Le support cylindrique 40 a ainsi globalement une forme de couronne rectangulaire.

[0136] De préférence, le support cylindrique 40 est fabriqué dans un matériau présentant une permittivité diélectrique supérieure à 1. Par exemple, le support cylindrique 40 est fabriqué avec un matériau plastique ou avec un matériau polymère.

[0137] Un premier ensemble d'antennes 2 est positionné sur chacune des deux premières faces 40a du support cylindrique 40. Un premier isolateur 5 est positionné en-

tre la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b de chacun des deux premiers ensembles d'antennes 2.

[0138] Un deuxième ensemble d'antennes 20 est positionné sur chacune des deux deuxième faces 40b du support cylindrique 40. Un troisième isolateur 33 est positionné entre la troisième antenne 20b et la quatrième antenne 20a de chacun des deux deuxième ensembles d'antennes 20.

[0139] Un deuxième isolateur 18 est positionné sur chacun des quatre coins, 41, 42, 43, 44 du support cylindrique 40.

[0140] Il est défini un premier groupe d'antennes G1 et un deuxième groupe d'antennes G2.

[0141] Le premier groupe d'antennes G1 comporte la première antenne 2a de chacun des deux premiers ensembles d'antennes 2 et la quatrième antenne 20a de chacun des deux deuxième ensembles d'antennes 20. Le premier groupe d'antennes G1 comporte ainsi quatre antennes. Les antennes du groupe G1 sont ici des antennes Wi-Fi bi-bande opérant dans une bande de fréquences dite bande 2.4GHz et dans la bande de fréquences dite bande 5GHz. Dans un autre exemple, les antennes du groupe G1 sont des antennes selon la technologie 802.11 et sont mono-bandes et opèrent dans la bande de fréquences dite bande 5GHz. Dans un autre exemple les antennes du groupe G1 sont des antennes selon la technologie 802.11 et sont mono-bande et opèrent dans la bande de fréquences dite bande 6GHz. Encore dans un autre exemple les antennes du groupe G1 sont des antennes tri-bandes comprenant différents sous-ensembles de conducteurs électriques permettant auxdites antennes du groupe G1 d'opérer à la fois dans la bande de fréquences dite bande 2.4GHz, dans la bande de fréquences dite bande 5GHz et dans la bande de fréquences dite bande 6GHz.

[0142] Le deuxième groupe d'antennes G2 comporte la deuxième antenne 2b de chacun des deux premiers ensembles d'antennes 2 et la troisième antenne 20b de chacun des deux deuxième ensembles d'antenne 20. Le deuxième groupe d'antennes G2 comporte ainsi quatre antennes. Les antennes du groupe G2 sont ici des antennes Wi-Fi mono-bande opérant dans la bande de fréquences dite bande 6GHz.

[0143] En outre, dans la suite de la description, les deux premiers isolateurs 5, les deux troisième isolateurs 33 et les quatre deuxième isolateurs 18 seront désignés comme un dispositif d'isolation

[0144] Les figures 19, 20, 21, 22 mettent en évidence le rôle du premier isolateur 5, du deuxième isolateur 18 et du troisième isolateur 33 dans le dispositif radiofréquence 1. La première antenne 2a qui appartient au premier groupe d'antenne G1 est ici en émission.

[0145] Sur les figures 19, 20, 21, 22, l'intensité du champ électrique (en $V.m^{-1}$) est ici représentée selon trois zones distinctes. Une première zone Z1 0 $V.m^{-1}$ à 1000 $V.m^{-1}$, une deuxième zone Z2 de 1000 $V.m^{-1}$ à 1400 $V.m^{-1}$ et une troisième zone Z3 de 1400 $V.m^{-1}$ à environ 2360 $V.m^{-1}$.

[0146] Sur les figures 19 et 21, la première antenne 2a (appartenant au premier groupe d'antennes G1) est en émission et les autres antennes sont inactives.

[0147] Lorsque le dispositif d'isolation n'est pas présent (figure 19), une partie du champ électrique généré par la première antenne 2a est captée par les autres antennes, et en particulier par la deuxième antenne 2b.

[0148] Lorsque le dispositif d'isolation est présent (figure 21), le champ électrique généré par la première antenne 2a est capté par le dispositif d'isolation, ici notamment par le premier isolateur 5. Le couplage par rayonnement électromagnétique entre les antennes du dispositif radiofréquence 1 est ainsi fortement réduit.

[0149] Sur les figures 20 et 22, la deuxième antenne 2b (appartenant au deuxième groupe d'antennes G2) est en émission et les autres antennes sont inactives.

[0150] Lorsque le dispositif d'isolation n'est pas présent (figure 20), une partie du champ électrique généré par la deuxième antenne 2b est captée par les autres antennes, et en particulier par la première antenne 2a et la quatrième antenne 20a (figure 22).

[0151] Lorsque le dispositif d'isolation est présent (figure 22), le champ électrique généré par la deuxième antenne 2b est capté par le dispositif d'isolation, ici notamment par le deuxième isolateur 18. Le couplage par rayonnement électromagnétique entre les antennes du dispositif radiofréquence 1 est ainsi fortement réduit.

[0152] La figure 23 représente un diagramme de rayonnement 46 selon la première coupe XZ, un diagramme de rayonnement 47 selon la deuxième coupe YZ et un diagramme de rayonnement 48 selon la troisième coupe XY des antennes du premier groupe d'antennes G1. Plus précisément, les diagrammes de rayonnement 46, 47, 48 sont ici des diagrammes de rayonnement en gain combiné moyens.

[0153] Sur les diagrammes de rayonnement 46, 47, 48, la courbe en trait plein correspond à la directivité en champ lointain combinée des antennes du premier groupe d'antennes G1 lorsque le dispositif d'isolation n'est pas présent et la courbe en trait pointillé correspond à la directivité en champ lointain combinée des antennes du premier groupe d'antennes G1 lorsque le dispositif d'isolation est présent.

[0154] Les diagrammes de rayonnement 46, 47, 48 mettent en évidence que le dispositif d'isolation permet de sensiblement homogénéiser la directivité en champ lointain des antennes du premier groupe d'antennes G1.

[0155] La figure 24 représente un diagramme de rayonnement 49 selon la première coupe XZ, un diagramme de rayonnement 50 selon la deuxième coupe YZ et un diagramme de rayonnement 51 selon la troisième coupe XY des antennes du deuxième groupe d'antennes G2. Plus précisément, les diagrammes de rayonnement 49, 50, 51 sont ici des diagrammes de rayonnement en gain combiné moyens.

[0156] Sur les diagrammes de rayonnement 49, 50, 51, la courbe en trait plein correspond à la directivité en champ lointain combinée des antennes du deuxième

groupe d'antennes G2 lorsque le dispositif d'isolation n'est pas présent et la courbe en trait pointillé correspond à la directivité en champ lointain combinée des antennes du deuxième groupe d'antennes G2 lorsque le dispositif d'isolation est présent.

[0157] Les diagrammes de rayonnement 49, 50, 51 mettent en évidence que le dispositif d'isolation a une influence limitée sur la directivité en champ lointain des antennes du deuxième groupe d'antennes G2.

[0158] Le dispositif d'isolation a ainsi une influence supérieure sur une bande de fréquences dans laquelle opèrent les antennes du premier groupe d'antennes G1 que sur une bande de fréquences dans laquelle opèrent les antennes du deuxième groupe d'antennes G2.

[0159] Le dispositif radiofréquence 1 selon un mode de réalisation permet donc de répondre aux contraintes d'isolation entre antennes lorsque des bandes de fréquences adjacentes sont exploitées tout en garantissant que le diagramme de rayonnement desdites antennes est omnidirectionnel (c'est-à-dire que la distribution angulaire du gain desdites antennes est homogène).

[0160] En outre, le dispositif radiofréquence ne requiert pas une technologie d'antenne particulière (par exemple, des antennes en céramique) et peut être mis en œuvre en utilisant des antennes présentant des dimensions conventionnelles.

[0161] En référence à la figure 25, le dispositif radiofréquence 1 selon un mode de réalisation est ici intégré dans un système MIMO 101 (en anglais *Multiple-Input Multiple-Output*) qui lui-même est intégré dans un équipement électronique 100. Le système MIMO 101 comporte un émetteur radiofréquence 102 et un récepteur radiofréquence 103 qui sont tous deux connectés au dispositif radiofréquence 1 selon différents modes de réalisation, comme par exemple le dispositif radiofréquence 1 comprenant les premiers ensembles d'antennes 2 et les deuxièmes ensembles d'antennes 20. L'émetteur radiofréquence 102 est agencé pour transmettre des signaux électriques au dispositif radiofréquence 1. Le récepteur radiofréquence 103 est agencé pour recevoir des signaux électriques issus de signaux radiofréquences reçus par le dispositif radiofréquence 1.

[0162] En référence à la figure 26, le dispositif radiofréquence 1 s'intègre en particulier dans un équipement électronique 100 qui est une passerelle résidentielle. La passerelle résidentielle a ici une forme de tour.

[0163] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits mais englobe toute variante entrant dans le champ de l'invention telle que définie par les revendications.

[0164] Le dispositif radiofréquence selon des modes de réalisation s'applique de façon bénéfique à tout équipement électronique nécessitant de combiner de multiples interfaces radiofréquences (notamment des technologies de communication exploitant des bandes de fréquence différentes mais adjacentes) et/ou nécessitant d'assurer une pluralité de chemins de transmission sur une même bande de fréquences, le tout dans un espace

de taille réduite.

[0165] Il est à noter que le premier isolateur 5 a ici une forme de « T » mais qu'il est tout à fait possible que le premier isolateur 5 ait une autre forme. Par exemple, le premier isolateur 5 pourrait comporter trois branches toutes trois électriquement conductrices disposées de telle sorte que ledit premier isolateur 5 ait une forme de « Y ». Plus largement, la forme du premier isolateur 5 peut être adaptée en fonction, par exemple, des performances spécifiées du dispositif radiofréquence 1. Il en est de même pour le troisième isolateur 33 qui est similaire au premier isolateur 5.

[0166] De la même façon, le deuxième isolateur 18 a ici une forme de « I » mais il est tout à fait possible que le deuxième isolateur 18 ait une autre forme. Il est à noter que la forme du deuxième isolateur 18 peut être adaptée en fonction, par exemple, des performances spécifiées du dispositif radiofréquence 1.

[0167] Il est à noter que le premier isolateur 5 n'est pas forcément fixé sur le même support que celui sur lequel la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b sont fixées. Par exemple le premier isolateur 5 pourrait être fixé sur un premier support annexe, différent du support 4 ou du support 54 et ainsi être maintenu « en l'air » entre la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b. Il en est de même pour le troisième isolateur 33 qui est similaire au premier isolateur 5. Le troisième isolateur 33 n'est donc pas forcément fixé sur le même support que celui sur lequel la troisième antenne 20b et la quatrième antenne 20a sont fixées.

[0168] De la même façon, le deuxième isolateur 18 n'est pas forcément fixé sur un coin du support 54. Par exemple, le deuxième isolateur 18 pourrait être fixé sur un deuxième support annexe, différent du support 54 et ainsi être maintenu en l'air par exemple d'un côté de la première antenne 2a ou de la deuxième antenne 2b opposé au premier isolateur 5.

[0169] En outre, la première antenne 2a et la deuxième antenne 2b ne sont pas forcément fixées sur un même support. La première antenne 2a et la deuxième antenne 2b pourrait être respectivement fixées sur des supports distincts tout en s'étendant dans un même plan.

Revendications

1. Dispositif radiofréquence (1) comportant :

- un premier ensemble d'antennes (2) comprenant une première antenne (2a) et une deuxième antenne (2b), la première antenne et la deuxième antenne étant de formes planes et s'étendant toutes deux dans un même premier plan (3), la première antenne étant agencée pour opérer dans une première bande de fréquences, la deuxième antenne étant agencée pour opérer dans une deuxième bande de fréquences ;

- un premier isolateur (5), le premier isolateur étant de forme plane et s'étendant dans le premier plan (3) entre la première antenne (2a) et la deuxième antenne (2b), le premier isolateur (5) comportant au moins une branche qui est électriquement conductrice, le premier isolateur étant électriquement flottant, le premier isolateur étant agencé pour réduire un premier couplage par rayonnement électromagnétique, entre la première antenne et la deuxième antenne, sur la première bande de fréquences et/ou la deuxième bande de fréquences ;

le dispositif radiofréquence comprenant en outre au moins un deuxième isolateur (18) comportant au moins une branche électriquement conductrice, le deuxième isolateur étant électriquement flottant, le deuxième isolateur étant positionné d'un côté d'une antenne particulière parmi la première antenne (2a) ou la deuxième antenne (2b), ledit côté de l'antenne particulière étant opposé au premier isolateur (5), le deuxième isolateur (18) étant agencé pour corriger une modification de directivité de l'antenne particulière causée par la présence du premier isolateur.

2. Dispositif radiofréquence selon la revendication 1, la première bande de fréquences et la deuxième bande de fréquences étant séparées par un écart de fréquence compris entre 0MHz et 1GHz.

3. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications précédentes, le premier ensemble d'antennes (2) et le premier isolateur (5) étant positionnés sur un support (4) fabriqué dans un matériau diélectrique, le support s'étendant selon le premier plan (3).

4. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications précédentes, le premier isolateur (5) comportant une première branche (6) et une deuxième branche (7) toutes deux électriquement conductrices, la deuxième branche étant sensiblement perpendiculaire à la première branche et s'étendant depuis une portion centrale de la première branche, une extrémité libre (7a) de la deuxième branche étant en circuit ouvert, le premier isolateur ayant ainsi une forme de « T ».

5. Dispositif radiofréquence selon la revendication 4, la première antenne (2a) et la deuxième antenne (2b) étant des antennes planes dipolaires ayant chacune une forme rectangulaire, la première antenne étant agencée pour générer un premier champ électrique maximal sur un premier axe (E_{2a}), la deuxième antenne étant agencée pour générer un deuxième champ électrique maximal sur un deuxième axe (E_{2b}), le premier axe et le deuxième axe étant sensiblement parallèles entre eux.

6. Dispositif radiofréquence selon la revendication 5, le premier axe (E_{2a}) et le deuxième axe (E_{2b}) étant orientés sensiblement à 45 degrés par rapport à la deuxième branche (7).

7. Dispositif radiofréquence selon la revendication 5, le premier axe (E_{2a}) et le deuxième axe (E_{2b}) étant sensiblement perpendiculaires à la deuxième branche (7).

8. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications 5 à 7, le premier champ électrique maximal étant supérieur au deuxième champ électrique maximal, une extrémité (6a) de la première branche (6) du premier isolateur étant positionnée à une distance comprise entre 5 millimètres et 1,5 centimètre du premier axe (E_{2a}).

9. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications 4 à 8, le premier isolateur (5) étant agencé pour réduire le premier couplage par rayonnement électromagnétique de manière plus importante sur la première bande de fréquences, la première branche (6) du premier isolateur (5) ayant une longueur prédéfinie sensiblement égale à au moins un quart d'une première longueur d'onde λ_A , la première longueur d'onde λ_A étant telle que :

$$\lambda_A = \frac{c}{v_1 \times \sqrt{\epsilon r}}$$

où v_1 est une première fréquence centrale centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la première bande de fréquences, et ϵr est la permittivité diélectrique d'un milieu dans lequel s'étend le premier isolateur, le milieu étant un support diélectrique ou l'air.

10. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications 4 à 8, le premier isolateur (5) étant agencé pour réduire le premier couplage par rayonnement électromagnétique de façon égale sur la première bande de fréquences et sur la deuxième bande de fréquences, la première branche (6) du premier isolateur (5) ayant une longueur prédéfinie sensiblement égale à au moins un quart d'une première longueur d'onde λ_A , la première longueur d'onde λ_A étant telle que :

$$\lambda_A = \frac{c}{\frac{v_1 + v_2}{2} \times \sqrt{\epsilon r}}$$

où v_1 est une première fréquence centrale centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la première bande de fréquences, v_2 est une deuxième fréquence centrale centrée entre une

fréquence maximale et une fréquence minimale de la deuxième bande de fréquences et ϵr est la permittivité diélectrique d'un milieu dans lequel s'étend le premier isolateur, le milieu étant un support diélectrique ou l'air.

11. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications 9 ou 10, la deuxième branche (7) du premier isolateur (5) ayant une longueur prédéfinie sensiblement égale à un quart de la première longueur d'onde λ_A .

12. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications 4 à 11, la première branche (6) du premier isolateur (5) ayant une largeur prédéfinie pour que l'impédance caractéristique de ladite première branche soit sensiblement égale à l'impédance caractéristique d'une antenne sélectionnée parmi la première antenne (2a) et la deuxième antenne (2b), la deuxième branche (7) du premier isolateur (5) ayant une largeur prédéfinie pour que l'impédance caractéristique de ladite deuxième branche soit sensiblement égale à l'impédance caractéristique de l'antenne sélectionnée parmi la première antenne (2a) et la deuxième antenne (2b).

13. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications 4 à 11, la première branche (6) du premier isolateur (5) ayant une largeur prédéfinie pour que l'impédance caractéristique de ladite première branche soit sensiblement comprise entre 75Ω et 120Ω , la deuxième branche (7) du premier isolateur (5) ayant une largeur prédéfinie pour que l'impédance caractéristique de ladite deuxième branche soit sensiblement comprise entre 75Ω et 120Ω .

14. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications 1 ou 3, le premier isolateur (5) comportant trois branches toutes trois électriquement conductrices et agencées de telle sorte que ledit premier isolateur ait une forme de « Y ».

15. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications précédentes, le deuxième isolateur (18) comportant une seule branche (19) électriquement conductrice, ledit isolateur ayant ainsi une forme longitudinale.

16. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications précédentes, comprenant une troisième antenne (20b) s'étendant dans un deuxième plan (21), le deuxième isolateur (18) étant en outre agencé pour réduire un deuxième couplage par rayonnement électromagnétique entre la troisième antenne (20b) et l'antenne particulière, sur une bande de fréquences particulière dans laquelle opère l'antenne particulière et sur une troisième bande de fréquences dans laquelle opère la troisième antenne (20b).

17. Dispositif radiofréquence selon les revendications 15 et 16, le deuxième isolateur (18) étant agencé pour réduire le deuxième couplage par rayonnement électromagnétique de manière plus importante sur la bande de fréquences particulière, la branche (19) du deuxième isolateur (18) ayant une longueur prédéfinie sensiblement égale à une moitié d'une deuxième longueur d'onde λ_B , la deuxième longueur d'onde λ_B étant telle que :

$$\lambda_B = \frac{c}{v_{\#} \times \sqrt{\epsilon r}}$$

où $v_{\#}$ est une fréquence centrale particulière centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la bande de fréquences particulière, et ϵr est la permittivité diélectrique d'un milieu dans lequel s'étend le deuxième isolateur, le milieu étant un support diélectrique ou l'air.

18. Dispositif radiofréquence selon les revendications 15 et 16, le deuxième isolateur (18) étant agencé pour réduire le deuxième couplage par rayonnement électromagnétique de façon égale sur la bande de fréquences particulière et sur la troisième bande de fréquences, la branche (19) du deuxième isolateur (18) ayant une longueur prédéfinie sensiblement égale à au moins une moitié d'une deuxième longueur d'onde λ_B , la deuxième longueur d'onde λ_B étant telle que :

$$\lambda_B = \frac{c}{\frac{v_{\#} + v_3}{2} \times \sqrt{\epsilon r}}$$

où $v_{\#}$ est une fréquence centrale particulière centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la bande de fréquences particulière, v_3 est une troisième fréquence centrale centrée entre une fréquence maximale et une fréquence minimale de la troisième bande de fréquences et ϵr est la permittivité diélectrique d'un milieu dans lequel s'étend le deuxième isolateur, le milieu étant un support diélectrique ou l'air.

19. Dispositif radiofréquence selon les revendications 15 et 16, la branche (19) du deuxième isolateur (18) ayant une largeur prédéfinie pour que l'impédance caractéristique de ladite branche soit sensiblement égale à l'impédance caractéristique d'une antenne sélectionnée parmi l'antenne particulière et la troisième antenne (20b).
20. Dispositif radiofréquence selon les revendications 15 et 16, la branche (19) du premier isolateur (18) ayant une largeur prédéfinie pour que l'impédance

caractéristique de ladite branche soit sensiblement comprise entre 75Ω et 120Ω .

21. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications 16 à 20, le deuxième isolateur (18) étant situé à proximité d'une intersection du premier plan (3) et du deuxième plan (21).
22. Dispositif radiofréquence selon la revendication 21, le deuxième isolateur (18) étant positionné dans un plan sécant (22) au premier plan (3) et au deuxième plan (21).
23. Dispositif radiofréquence selon la revendication 21, le deuxième isolateur (18) formant un coin arrondi (23) entre le premier plan (3) et le deuxième plan (21).
24. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications 16 à 23, le premier plan (3) et le deuxième plan (21) étant perpendiculaires.
25. Dispositif radiofréquence selon l'une des revendications 16 à 24, comprenant un deuxième ensemble d'antennes (20) comportant la troisième antenne (20b) et une quatrième antenne (20a), et qui est similaire au premier ensemble d'antennes (2), ainsi qu'un troisième isolateur (33) semblable au premier isolateur (5) et positionné entre la troisième antenne (20b) et la quatrième antenne (20a).
26. Dispositif radiofréquence selon la revendication 25, comportant un support (40) comportant quatre faces comprenant deux premières faces (40a) parallèles entre elles et deux deuxième faces (40b) parallèles entre elles, deux premiers ensembles d'antennes (2) positionnés chacun sur une première face (40a) distincte et deux deuxième ensembles d'antennes (20) positionnés chacun sur une deuxième face (40b) distincte, le dispositif radiofréquence comprenant en outre deux premiers isolateurs (5) positionnés chacun entre la première antenne (2a) et la deuxième antenne (2b) d'un premier ensemble d'antennes (2) distinct, deux troisième isolateurs (33) positionnés chacun entre une troisième antenne (20b) et une quatrième antenne (20a) d'un deuxième ensemble d'antennes (20) distinct, ainsi que quatre deuxième isolateurs (18) positionnés chacun dans un coin distinct du support (40).
27. Système MIMO (101) comprenant un dispositif radiofréquence selon l'une des revendications 25 ou 26 ainsi qu'un émetteur radiofréquence (102) et un récepteur radiofréquence (103) reliés aux premiers ensembles d'antennes (2) et aux deuxième ensembles d'antennes (20) dudit dispositif radiofréquence.
28. Equipement électronique (100) comprenant un sys-

tème MIMO (101) selon la revendication 27.

- 29.** Equipement électronique selon la revendication 28, l'équipement électronique (100) étant une passerelle résidentielle.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

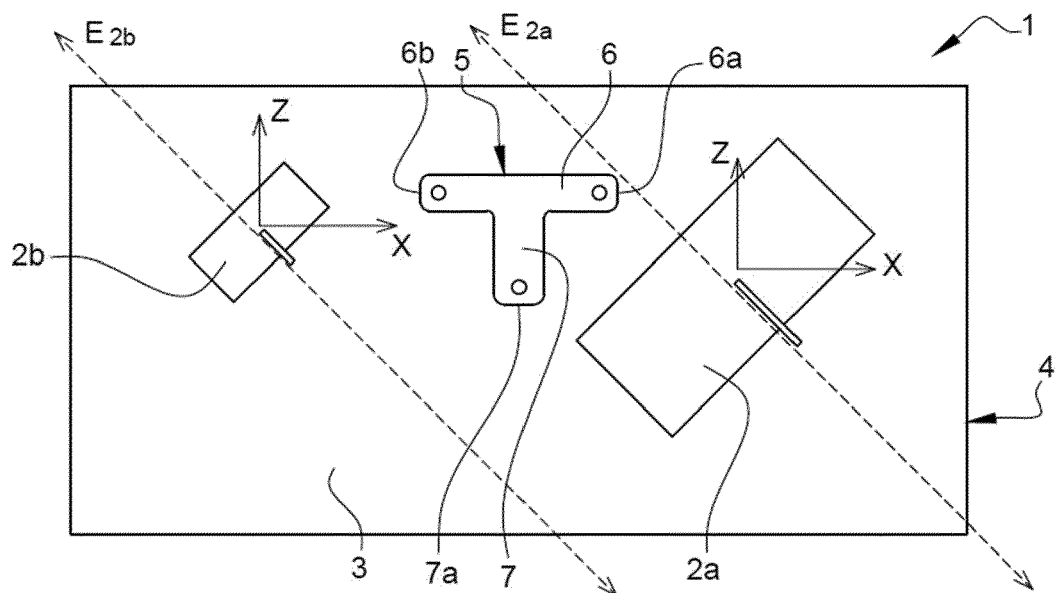


Fig. 2

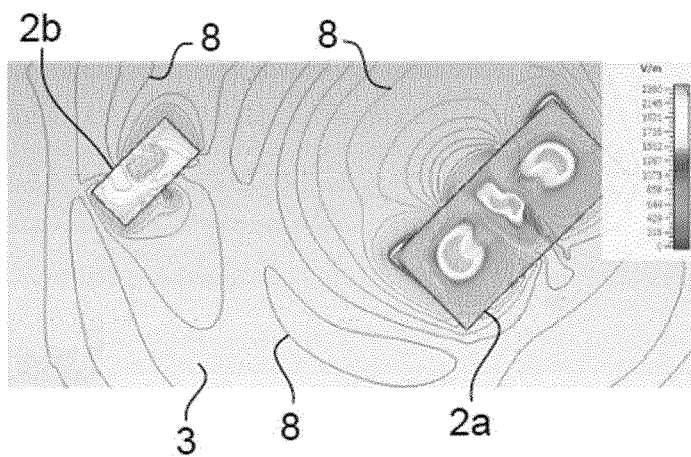


Fig. 3

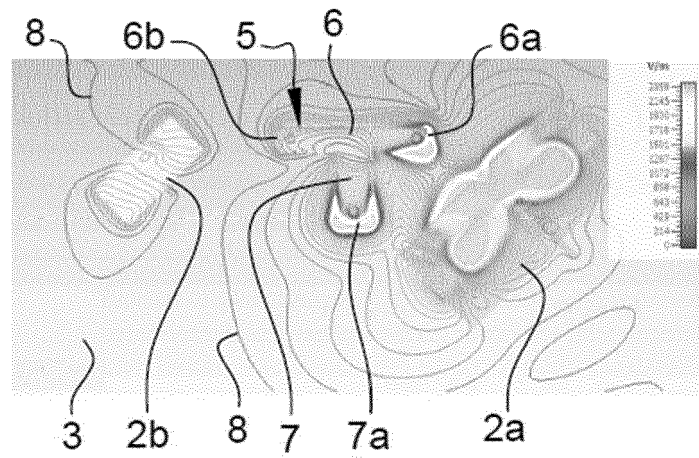


Fig. 4

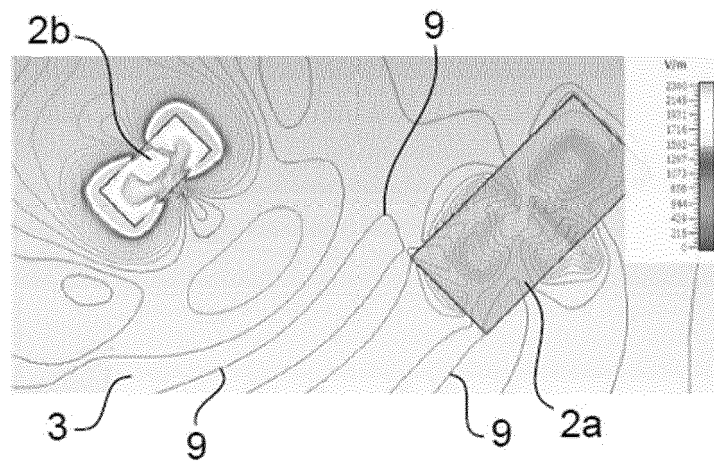


Fig. 5

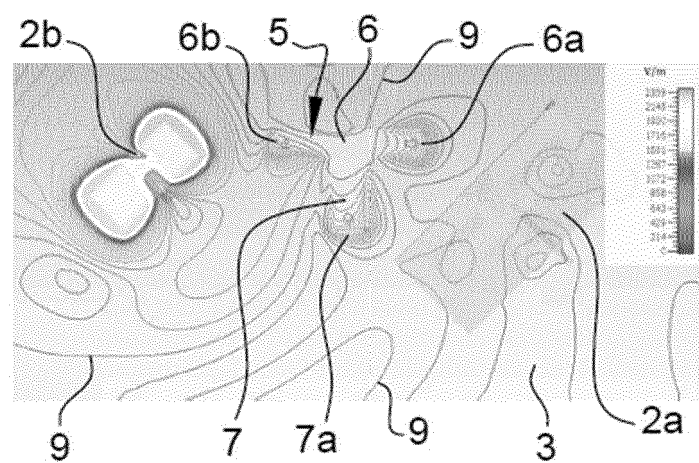


Fig. 6

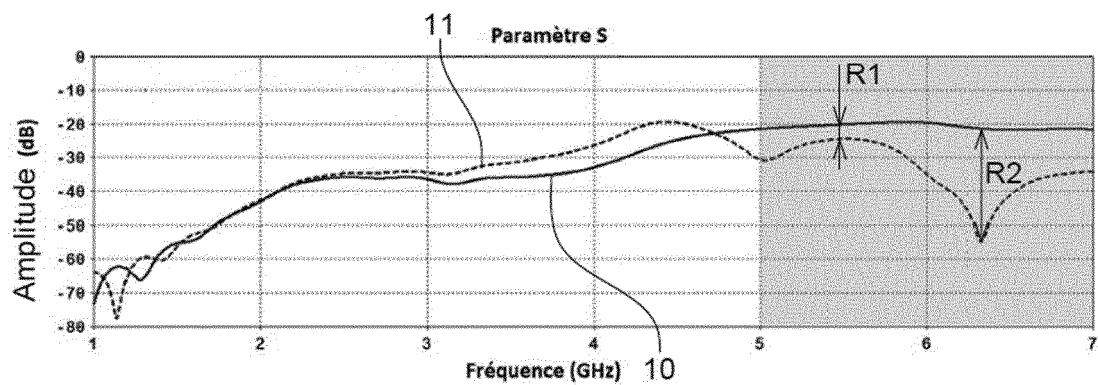


Fig. 7

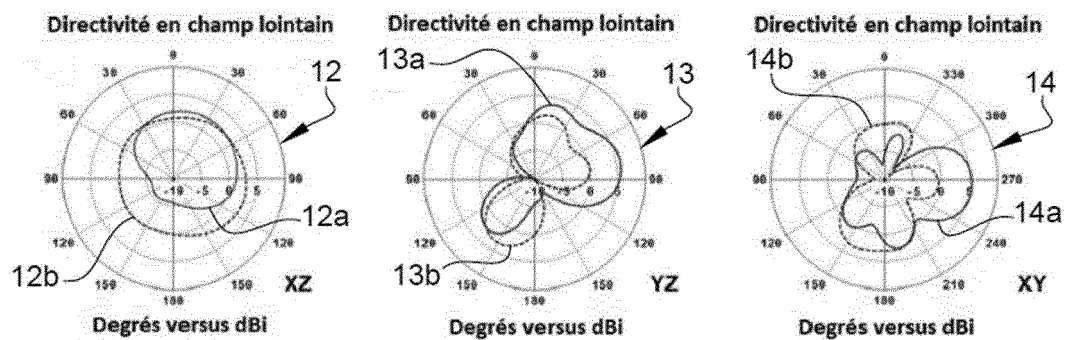


Fig. 8

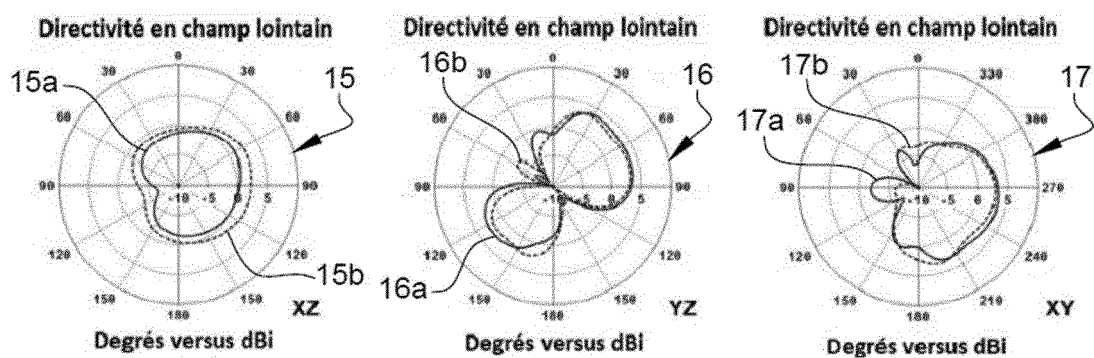


Fig. 9

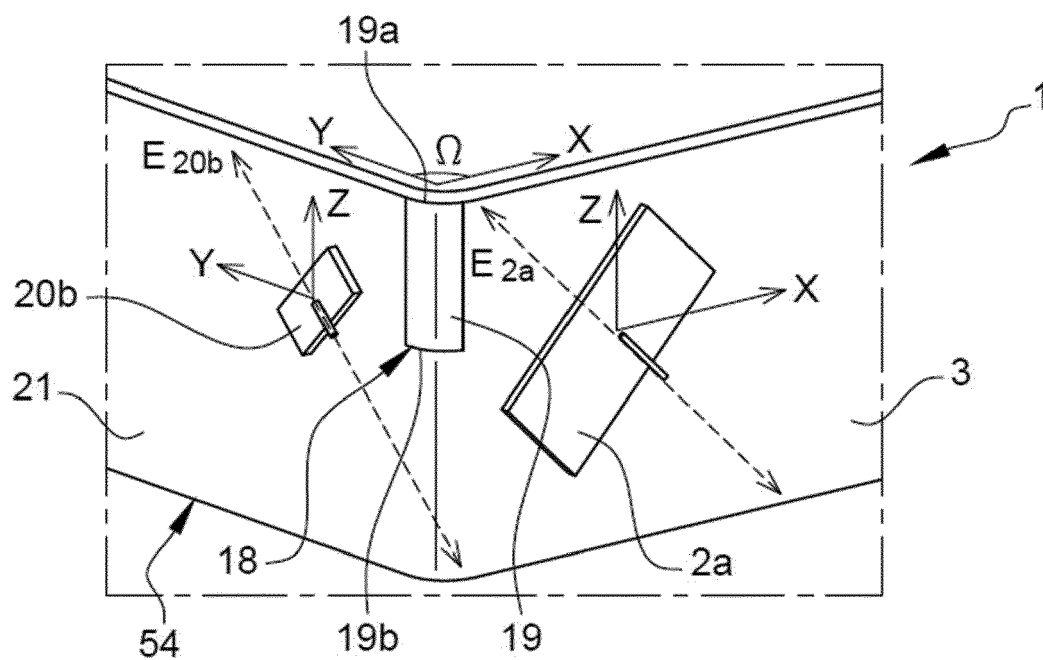


Fig. 10A

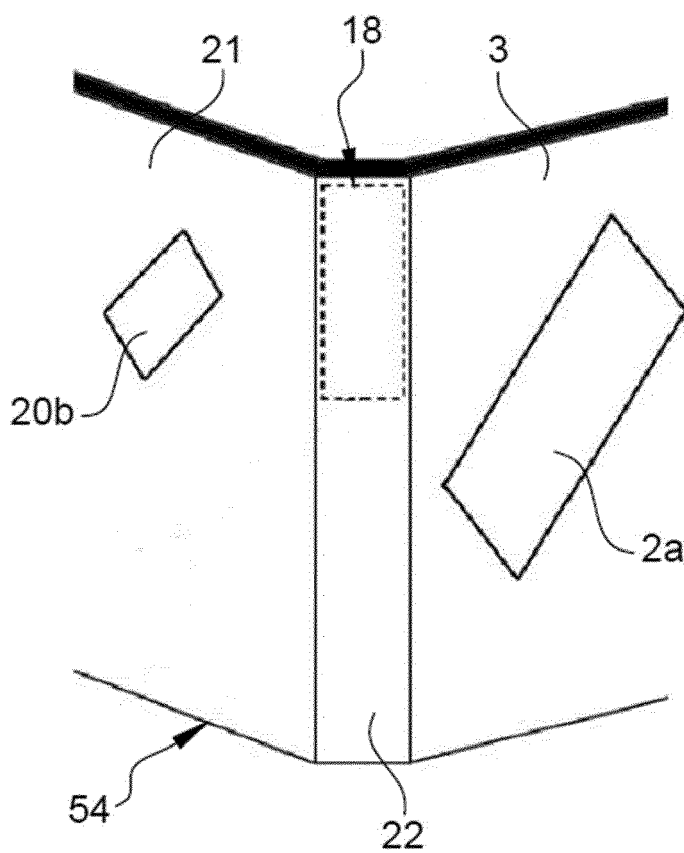


Fig. 10B

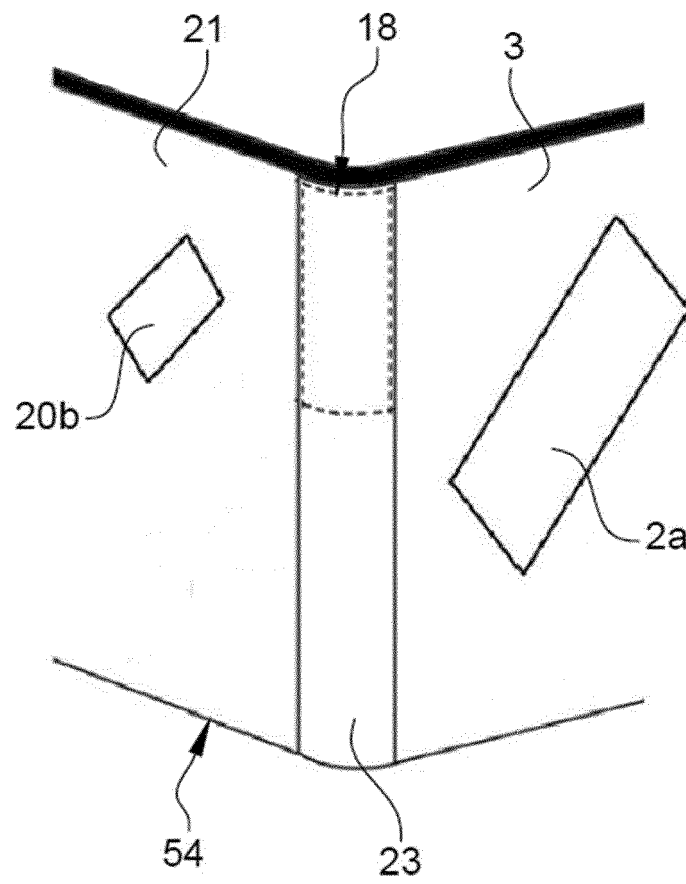


Fig. 11

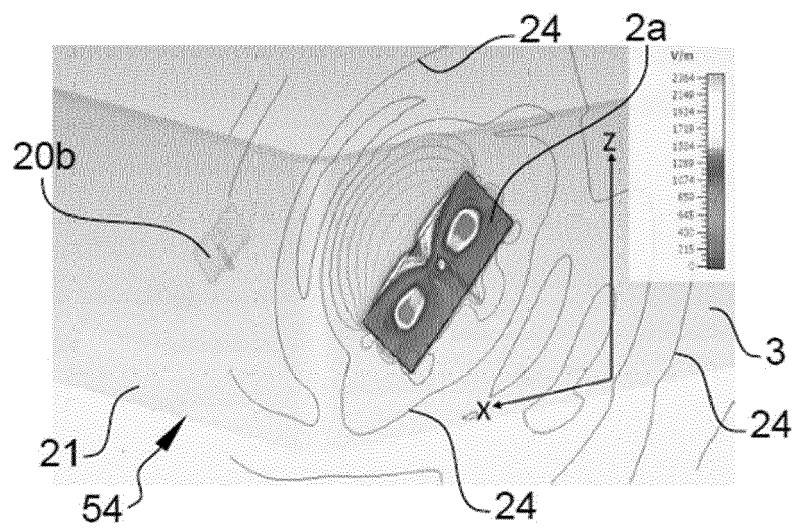


Fig. 12

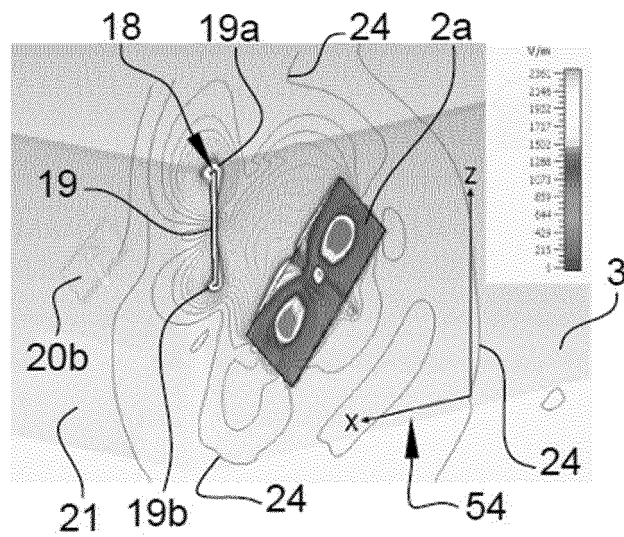


Fig. 13

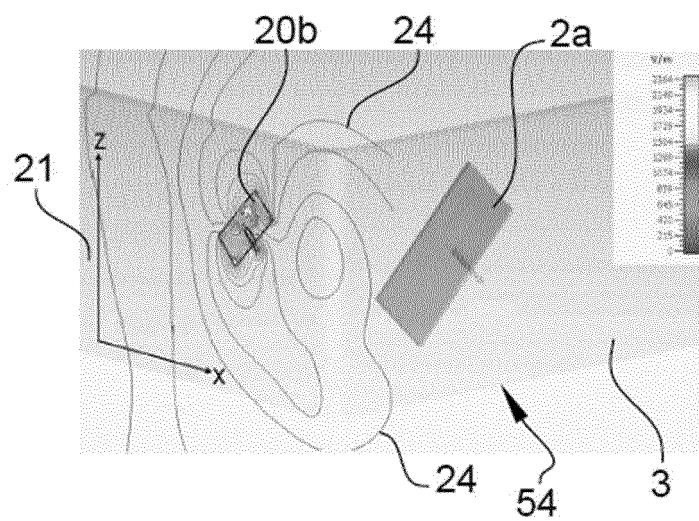


Fig. 14

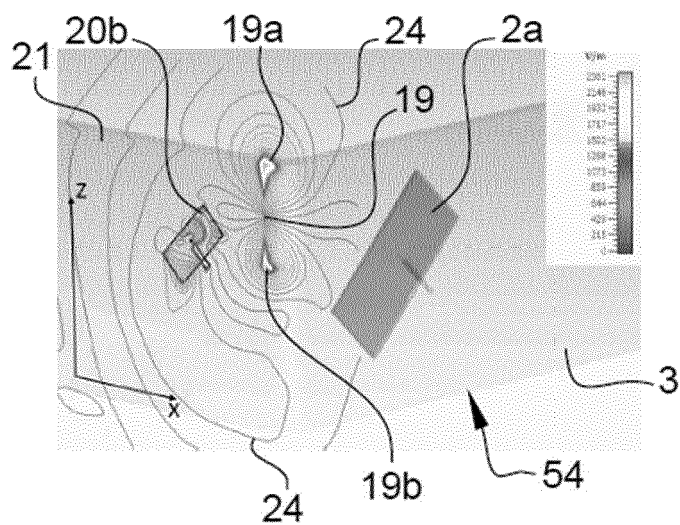


Fig. 15

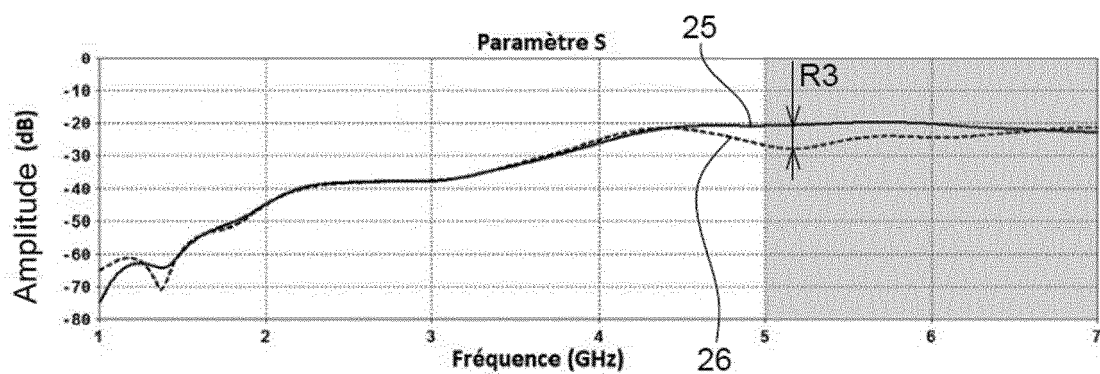


Fig. 16

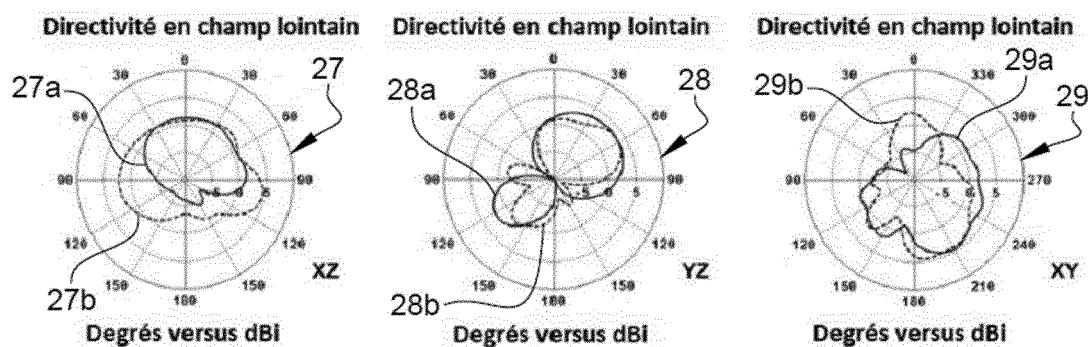


Fig. 17

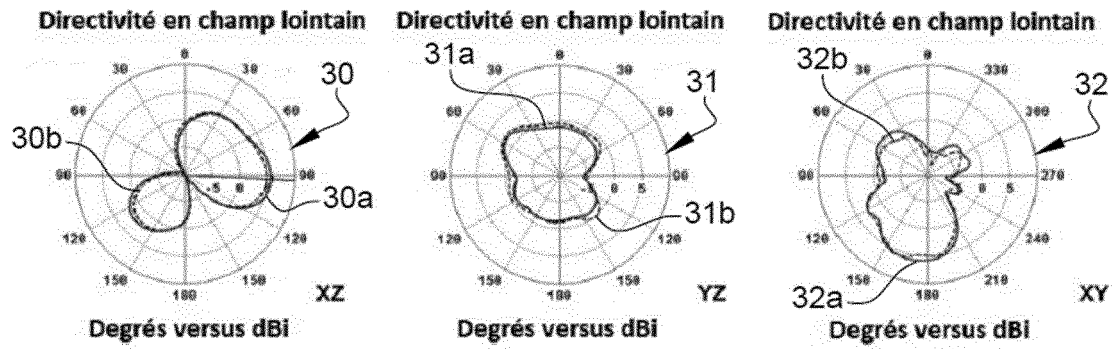


Fig. 18

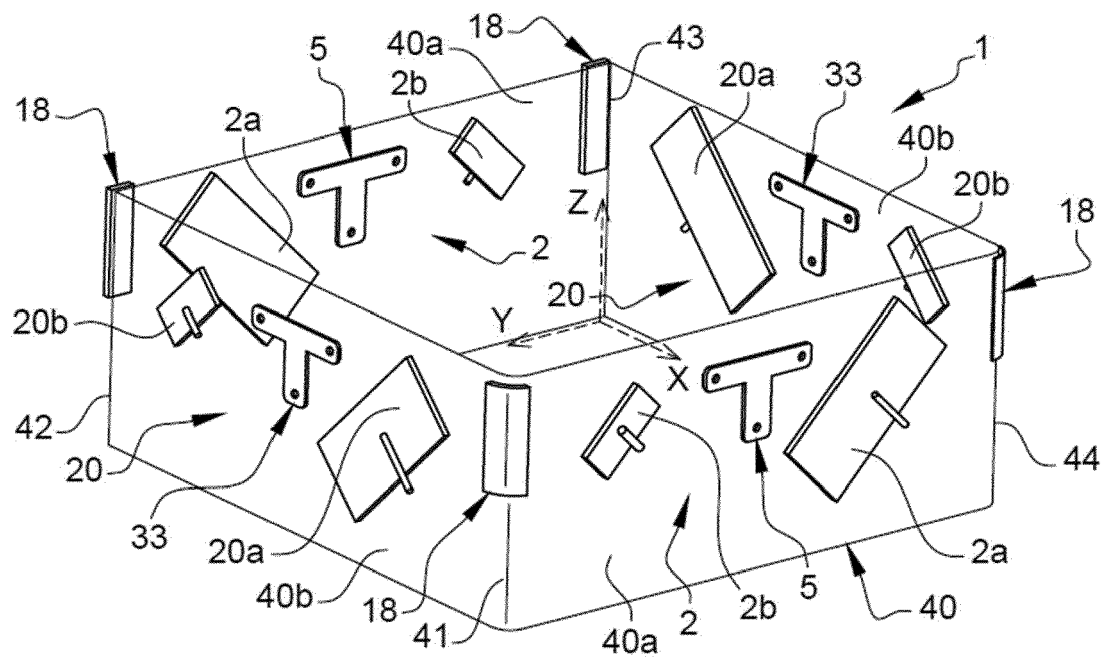


Fig. 19

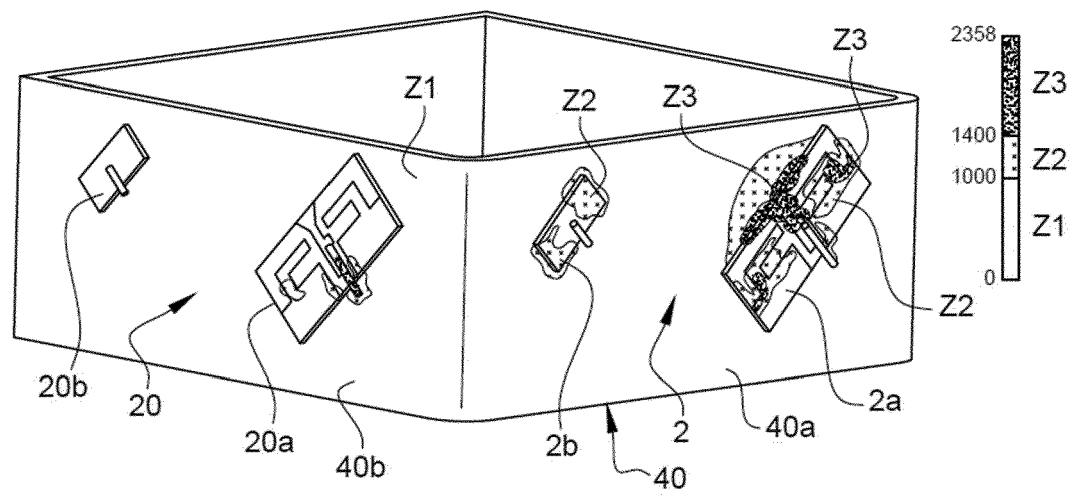


Fig. 20

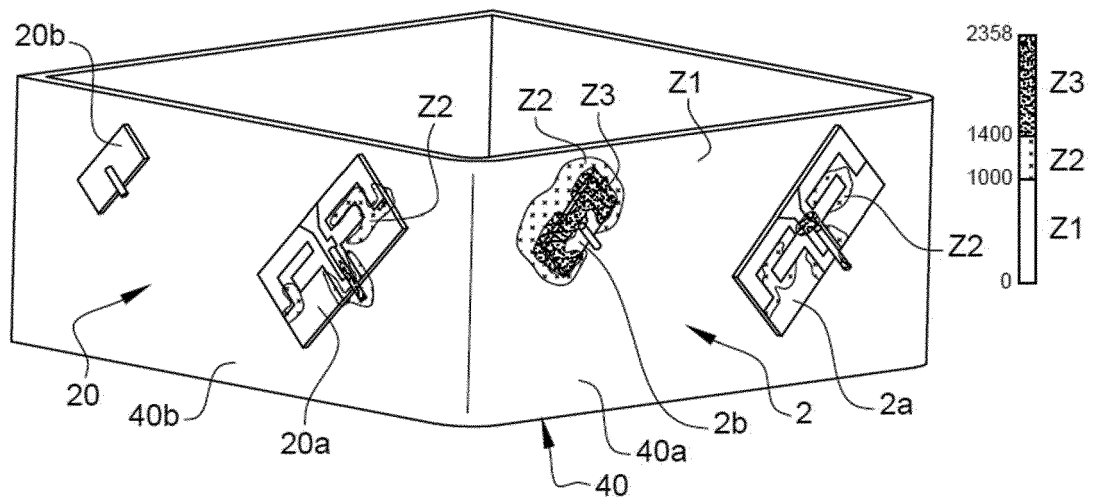


Fig. 21

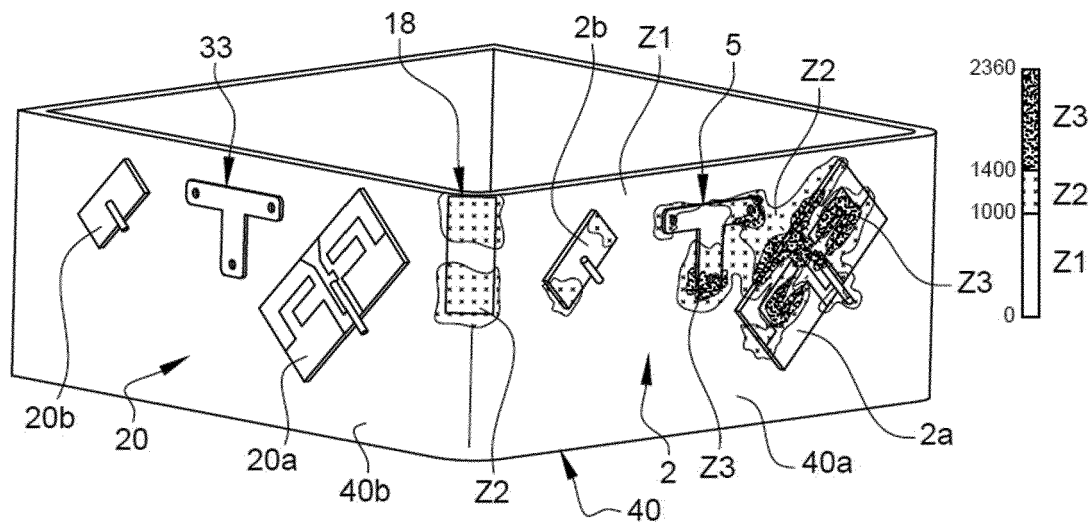


Fig. 22

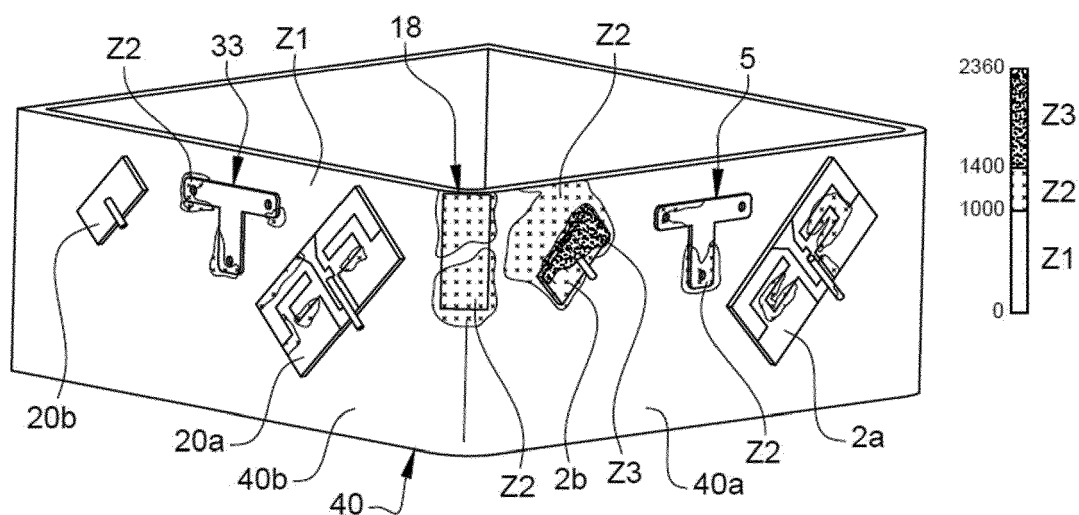


Fig. 23

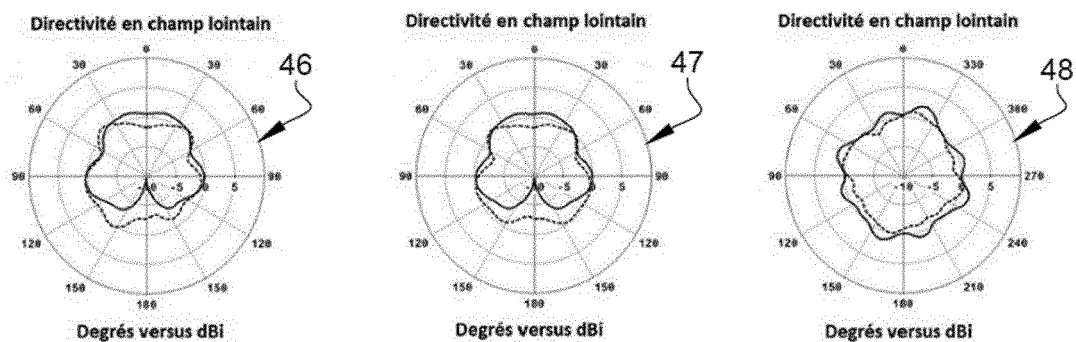


Fig. 24

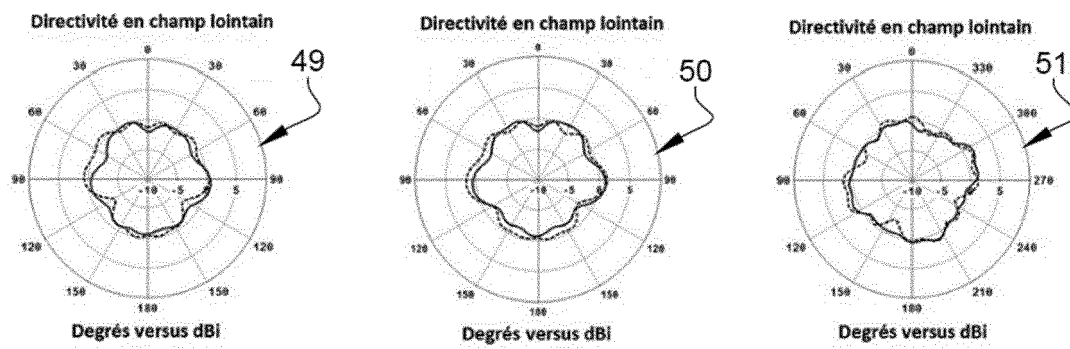


Fig. 25

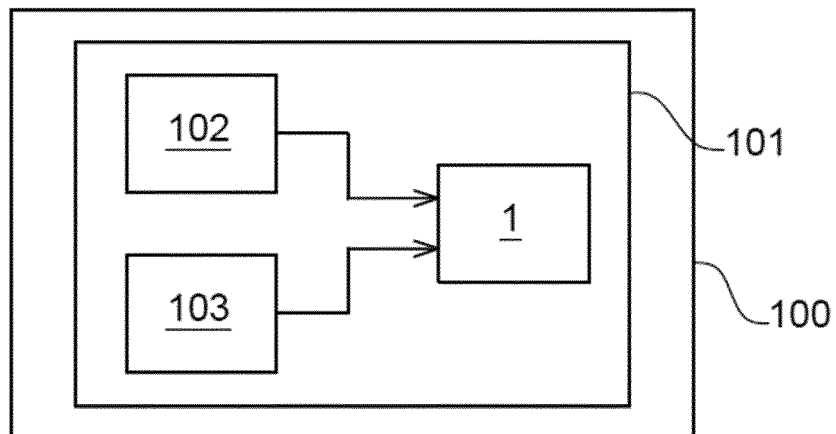
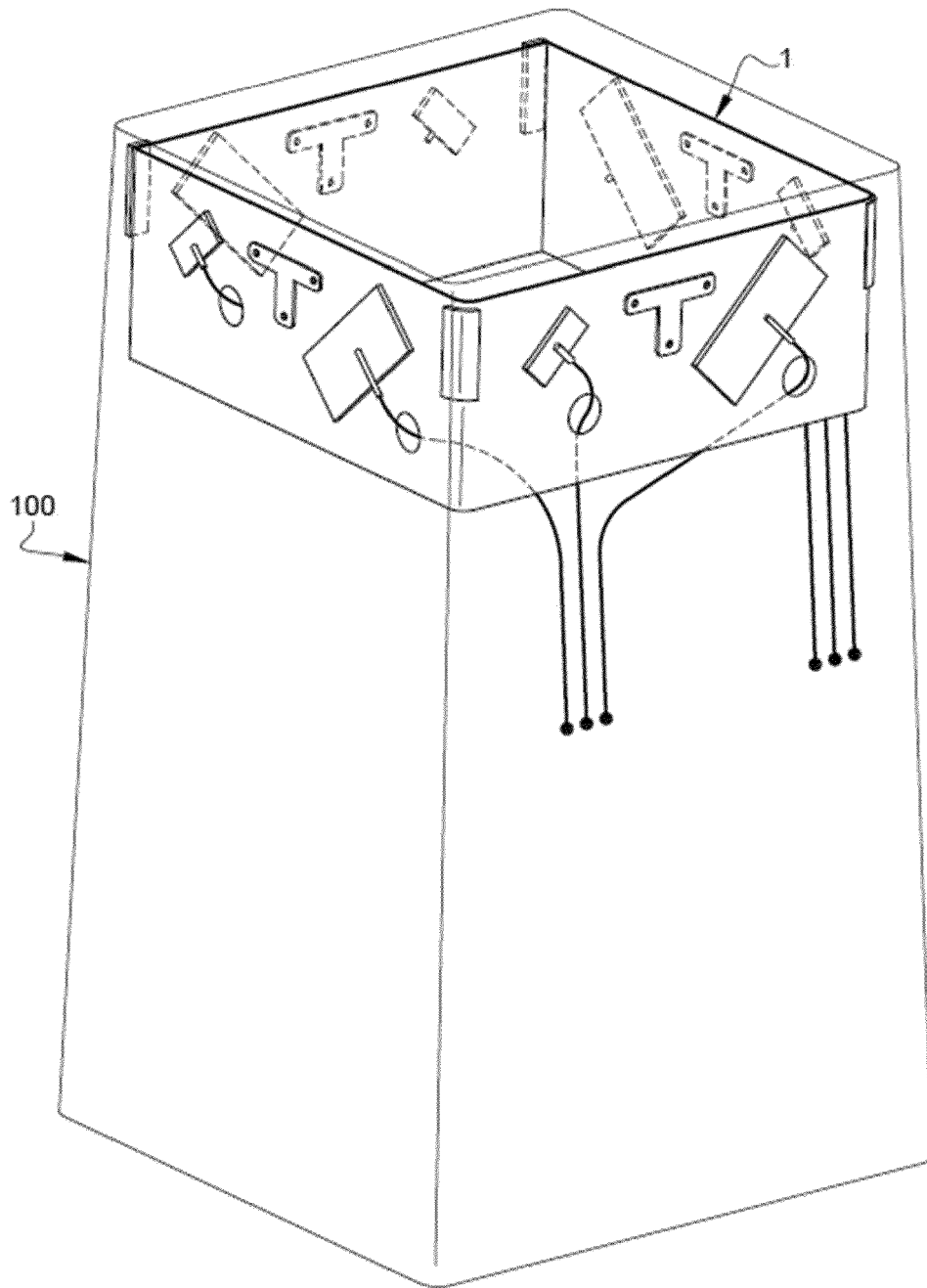


Fig. 26





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 20 0222

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	KR 101 403 592 B1 (ELTRONIX CO INC [KR]) 3 juin 2014 (2014-06-03) * pages 1-8; figures 1-11 * -----	1-29	INV. H01Q1/52 H01Q5/307 H01Q9/28 H01Q21/28 H01Q19/02
A	US 2016/156110 A1 (COHEN CHEN [IL] ET AL) 2 juin 2016 (2016-06-02) * alinéas [0002] - [0032]; figures 1-2 * -----	1-29	
A	US 2019/165467 A1 (LIN YUAN-CHIH [TW] ET AL) 30 mai 2019 (2019-05-30) * alinéas [0001] - [0032]; figures 1-8 * -----	1-29	
A	CN 104 979 635 A (CHINA MOBILE COMM CORP) 14 octobre 2015 (2015-10-14) * pages 1-6; figures 1-7 * -----	1-29	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01Q
Lieu de la recherche			Examineur
La Haye			E1-Shaarawy, Heba
Date d'achèvement de la recherche			
16 février 2023			
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

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

EP 22 20 0222

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.

16-02-2023

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
KR 101403592 B1	03-06-2014	AUCUN	
US 2016156110 A1	02-06-2016	CN 107431270 A	01-12-2017
		EP 3224903 A1	04-10-2017
		US 2016156110 A1	02-06-2016
		WO 2016084003 A1	02-06-2016
US 2019165467 A1	30-05-2019	TW 201926802 A	01-07-2019
		US 2019165467 A1	30-05-2019
CN 104979635 A	14-10-2015	AUCUN	

EPO FORM P0460

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