



(11)

EP 4 485 687 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

- (43)

Date de publication:
01.01.2025 Bulletin 2025/01
- (51)

Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01Q 1/22 (2006.01) H01Q 1/24 (2006.01)
H01Q 3/44 (2006.01) H01Q 19/28 (2006.01)
- (21)

Numéro de dépôt: 24184094.1
- (52)

Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01Q 1/246; H01Q 1/2291; H01Q 3/44;
H01Q 19/28
- (22)

Date de dépôt: 24.06.2024

- (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:
GE KH MA MD TN
- (71)

Demandeur: SAGEMCOM BROADBAND SAS
92270 Bois-Colombes (FR)
- (72)

Inventeur: KARTOUT, Madani
92270 BOIS-COLOMBES (FR)
- (74)

Mandataire: Cabinet Boettcher
5, rue de Vienne
75008 Paris (FR)
- (30)

Priorité: 29.06.2023 FR 2306917

(54)

DIAGRAMME DE RAYONNEMENT ADAPTABLE PAR POLARISATION D'OBSTACLE

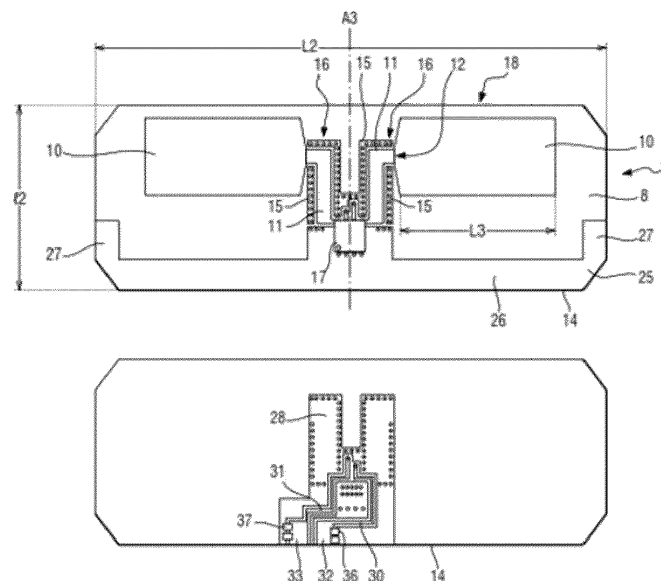
- (57)

Système radiofréquence comportant une antenne principale et un dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement (6) comprenant un circuit imprimé (8) sur lequel sont imprimés deux brins rayonnants (10) et un réflecteur (25), et sur lequel est monté un circuit de commutation (17) relié aux deux brins rayonnants et agencé pour être piloté de sorte que :

- lorsque le circuit de commutation se trouve dans un mode bloqué, le système radiofréquence (1) présente un premier diagramme de rayonnement ;

- lorsque le circuit de commutation se trouve dans un mode passant, les deux brins rayonnants forment une antenne dipôle demi-onde (18), le système radiofréquence (1) présentant alors un deuxième diagramme de rayonnement ayant un gain augmenté ou diminué dans au moins une direction prédéterminée.

Fig. 6



Description

[0001] L'invention concerne le domaine des équipements comprenant des systèmes radiofréquences, tels que des points d'accès par exemple.

ARRIERE PLAN

[0002] Le diagramme de rayonnement d'une antenne dépend de plusieurs paramètres, tels que le type de propagation des ondes qu'elle génère, la forme de l'élément rayonnant, ses dimensions et les matériaux qui la constituent. En fonction des paramètres susmentionnés et de l'environnement dans lequel l'antenne est située, un diagramme de rayonnement d'une forme spécifique est créé.

[0003] Dans le cas de l'utilisation de la technique MIMO (pour *Multiple Input Multiple Output*), les antennes peuvent transmettre et recevoir des signaux simultanément. Ainsi, le diagramme de rayonnement combiné de toutes les antennes corrélées et décorrélées est considéré afin de déterminer la puissance maximale pouvant être émise ou la puissance minimale pouvant être reçue, ainsi que la couverture spatiale.

[0004] On envisage d'équiper un point d'accès (point d'accès WiFi par exemple) d'un tel système MIMO.

[0005] Dans les points d'accès, les diagrammes de rayonnement combinés sont très souvent quasi-isotropes, c'est à dire en forme de sphère entourant l'équipement, car l'objectif est de rayonner dans toutes les directions afin d'avoir la meilleure couverture et donc de garder une bonne qualité de communication indépendamment de la position des stations.

[0006] La réglementation américaine (voir notamment les règles de la FCC (pour *Fédéral Communications Commission*), notamment pour l'AFC (pour *Automated Frequency Coordination*)) impose aux fabricants de points d'accès, en fonction de la position géographique de ceux-ci et de la fréquence du canal de transmission, de limiter à 21 dBm la puissance transmise au-delà d'une certaine élévation par rapport à l'horizon, sans remettre en cause la puissance dans les autres directions (36 dBm).

[0007] Il semble donc intéressant d'être en mesure d'agir sur le diagramme de rayonnement dans au moins une direction prédéfinie pour réduire ou augmenter le gain de la ou des antennes utilisées dans ladite ou lesdites directions prédéfinies.

[0008] Ceci permet par exemple de modifier le diagramme de rayonnement d'un système d'antennes pour l'adapter en fonction de la zone géographique où est utilisé l'équipement intégrant ledit système d'antennes. On peut ainsi utiliser un même système d'antennes dans deux régions ayant des réglementations différentes, sans reconcevoir ledit système. On pourrait ainsi configurer le système d'antennes pour qu'il présente un certain diagramme de rayonnement lorsqu'il est commercialisé aux Etats-Unis, et un autre diagramme de rayonnement lorsqu'il est commercialisé en Europe.

[0009] La modification du diagramme de rayonnement pourrait aussi être réalisée au moment de son installation chez l'utilisateur, ou bien être effectuée en temps réel, en fonctionnement, pour améliorer si nécessaire l'efficacité de la communication.

[0010] On connaît des techniques mécaniques, électroniques et logicielles pour modifier un diagramme de rayonnement.

[0011] Les techniques mécaniques nécessitent d'intégrer des parties mobiles dans l'équipement. Ces parties mobiles sont peu robustes, complexes et coûteuses.

[0012] Dans le cas des systèmes d'antennes des radios Wi-Fi, LTE, 5G NR, etc..., le diagramme de rayonnement peut être déformé dans une direction arbitraire selon la méthode de *beamforming* en appliquant directement via un logiciel des déphasages entre les signaux envoyés sur chaque antenne (par exemple en faisant varier le N_{SS} , c'est-à-dire le *Number of Spatial Stream*) ou en appliquant des délais temporels (par exemple avec la méthode de CDD, pour *Cyclic Delay Diversity*), ce qui augmente le gain suivant les directions où se trouve l'utilisateur, créant ainsi une déformation mineure perceptible de ce dernier.

[0013] Cependant, ces techniques dépendent fortement de l'environnement dans lequel la communication est établie, ce qui rend la forme des diagrammes de rayonnement aléatoire et donc non contrôlable.

[0014] Pour les systèmes d'antennes directifs, la solution de *beamsteering*, ou dépointage de diagramme de rayonnement, met en oeuvre un réseau d'antennes phasées. Il s'agit de plusieurs éléments rayonnants connectés entre eux avec un réseau d'alimentation phasé ou avec déphaseurs variables. En fonction des éléments activés et de la différence de phase entre les éléments, le diagramme de rayonnement est plus ou moins directif et orienté dans une direction donnée.

[0015] L'inconvénient est que cette technique requiert un réseau de plusieurs antennes, ce qui prend énormément de place à des fréquences de la bande ISM (Wi-Fi, LTE...) et donc rend son utilisation impossible sur des passerelles d'accès à Internet.

OBJET

[0016] Un ou plusieurs modes de réalisation ont pour objet d'adapter sur commande le diagramme de rayonnement d'au moins une antenne :

- sans agir directement sur cette antenne, ni sur les signaux qui lui sont envoyés, ni sur les composants radiofréquences auxquels elle est connectée ;
- sans utiliser de partie mobile ;
- via une solution peu encombrante.

RESUME

[0017] En vue de la réalisation de ce but, on propose un système radiofréquence comportant une antenne principale et un dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement comprenant un circuit imprimé sur lequel sont imprimés deux brins rayonnants et un réflecteur, et sur lequel est monté un circuit de commutation relié aux deux brins rayonnants et agencé pour être piloté de sorte que :

- lorsque le circuit de commutation se trouve dans un mode bloqué, une circulation de courant entre les deux brins rayonnants est bloquée et le système radiofréquence présente un premier diagramme de rayonnement ;
- lorsque le circuit de commutation se trouve dans un mode passant, la circulation de courant entre les deux brins rayonnants n'est pas bloquée de sorte que les deux brins rayonnants forment une antenne dipôle demi-onde, le système radiofréquence présentant alors un deuxième diagramme de rayonnement ayant, par rapport au premier diagramme de rayonnement, un gain augmenté ou diminué dans au moins une direction prédéterminée.

[0018] Le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement, positionné à proximité de l'antenne principale, peut donc être piloté pour configurer le diagramme de rayonnement du système radiofréquence selon le premier diagramme de rayonnement ou le deuxième diagramme de rayonnement.

[0019] Lorsque le circuit de commutation se trouve dans l'état fermé (mode passant), les brins rayonnants et le réflecteur jouent le rôle d'une antenne passive et réfléchissante, qui modifie la directivité du système radiofréquence.

[0020] Cette solution permet donc de modifier le diagramme de rayonnement sans agir sur l'antenne principale elle-même, ni sur les signaux qu'elle reçoit, ni sur les composants radiofréquences auxquels elle est connectée.

[0021] Cette solution requiert un encombrement réduit, car le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement est peu volumineux. Le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement ne nécessite pas de modifier la position d'un élément mobile pour adapter le diagramme de rayonnement.

[0022] On propose de plus un système radiofréquence tel que précédemment décrit, dans lequel l'antenne principale s'étend dans un premier plan, et dans lequel le circuit imprimé du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement s'étend dans un deuxième plan perpendiculaire au premier plan.

[0023] On propose de plus un système radiofréquence tel que précédemment décrit, dans lequel une première distance entre l'antenne principale et le circuit imprimé, selon un premier axe appartenant au premier plan et perpendiculaire au deuxième plan, est égale à $X/8$, et dans lequel une deuxième distance entre l'antenne principale et le circuit imprimé, selon un deuxième axe appartenant au deuxième plan et perpendiculaire au premier axe, est égale à $\lambda/16$.

[0024] On propose de plus un système radiofréquence tel que précédemment décrit, dans lequel un coefficient de transmission entre l'antenne principale et le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement est compris entre -15 dB et -6 dB.

[0025] On propose de plus un système radiofréquence tel que précédemment décrit, dans lequel les deux brins rayonnants s'étendent successivement selon une longueur du circuit imprimé, et dans lequel le réflecteur comprend une portion principale qui s'étend sur la totalité de ladite longueur.

[0026] On propose de plus un système radiofréquence tel que précédemment décrit, dans lequel le réflecteur comprend en outre deux portions secondaires qui s'étendent chacune depuis une extrémité distincte de la portion principale en étant perpendiculaire à celle-ci.

[0027] On propose de plus un système radiofréquence tel que précédemment décrit, dans lequel chaque brin rayonnant est connecté au circuit de commutation par un guide d'onde coplanaire.

[0028] On propose de plus un système radiofréquence tel que précédemment décrit, dans lequel :

- les brins rayonnants, le réflecteur, les guides d'onde coplanaires et le circuit de commutation sont situés sur une première couche du circuit imprimé, les guides d'onde coplanaires et le circuit de commutation étant positionnés dans une portion centrale de la première couche, les brins rayonnants s'étendant de part et d'autre de ladite portion centrale ;

- le circuit imprimé comprend un plan de masse principal imprimé sur une deuxième couche du circuit imprimé, le plan de masse principal étant situé dans une portion centrale de la deuxième couche ;
- des pistes de masse des guides d'onde coplanaires, un plan de masse du circuit de commutation, ainsi que le réflecteur, étant connectés au plan de masse principal.

[0029] On propose de plus un système radiofréquence tel que précédemment décrit, dans lequel le circuit de commutation comprend un interrupteur unipolaire unidirectionnel.

[0030] On propose de plus un système radiofréquence tel que précédemment décrit, comportant en outre un support en une seule pièce comprenant une première partie agencée pour porter l'antenne principale et une deuxième partie agencée pour porter le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement, la deuxième partie étant agencée pour pouvoir insérer et désinsérer manuellement le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement.

[0031] On propose de plus un système radiofréquence tel que précédemment décrit, comprenant une pluralité d'antennes principales associées chacune à un dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement distinct.

[0032] On propose de plus un système radiofréquence tel que précédemment décrit, les antennes principales étant agencées pour fonctionner selon la technique MIMO.

[0033] On propose de plus un équipement comprenant un système radiofréquence tel que précédemment décrit.

[0034] On propose de plus un équipement tel que précédemment décrit, l'équipement étant un point d'accès.

[0035] On propose de plus un procédé de pilotage, mis en oeuvre par une unité de traitement d'un équipement tel que précédemment décrit, et comprenant les étapes de :

- acquérir une consigne visant à configurer un diagramme de rayonnement du système radiofréquence selon le premier diagramme de rayonnement ou le deuxième diagramme de rayonnement ;
- produire une tension de commande qui dépend de ladite consigne, et appliquer ladite tension de commande en entrée du circuit de commutation.

[0036] On propose de plus un programme d'ordinateur comprenant des instructions qui conduisent une unité de traitement de l'équipement tel que précédemment décrit à exécuter les étapes du procédé de pilotage tel que précédemment décrit.

[0037] On propose de plus un support d'enregistrement lisible par ordinateur, sur lequel est enregistré le programme d'ordinateur tel que précédemment décrit.

[0038] Le ou les modes de réalisation seront mieux compris à la lumière de la description qui suit de modes de mise en oeuvre particulier non limitatif.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0039] Il sera fait référence aux dessins annexés parmi lesquels :

[Fig. 1] la figure 1 représente un point d'accès dans lequel est intégré le système radiofréquence ;

[Fig. 2] la figure 2 représente deux exemples d'un premier diagramme de rayonnement et d'un deuxième diagramme de rayonnement associé ;

[Fig. 3] la figure 3 est une vue en perspective, de l'avant, de l'antenne principale et du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement ;

[Fig. 4] la figure 4 est une vue similaire à celle de la figure 3, mais de l'arrière ;

[Fig. 5] la figure 5 est une vue similaire à celle de la figure 3, mais de côté ;

[Fig. 6] la figure 6 représente la couche supérieure et la couche inférieure du circuit imprimé du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement ;

[Fig. 7] la figure 7 représente un schéma électrique du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement ;

[Fig. 8] la figure 8 représente un graphique comprenant des courbes des paramètres S du circuit de commutation avec interrupteur SPST, dans le mode passant ;

[Fig. 9] la figure 9 est une figure similaire à la figure 8, dans le mode bloqué ;

[Fig. 10] la figure 10 représente l'intensité du champ magnétique, du champ électrique et de la directivité en champ lointain, pour différentes configurations de l'antenne principale et du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement ;

[Fig. 11] la figure 11 représente un graphique comprenant une courbe du taux de réflexion de l'antenne principale, une courbe du taux de réflexion de l'antenne PR, et une courbe du coefficient de transmission entre l'antenne principale et l'antenne PR ;

[Fig. 12] la figure 12 représente des coupes du diagramme de rayonnement selon différents plans, correspondant aux lignes 2, 4 et 6 du tableau 1 ;

[Fig. 13] la figure 13 représente des coupes du diagramme de rayonnement selon différents plans, correspondant aux lignes du tableau 2 ;

[Fig. 14] la figure 14 représente un circuit de commutation à diode ;

[Fig. 15] la figure 15 est une figure similaire à la figure 8, pour le circuit de commutation à diode ;

[Fig. 16] la figure 16 est une figure similaire à la figure 9, pour le circuit de commutation à diode ;

[Fig. 17] la figure 17 est une vue en perspective, de côté et de dessus, du support et du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement ;

[Fig. 18] la figure 18 est une vue de dessus du point d'accès, sans son capot supérieur ;

[Fig. 19] la figure 19 représente des diagrammes de rayonnement du système MIMO à différentes fréquences et pour différentes configurations des états des dispositifs d'adaptation.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0040] En référence à la figure 1, le système radiofréquence 1 est ici intégré dans la partie supérieure d'un point d'accès 2 ayant une structure « en tour » et qui présente une forme générale cylindrique d'axe A1.

[0041] Le point d'accès 2 est par exemple un point d'accès Wi-Fi.

[0042] Le système radiofréquence 1 comprend ici un système d'antennes agencé pour fonctionner selon la technique MIMO.

[0043] Le système radiofréquence 1 permet de contrôler la forme du diagramme de rayonnement de ce système MIMO à l'aide d'un circuit externe au système d'antennes. Le contrôle de la forme du diagramme de rayonnement est réalisé sans intervenir sur les paramètres des composants radiofréquences connectés au système d'antennes (puces, modules frontaux (ou FEM, pour *Front-End Modules*), etc.), ni sur le système d'antennes lui-même. En particulier, le contrôle réalisé ne consiste ni à modifier le nombre de flux spatiaux, ni à définir le déphasage entre les signaux sur chaque antenne, ni à utiliser un nombre d'antennes précis et à choisir quelles antennes vont émettre et recevoir.

[0044] Le système radiofréquence 1 permet de créer une atténuation ou une augmentation du gain d'une antenne seule ou d'un système d'antennes dans une direction précise, sur commande, avec un système de réflexion à obstacle par polarisation. Ce contrôle n'agit pas sur le fonctionnement du système d'antennes et n'intervient pas sur les couches physiques de l'interface radio concernée, qui sont contrôlées par un processeur et autres puces électroniques avec des algorithmes spécifiques.

[0045] Le système radiofréquence 1 comprend une antenne principale ou un système d'antennes principales, et un dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement. Il peut, sur commande, présenter soit un premier diagramme de rayonnement, proche de celui de l'antenne ou du système d'antennes, soit un deuxième diagramme de rayonnement, différent du premier diagramme de rayonnement.

[0046] Le diagramme de rayonnement modifié présente un gain réduit ou augmenté dans au moins une direction prédéterminée.

[0047] On voit sur la figure 2 le point d'accès 2 et deux exemples typiques :

- d'un premier diagramme de rayonnement 3a, 3b,
- et du deuxième diagramme de rayonnement associé 4a, 4b.

[0048] On voit que les premiers diagrammes de rayonnement 3a, 3b sont quasi-isotropes, alors que les deuxièmes diagrammes de rayonnement 4a, 4b présentent des gains modifiés dans certaines directions.

[0049] Comme cela va être décrit, le système radiofréquence 1 permet :

- d'obtenir un diagramme de rayonnement ayant une forme proche de celui de la ou des antennes « seules », lorsque le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement est désactivé ;
- de déformer le ou les diagrammes de rayonnement sans altérer l'efficacité du système d'antennes, lorsque le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement est activé ;
- d'éviter les parties mobiles ;
- de piloter les diagrammes de rayonnement sur une large bande de fréquence.

[0050] On décrit maintenant plus précisément le système radiofréquence 1. Le système radiofréquence 1 comprend au moins une antenne principale (ici quatre) et, pour chaque antenne principale, un dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement adapté à ladite antenne principale.

[0051] En référence aux figures 3 à 7, on s'intéresse tout d'abord à un ensemble formé par une antenne principale 5 et le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 associé.

[0052] L'antenne principale 5 est une antenne TRX (antenne d'émission et de réception), de type antenne patch. Elle présente une forme plate et rectangulaire de longueur L1 et de largeur l1.

[0053] On nomme λ la longueur d'onde correspondant à la fréquence centrale de la bande passante sur laquelle cette antenne principale 5 est destinée à fonctionner.

[0054] La fréquence centrale est par exemple égale à 5800 MHz.

5 **[0055]** Lorsque le point d'accès 2, dans lequel est intégré le système radiofréquence 1, est positionné dans sa position nominale de fonctionnement (c'est-à-dire posé sur un support plat et horizontal), l'antenne principale 5 s'étend dans un plan vertical en étant orientée d'un angle $\alpha = 45^\circ$ (c'est-à-dire qu'un axe A2, parallèle à la longueur de l'antenne principale, forme un angle de 45° avec un plan horizontal).

[0056] Le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 comprend un circuit imprimé 8. Son substrat est ici un substrat FR4.

10 **[0057]** Le circuit imprimé 8 a une forme générale rectangulaire dont les coins sont découpés.

[0058] Le circuit imprimé 8 a une longueur L2 et une largeur 12.

[0059] Deux brins rayonnants 10 sont imprimés sur une première couche (ici sur la couche supérieure) du circuit imprimé 8.

15 **[0060]** Les deux brins rayonnants 10 sont chacun de forme générale rectangulaire, et s'étendent successivement selon la longueur du circuit imprimé 8.

[0061] La longueur L3 de chaque brin rayonnant 10 est ici égale à $\lambda/4$. $\lambda/4$ est le quart d'onde de la fréquence centrale de la bande de fonctionnement de l'antenne principale.

[0062] Chaque brin rayonnant 10 est donc une piste imprimée relativement large. Les deux brins rayonnants 10 s'étendent chacun de part et d'autre d'un axe central A3 du circuit imprimé 8 s'étendant selon sa largeur.

20 **[0063]** Le côté (largeur) de chaque brin rayonnant 10 le plus proche dudit axe A3 a une forme générale triangulaire (orienté vers l'extérieur du brin). Une piste 11 s'étend depuis le sommet 12 dudit triangle puis fait un angle droit pour venir s'étendre parallèlement audit axe A3 en direction du bord 14 (longueur) du circuit imprimé 8. Des pistes de masse 15 s'étendent de chaque côté de la piste 11. La piste 11 et ses pistes de masse 15 forment un guide d'onde coplanaire 16.

[0064] Les guides d'onde coplanaires 16 sont des pistes 50 Ω .

25 **[0065]** Les deux ensembles, formés chacun par un brin rayonnant 10 et un guide d'onde coplanaire 16, sont disposés symétriquement par rapport à l'axe A3.

[0066] Un circuit de commutation 17 est monté sur le circuit imprimé 8.

[0067] Le circuit de commutation 17 peut être piloté de sorte que :

- 30 - lorsque le circuit de commutation 17 se trouve dans un état ouvert (mode bloqué, OFF), une circulation de courant entre les deux brins rayonnants 10 est bloquée et le système radiofréquence 1 présente un premier diagramme de rayonnement ;
- lorsque le circuit de commutation 17 se trouve dans un état fermé (mode passant, ON), la circulation de courant entre les deux brins rayonnants 10 n'est pas bloquée de sorte que les deux brins rayonnants 10 forment une antenne
- 35 dipôle demi-onde 18, le système radiofréquence 1 présentant alors un deuxième diagramme de rayonnement ayant, par rapport au premier diagramme de rayonnement, un gain augmenté ou diminué dans au moins une direction prédéterminée.

40 **[0068]** Le circuit de commutation 17 est ici un interrupteur SPST radiofréquence (SPST pour *Single Pole Single Throw*, ou interrupteur unipolaire unidirectionnel).

[0069] L'interrupteur SPST 17 comprend un premier port 20 connecté au brin rayonnant gauche 10, un deuxième port 21 connecté au brin rayonnant droite 10, un troisième port 22 (alimentation) et un quatrième port 23 (commande). Le premier port 20 et le deuxième port 21 peuvent donc être sélectivement connectés (état fermé) ou déconnectés (état ouvert), sur commande, via le quatrième port 23.

45 **[0070]** Lorsque la tension de commande V_c est égale à 0 V, l'interrupteur SPST 17 est dans l'état ouvert. Lorsque la tension de commande V_c est égale à 3,3 V, l'interrupteur SPST 17 est dans l'état fermé.

[0071] L'interrupteur SPST 17 permet donc d'établir ou de couper une liaison électromagnétique entre les deux brins rayonnants 10. Dans l'état fermé, il crée ainsi l'antenne dipôle demi-onde 18. Dans l'état ouvert, il laisse les brins rayonnants 10 comme des monopôles à très haute fréquence.

50 **[0072]** On a vu que les guides d'onde coplanaires 16 sont des pistes 50 Ω . L'interrupteur SPST 17 voit donc à son entrée et à sa sortie une impédance de 50 Ω .

[0073] Ceci est très avantageux. En effet, l'interrupteur SPST 17 qui est utilisé est un composant standard qui a été conçu pour un fonctionnement à 50 Ω (impédance standard pour les applications radiofréquences civiles). L'utilisation d'un composant standard est bien sûr intéressante du point de vue du coût du composant, mais aussi de sa disponibilité.

55 **[0074]** L'interrupteur SPST 17 fonctionne donc de manière optimale : il fait passer le signal avec une perte d'insertion minimale et il bloque le signal avec une atténuation maximale.

[0075] Si les guides d'onde coplanaires 16 n'étaient pas des pistes 50 Ω , l'interrupteur SPST 17 ne serait pas adapté en impédance et donc ses performances seraient détériorées.

[0076] On voit sur la figure 8 les courbes des paramètres S pour l'interrupteur SPST : S_{ij} (courbe C1), S_{ji} (courbe C2), S_{ii} (perte de retour premier port : courbe C3), S_{jj} (perte de retour deuxième port: courbe C4), en mode passant. On voit sur la figure 9 les mêmes courbes, en mode bloqué : courbes C5, C6, C7, C8.

[0077] Le circuit imprimé 8 comprend de plus un réflecteur 25 imprimé sur le circuit imprimé 8. Le réflecteur 25 comprend une portion principale 26 qui s'étend sur la totalité de la longueur du circuit imprimé 8 en longeant le bord 14. Cette portion principale 26 comprend elle-même une partie centrale qui remonte vers le centre du circuit imprimé 8. La partie centrale du réflecteur 25 est située dans une portion centrale de la première couche, dans laquelle sont aussi positionnés les guides 16. Les brins rayonnants 10 s'étendent de part et d'autre de ladite portion centrale.

[0078] Le réflecteur 25 comprend en outre deux portions secondaires 27 qui s'étendent chacune depuis une extrémité distincte de la portion principale 26 en étant perpendiculaire à celle-ci.

[0079] Le réflecteur 25 est donc une piste dont la longueur est égale à celle du circuit imprimé 8, et qui est repliée d'une certaine manière sur les extrémités, avec un certain angle pour augmenter le niveau de réflectivité. Il faut également noter que plus cette piste est large, plus elle est réfléchissante. Ce design a été pensé pour satisfaire un compromis entre dimensions, complexité, volume et performance de la solution.

[0080] Le circuit imprimé 8 comprend de plus un plan de masse principal 28 imprimé sur une deuxième couche (ici sur la couche inférieure du circuit imprimé 8). Le plan de masse principal 28 est positionné dans une portion centrale de la deuxième couche, superposée avec la portion centrale de la première couche.

[0081] Les pistes de masse 15 des guides d'onde coplanaires 16, le plan de masse 29 de l'interrupteur SPST 17, ainsi que le réflecteur 25, sont connectés au plan de masse principal 28.

[0082] La deuxième couche du circuit imprimé comprend aussi une piste 30 connectée au troisième port 22 de l'interrupteur SPST 17 (alimentation) et une piste 31 connectée au quatrième port 23 de l'interrupteur SPST 17. Ces deux pistes 30, 31 se terminent chacune par une portion rectangulaire 32, 33, ayant un bord confondu avec le bord 14 du circuit imprimé 8. Un premier câble 34, sur lequel chemine une tension d'alimentation V_{cc}, est soudé sur la portion 32. Un deuxième câble 35, sur lequel chemine une tension de commande V_c, est soudé sur la portion 33.

[0083] On voit sur les figures 6 et 7 les capacités de découplage 36 entre le plan de masse principal 28 du circuit imprimé 8 et la portion 32 (tension d'alimentation), et entre le plan de masse principal 28 et la portion 33 (tension de commande).

[0084] Le point d'accès 2 comporte une carte mère 40 qui comprend des composants radiofréquences. L'antenne principale 5 est connectée à la carte mère via un câble coaxial 41 (50 Ω).

[0085] Le premier câble 34 et le deuxième câble 35 sont connectés à la carte mère 8.

[0086] La carte mère 40 comporte une unité d'alimentation 42 et une unité de traitement 43.

[0087] L'unité d'alimentation 42 fournit la tension d'alimentation V_{cc} à l'interrupteur SPST 17 (via le premier câble 34).

[0088] L'unité de traitement 43 fournit la tension de commande V_c à l'interrupteur SPST 17 (via le deuxième câble 35). C'est donc l'unité de traitement 43 qui pilote l'évolution du diagramme de rayonnement du système radiofréquence (passage du premier diagramme de rayonnement au deuxième diagramme de rayonnement, et inversement).

[0089] L'unité de traitement 43 comprend au moins un composant de traitement 43a, qui est par exemple un processeur « généraliste », un processeur spécialisé dans le traitement du signal (ou DSP, pour *Digital Signal Processor*), un microcontrôleur, ou bien un circuit logique programmable tel qu'un FPGA (pour *Field Programmable Gate Arrays*) ou un ASIC (pour *Application Specific Integrated Circuit*).

[0090] L'unité de traitement 43 comprend de plus une ou des mémoires 43b, reliées à ou intégrées dans le composant de traitement 43a. Au moins l'une de ces mémoires 43b forme un support d'enregistrement lisible par ordinateur, sur lequel est enregistré au moins un programme d'ordinateur comprenant des instructions qui conduisent le composant de traitement 43a à exécuter au moins certaines des étapes du procédé de pilotage qui suit.

[0091] L'unité de traitement 43 :

- acquiert une consigne visant à configurer le diagramme de rayonnement du système radiofréquence 1 selon le premier diagramme de rayonnement ou le deuxième diagramme de rayonnement ;
- produit une tension de commande V_c qui dépend de ladite consigne, et applique ladite tension de commande en entrée du circuit de commutation (ici sur le quatrième port 23 de l'interrupteur SPST 17).

[0092] On décrit maintenant une position optimale de l'antenne principale 5 et du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6.

[0093] L'antenne principale 5 s'étend dans un premier plan P1, et le circuit imprimé 8 s'étend dans un deuxième plan P2 perpendiculaire au premier plan P1.

[0094] Le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 est donc positionné perpendiculairement au-dessus de l'antenne principale 5.

[0095] Une première distance d1 entre l'antenne principale 5 et le circuit imprimé 8, selon un premier axe X1 passant par le premier plan P1 et perpendiculaire au deuxième plan P2, est égale à $\lambda/8$.

[0096] Une deuxième distance d_2 entre l'antenne principale 5 et le circuit imprimé 8, selon un deuxième axe X_2 contenu dans le deuxième plan et perpendiculaire au deuxième axe, est égale à $\lambda/16$.

[0097] Le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 est donc espacé de l'antenne principale 5 de $\lambda/8$ sur le plan vertical et $\lambda/16$ sur le plan horizontal d'une fréquence choisie (en calculant la longueur d'onde en espace libre avec ϵ_r et μ_r égal à 1).

[0098] L'antenne principale 5 et le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 sont reliés à une masse commune.

[0099] Cette masse commune est aussi une masse du point d'accès 2. Elle comprend une grille métallique 45 appartenant au châssis du point d'accès 2.

[0100] Pour cela, le système radiofréquence 1 comprend un contact de masse ressort 46, qui est fixé au plan de masse 28 du circuit imprimé 8 et à la grille métallique 45.

[0101] On décrit maintenant le principe de fonctionnement du système radiofréquence 1.

[0102] Lorsque l'interrupteur SPST 17 est dans l'état ouvert (mode bloqué), la circulation de courant entre les deux brins rayonnants 10 est bloquée et le système radiofréquence 1 présente un premier diagramme de rayonnement, qui est sensiblement celui de l'antenne principale 5 seule (il n'est pas parfaitement identique du fait de l'influence du circuit imprimé et des pistes imprimées sur celui-ci).

[0103] En effet, même si le système est conçu de sorte à réduire au maximum la surface occupée et à ce que les longueurs des éléments conducteurs soient différentes des longueurs d'ondes des fréquences utiles quand le système est en mode bloqué, il contient malgré tout des éléments conducteurs métalliques (brins 10, réflecteur 25, etc.), ce qui fait varier légèrement la forme du diagramme initial (cela dépend des fréquences).

[0104] Lorsque l'interrupteur SPST 17 est dans l'état fermé (mode passant) et que l'antenne principale 5 émet ou reçoit un signal radiofréquence, c'est-à-dire une onde électromagnétique, l'antenne dipôle 18 formée sur le circuit imprimé 8 du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 réceptionne partiellement le signal radiofréquence émis par l'antenne principale 5.

[0105] On peut alors considérer que le circuit imprimé 8 et ses composants se comportent comme une antenne passive que l'on appellera antenne PR pour (antenne Passive Réflectrice).

[0106] En émettant une onde électromagnétique, l'antenne principale 5 génère un champ électrique E et magnétique H dans l'espace autour d'elle avec une cartographie plus ou moins différente conformément à son diagramme de rayonnement.

[0107] Le champ électrique induit dans ce cas une tension dans l'antenne PR entre ses brins rayonnants 10, et le champ magnétique induit un courant de surface sur les mêmes parties conductrices rayonnantes. Cette tension et ce courant circulant sur l'antenne PR créent alors un champ électromagnétique, avec une cartographie spatiale différente régie par son diagramme de rayonnement. La combinaison des champs électromagnétiques générés par l'antenne principale et l'antenne PR crée un diagramme de rayonnement combiné avec une forme particulière orienté majoritairement selon une direction prédéterminée. Ce phénomène est complètement passif. Le design de l'antenne PR, dotée du réflecteur 25 imprimé sur le circuit imprimé 8, augmente la directivité du rayonnement combiné, car les ondes reçues sont réfléchies.

[0108] On voit sur la figure 10 les champs (champ magnétique, champ électrique et champ lointain) pour l'antenne principale 5 sans le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6, avec le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 en mode bloqué, et avec le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 en mode passant.

[0109] Le champ magnétique est maximal dans les zones Z1 (supérieur à 1 A/m). Le champ électrique est maximal dans les zones Z2 (supérieur à 300 V/m).

[0110] On voit qu'avec le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 en mode passant, le gain du diagramme de rayonnement augmente en direction du côté négatif de l'axe X , et diminue dans l'autre sens. Le trou 47 est accentué.

[0111] Le système radiofréquence 1 présente alors un deuxième diagramme de rayonnement ayant, par rapport au premier diagramme de rayonnement, un gain augmenté ou diminué dans au moins une direction prédéterminée.

[0112] L'efficacité de la réception de l'antenne PR dépend donc de plusieurs facteurs, tels que la distance entre les antennes, la position des deux antennes, l'orientation relative, les caractéristiques de rayonnement de l'antenne principale ainsi que les dimensions et les propriétés électriques de l'antenne PR.

[0113] Dans cette configuration, l'antenne PR agit donc essentiellement comme un récepteur et réflecteur passif qui peut capter une partie du signal émis et/ou reçu par l'antenne principale. Elle n'amplifie pas et n'améliore pas la qualité du signal.

[0114] On note que la proximité de l'antenne principale 5 et du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 modifie les caractéristiques de l'antenne principale 5, et cela d'une manière différente si le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 forme une antenne dipôle demi-onde réflectrice (interrupteur : état fermé) ou si les éléments métalliques formés par les brins rayonnants sont séparés (interrupteur : état ouvert).

[0115] L'efficacité de réflexion, les pertes d'énergie et les interactions électromagnétiques entre les antennes ont été

prises en compte pour obtenir les performances souhaitées.

[0116] En référence à la figure 11, le taux de réflexion (*return loss*) de l'antenne principale 5 (courbe C9) est faible (inférieure à -10dB) sur une bande passante plus étendue que la bande passante utile 48 (bande de fréquence d'opération). Ceci permet d'anticiper un décalage fréquentiel dû à sa proximité avec l'antenne PR et d'éviter une baisse de son efficacité qui pourrait détériorer les performances de son rayonnement et qui pourrait détériorer les performances du point d'accès 2 à cause du niveau de réflexion conduit trop élevé.

[0117] La perte de retour de l'antenne PR (courbe C10) est également être faible (inférieure à -10dB) dans la bande de fréquence d'opération pour qu'elle puisse avoir l'impact voulu sur l'antenne principale.

[0118] Le coefficient de transmission (courbe C11) entre les deux antennes, c'est-à-dire le couplage, ne doit pas être trop fort pour ne pas trop impacter l'efficacité de l'antenne principale 5 et ne doit pas être trop faible pour créer une réelle distinction entre les deux états fermé / ouvert de l'interrupteur SPST 17.

[0119] Si le signal d'origine est déjà trop faible, l'isolation créée par l'interrupteur SPST 17 est peu utile.

[0120] Avantagusement, le coefficient de transmission entre l'antenne principale 5 et le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 est compris entre -15 dB et -6 dB.

[0121] Le tableau 1 (Annexe 1) illustre un exemple de comportement obtenu pour un système radiofréquence comprenant une antenne principale et le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement.

[0122] La première colonne (en partant de la gauche) correspond à la première distance entre l'antenne principale et le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement (selon l'axe X1). La quatrième ligne (en partant du haut) correspond à la position optimale précédemment décrite.

[0123] La deuxième colonne correspond à l'état de l'interrupteur SPST.

[0124] La troisième colonne donne les valeurs de la directivité pour les trois fréquences : 5180 MHz, 5500 MHz et 5800 MHz.

[0125] La quatrième colonne donne les offsets de directivité « relatifs » par rapport à l'état de l'interrupteur et à la position. La cinquième colonne donne l'efficacité et la sixième colonne les composantes du champ (en %).

[0126] On voit sur la figure 12 des coupes du diagramme de rayonnement (directivité) obtenues selon différents plans ; XZ, YZ et XY (les axes X, Y, Z sont visibles sur la figure 5) .

[0127] Le tableau 2 (Annexe 2) est un tableau similaire au tableau 1, si ce n'est que cette fois, dans la première colonne, c'est l'inclinaison de dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 qui varie.

[0128] On voit sur la figure 13 des coupes du diagramme de rayonnement obtenu selon différents plans ; XZ, YZ et XY.

[0129] On a indiqué ici que le circuit de commutation, c'est-à-dire l'élément polarisant du dispositif de réception/réflexion, est un interrupteur SPST.

[0130] Plusieurs autres solutions sont envisageables pour faire passer ou bloquer un signal radiofréquence en électronique, comme les circuits à base de diodes, de CMOS de MEMs, de circulateurs et Switch RF.

[0131] Le circuit de commutation ne comprend donc pas forcément un interrupteur SPST.

[0132] Cependant, plusieurs des alternatives envisageables ont des inconvénients difficilement contournables sur l'application visée à cause de l'environnement radiofréquence chargé, c'est à dire du fait de la concentration d'onde dans un volume restreint qui crée des champs électriques induisant des tensions sur des éléments métalliques chargés et des champs magnétiques qui créent des courants surfaciques d'une manière aléatoires sur ces mêmes éléments métalliques.

[0133] Le circuit de commutation peut par exemple être un circuit de commutation à diode.

[0134] En référence à la figure 14, le circuit de commutation 50 comprend un premier condensateur 51 ayant une première borne connectée aux brins rayonnants 10 et au réflecteur 25, une première inductance 52 ayant une première borne connectée à la deuxième borne du premier condensateur 51 et une deuxième borne connectée à la masse électrique. La cathode de la diode 53 est connectée à la deuxième borne du premier condensateur 51 (et à la première borne de la première inductance 52). L'anode de la diode 53 est connectée à une première borne du deuxième condensateur 54. La deuxième borne du deuxième condensateur 54 est connectée à la masse commune de l'équipement.

[0135] Le circuit comprend de plus une deuxième inductance 55 montée en série avec une résistance 56 et une source de tension 57. La deuxième inductance 55 a une première borne connectée à l'anode de la diode 53 et une deuxième borne connectée à la résistance 56.

[0136] Ce circuit présente certains désavantages : coût relativement élevé, difficulté à trouver dans le commerce des diodes radiofréquences à très faible capacitance couvrant une large bande de fréquences et supportant une puissance d'entrée élevée.

[0137] Par ailleurs, il est difficile de contrôler la tension de polarisation de la diode 53 sur un circuit très proche de plusieurs antennes émettant à une puissance supérieure à 20 dBm. Le risque de ce genre de montage est que la diode 53 soit polarisée en permanence, et donc soit passante ou bloquante en permanence, ce qui annule la fonction recherchée.

[0138] On voit sur la figure 15 les courbes des paramètres S pour le circuit de commutation à diode 50 : S_{ij} (courbe C12), S_{ji} (courbe C13), S_{ii} (perte de retour port 1 : courbe C14), S_{jj} (perte de retour port 2 : courbe C15), en mode

passant. On voit sur la figure 16 les mêmes courbes, en mode bloqué : courbes C16, C17, C18, C19.

[0139] En plus des contraintes citées précédemment liées à l'utilisation des diodes, en comparant les figures 8, 9 et 15, 16, il est clairement visible que les pertes d'insertion sont plus élevées sur le circuit à diode 50 (presque 3 dB en milieu de bande utile, c'est-à-dire que presque 50% de la puissance du signal transitant par le circuit est perdue) et l'isolation est autour de 23 dB, ce qui n'est pas optimal par rapport à l'interrupteur SPST 17 dont les pertes d'insertion sont à 0,7 max et l'isolation est plus élevée de 10dB (34dB).

[0140] L'interrupteur SPST 17, de plus, se trouve facilement dans le commerce. Ses caractéristiques sont connues et plus intéressantes pour la présente application. Ce composant agit comme un interrupteur pouvant laisser passer un signal radiofréquence avec une perte d'insertion faible ou le bloquer avec une isolation autour de 30dB sur la bande 5 à 6GHz. Il peut supporter une puissance d'entrée maximum de 30dBm, ce qui est largement suffisant.

[0141] On s'intéresse maintenant, en référence à la figure 17, à l'intégration mécanique du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6.

[0142] L'antenne principale 5 et le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 sont montés sur un même support 60 fabriqué en plastique (en une seule pièce).

[0143] Le support 60 comporte une première partie 61 permettant d'accueillir l'antenne principale et de la maintenir dans la position telle que représentée sur les figures 3 à 5.

[0144] Le support 60 comporte une deuxième partie 62 permettant d'accueillir le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement.

[0145] La deuxième partie comporte une surface plane 63, de forme générale rectangulaire, ayant sensiblement les mêmes dimensions que le circuit imprimé 8. La deuxième partie 62 comporte aussi un ensemble de languettes comprenant chacune une première portion qui s'étend perpendiculairement à la surface plane 63 et depuis un bord de celui-ci, et une deuxième portion qui s'étend perpendiculairement à la première portion et vers l'intérieur de la surface plane 63.

[0146] L'ensemble de languettes comprend, pour le bord 64 (longueur de la surface plane) de la surface plane, une languette 65 située à peu près au centre dudit bord et de longueur réduite, une languette 66 située proche du bord 67 (largeur de la surface plane 63), elle aussi de longueur réduite. L'ensemble de languettes comprend aussi une languette 68 qui s'étend sur toute la longueur du bord 69 (largeur de la surface plane) et qui se prolonge sur une portion de la longueur du bord 70 (longueur de la surface plane) proche de la moitié de celle-ci.

[0147] Un doigt flexible 71, comprenant une portion courante plane, est défini dans l'épaisseur de la surface plane 63. Le doigt 71 a une extrémité fixée à la surface plane 63 et une extrémité libre depuis laquelle s'étend un crochet 72 qui vient saillir perpendiculairement à la surface plane 63 au niveau du bord 67.

[0148] Le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 est installé manuellement dans le support 60 de la manière suivante. Le circuit imprimé 8 est inséré dans le support 60 en étant introduit par le bord 67 de la surface plane 63, et en appuyant sur le crochet 72. Le circuit imprimé 8 glisse dans l'espace formé entre la surface plane 63 et les deuxièmes portions des languettes. Lorsqu'il est entièrement inséré, le crochet 72 n'est plus enfoncé et saillie au niveau du bord 75 du circuit imprimé 8 à l'extérieur de celui-ci et en s'appuyant contre celui-ci, ce qui maintient en place le circuit imprimé 8. L'insertion du circuit imprimé 8 dans le support est donc réalisé via une liaison glissière (réalisée grâce aux languettes), et son maintien est réalisé via un emboîtement élastique (réalisé par le doigt flexible 71).

[0149] Le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 peut donc être inséré dans son support et désinséré manuellement.

[0150] En référence à la figure 18, le point d'accès 2 comprend une pluralité de systèmes radiofréquences 1 tels que précédemment décrits, les antennes principales 5 desdits systèmes radiofréquences étant agencées pour fonctionner selon la technique MIMO.

[0151] Ici, le point d'accès comporte quatre systèmes radiofréquences 1.

[0152] On voit que le support 60 précédemment évoqué a une forme octogonale. Il porte les quatre antennes principales 5 et les quatre dispositifs d'adaptation de diagramme de rayonnement 6.

[0153] Le support plastique 60 comprend quatre grandes faces 81 et quatre petites faces 82 reliant lesdites grandes faces 81.

[0154] Chaque système radiofréquence 1, comprenant une antenne principale 5 et un dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6, est associé à une grande face distincte 81. Pour chaque grande face 81, le support 60 est agencé de sorte que l'antenne principale 5 s'étend à l'extérieur du support 60 en étant orientée à 45° et en étant plaquée contre la paroi externe de ladite grande face 81, alors que le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement 6 est situé à l'intérieur du support 60 (le bord 64 de la surface plane 63 longe la paroi interne de ladite grande face 81).

[0155] Le tableau 3 de l'annexe 3 liste différents cas correspondant chacun à une combinaison distincte des modes des dispositifs d'adaptation de diagramme de rayonnement.

[0156] Par exemple, le cas 0 correspond à un cas où les dispositifs d'adaptation de diagramme de rayonnement ne sont pas montés, le cas 1 correspond à un cas où les dispositifs d'adaptation de diagramme de rayonnement sont montés mais sont tous dans le mode bloqué, et le cas 3 correspond à un cas où les dispositifs d'adaptation sont montés et sont tous dans le mode passant.

[0157] On note que, pour le tableau 3, les paramètres NHPRP (*Near Field Horizontal Partial Radiated Power*) à +/- 45° et à +/- 30° ont été calculés en utilisant les équations suivantes (équations B.11 et B.12 de la section B.3.2 de la CTIA v3.8.) :

$$NHPRP_{45} = \frac{1}{4\pi} \int_{\theta=\pi/4}^{3\pi/4} \int_{\Phi=0}^{2\pi} (EiRP_{\theta}(\theta, \Phi) + EiRP_{\Phi}(\theta, \Phi)) \sin(\theta) d\theta d\Phi$$

$$NHPRP_{30} = \frac{1}{4\pi} \int_{\theta=\pi/3}^{2\pi/3} \int_{\Phi=0}^{2\pi} (EiRP_{\theta}(\theta, \Phi) + EiRP_{\Phi}(\theta, \Phi)) \sin(\theta) d\theta d\Phi$$

[0158] On voit sur la figure 19, pour les fréquences 2437 MHz, 5500 MHz et 5800 MHz, les diagrammes de rayonnement résultants associés. On distingue par exemple nettement pour le cas 3 à 5800 MHz l'augmentation du gain dans la direction de l'axe Y (dans les deux sens).

[0159] Bien entendu, les différents modes de réalisation ne sont pas limités aux modes de réalisation et exemples décrits mais englobent toutes variantes entrant dans le champ de l'invention.

[0160] Dans d'autres exemples, les caractéristiques du réflecteur sont telles que le réflecteur est adapté pour contrôler le diagramme de rayonnement de l'antenne principale pour différentes fréquences centrales associées respectivement à différentes bandes de fonctionnement, telles que les bandes de fonctionnement comprises dans la bande dite « 6 GHz » du protocole Wi-Fi 6E.

[0161] Le réflecteur pourrait avoir une forme différente, pour un niveau de réflectivité encore plus élevé.

[0162] Il est également possible d'élargir le circuit imprimé afin d'ajouter une série de réflecteurs (pour obtenir une antenne de type antenne Yagi par exemple) de manière à augmenter la directivité naturelle du diagramme de rayonnement du dipôle demi-onde.

[0163] Les coins du circuit imprimé du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement ne sont pas nécessairement découpés.

[0164] On a décrit que l'antenne principale est positionnée dans un plan vertical en étant orientée de manière à former un angle de 45° avec un plan horizontal. Le système radiofréquence peut être mis en oeuvre quelles que soient la position et l'orientation de l'antenne principale. La position optimisée du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement par rapport à l'antenne principale, qui a été décrite plus tôt, est une position relative par rapport à la position et à l'orientation de l'antenne.

[0165] L'ensemble des valeurs numériques fournies sont données à titre d'exemple. La fréquence de l'antenne principale, par exemple, pourrait être différente des fréquences citées ici.

[0166] Le système radiofréquence peut comprendre un nombre d'antennes principales quelconque.

[0167] La forme du point d'accès pourrait être différente. Il pourrait s'agir par exemple d'une forme cylindrique de section rectangulaire ou carrée, avec éventuellement des coins arrondis.

[0168] Le système radiofréquence peut être intégré dans tout type d'équipement qui met en oeuvre une communication radiofréquence.

ANNEXES

Annexe 1 : tableau 1

[0169] Le tableau 1 est divisé ici en deux tableaux : 1A, 1B (qui forment un même tableau)

tableau 1A

	Etat	Directivité totale (dB)			Offset Directivité Totale (dB)						Efficacité (dB)		
		5180 MHz	5500 MHz	5800 MHz	5180 MHz		5500 MHz		5800 MHz		5180 MHz	5500 MHz	5800 MHz
					Relatif switch mode	Relatif Positio n	Relatif switch mode	Relatif Positio n	Relatif switch mode	Relatif Positio n			
+10 mm	ON	5	5.6	5.6	-1	1.3	-0.5	0.7	0	0.8	-0.36	-0.26	-0.34
	OFF	6	6.1	5.6		-1.4		-0.9		0.2	-0.31	-0.27	-0.43
+5 mm	ON	5.5	6	5.5	-0.3	0.8	0	0.3	0.1	0.9	-0.53	-0.35	-0.53
	OFF	5.8	6	5.4		-1.2		-0.8		0.4	-0.32	-0.31	-0.53
Position Initiale 0 mm	ON	6.3	6.3	6.4	17		1.1		0.6		-1.58	-0.74	-0.65
	OFF	4.6	5.2	5.8							-0.3	-0.38	-0.81
-5 mm	ON	5.4	5.4	4.6	0.5	0.9	0.7	0.9	-0.8	18	-1.98	-0.7	-0.6
	OFF	4.9	4.7	5.4		-0.3		0.5		0.4	-0.36	-0.49	-1.36
-10 mm	ON	5.6	4.8	5.5	1	0.7	0.3	1.5	-0.3	0.9	-0.57	-0.33	-0.44
	OFF	4.6	4.5	5.8		0		0.7		0	-0.39	-0.49	-1.27

EP 4 485 687 A1

tableau 1B

Le tableau 1B ci-dessous comprend des colonnes normalement positionnées à droite du tableau 1A (ainsi, pour la fréquence 5180 MHz, les valeurs 50.7 et 49.3 sont associées à la ligne « + 10 mm ON », les valeurs 55 et 45 sont associées à la ligne « + 10mm OFF », etc.

Polarisation					
5180 MHz		5500 MHz		5800 MHz	
E_{θ}	E_{ϕ}	E_{θ}	E_{ϕ}	E_{θ}	E_{ϕ}
50.7	49.3	51.5	48.5	54.4	45.6
55	45	55.4	44.6	55.6	44.4
51.2	48.8	50.4	49.6	51.7	48.3
53.6	46.4	54.8	45.6	55.5	44.5
53.3	46.7	51.5	48.5	52.0	48.0
52.3	47.7	52.9	47.1	55.5	44.5
58.2	41.8	54.6	45.4	53.4	46.6
53.5	46.5	52.4	47.6	56.5	43.5
55.8	44.2	54.6	45.4	54.1	45.9
58.3	41.7	58	42	58.6	41.4

Annexe 2 : tableau 2

	Etat	Directivité Totale Offset (dB)						Efficacité (dB)			Polarisation					
		5180 MHz			5500 MHz			5800 MHz			5180 MHz		5500 MHz		5800 MHz	
		Relatif switch mode	Relatif Positio n	Relatif switch mode	Relatif Positio n	Relatif switch mode	Relatif Positio n	Relatif switch mode	Relatif Positio n	5800 MHz	E θ	E ϕ	E θ	E ϕ	E θ	E ϕ
Inclinaison +30°	ON	6	62	6	0.4	-0.3	0.6	0.6	-0.1	-0.4	-0.33	-0.26	-0.36	51.2	48.8	49.3
	OFF	5.6	5.6	5.4		1			0.4	-0.4	-0.22	-0.2	-0.3	52.7	47.3	54.4
Pos Initial 0 mm	ON	6.3	6.3	6.4	1.7		1.1	0.6			-1.58	-0.74	-0.65	53.3	46.7	52.2
	OFF	4.6	5.2	5.8							-0.3	-0.38	-0.81	52.3	47.7	55.5
Inclinaison -30°	ON	6.5	67	6.4	16	0.2	0.75	1	0.4	0	-1.24	-0.56	-0.54	52.1	47.9	52.6
	OFF	4.9	5.95	5.4		0.3			0.75	-0.4	-0.34	-0.71	-1	52.7	47.3	52.8

Annexe 3 : tableau 3

Case	Switch Mode				Gain (dBi)					NHPRP (%)	
	Switch 1	Switch 2	Switch 3	Switch 4	ANT1	ANT2	ANT3	ANT4	UGC	+/- 45°	+/- 30°
0	NM	NM	NM	NM	5	5.5	5.3	5.6	2.3	70	50
1	OFF	OFF	OFF	OFF	4.9	5.4	5.1	5.2	2.3	69	50
2	OFF	ON	OFF	OFF	4.5	6.6	5.1	5.1	2.2	76	54
3	ON	ON	ON	ON	6.9	6.6	6.9	6.4	2.2	80	58
4	ON	ON	OFF	OFF	6.9	6.6	5.1	5.1	2.3	77	56
5	ON	ON	ON	OFF	6.9	6.5	6.9	5.1	2.45	78	57

Revendications

1. Système radiofréquence (1) comportant une antenne principale (5) et un dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement (6) comprenant un circuit imprimé (8) sur lequel sont imprimés deux brins rayonnants (10) et un réflecteur (25), et sur lequel est monté un circuit de commutation (17) relié aux deux brins rayonnants et agencé pour être piloté de sorte que :
 - lorsque le circuit de commutation se trouve dans un mode bloqué, une circulation de courant entre les deux brins rayonnants (10) est bloquée et le système radiofréquence (1) présente un premier diagramme de rayonnement ;
 - lorsque le circuit de commutation se trouve dans un mode passant, la circulation de courant entre les deux brins rayonnants (10) n'est pas bloquée de sorte que les deux brins rayonnants forment une antenne dipôle demi-onde (18), le système radiofréquence (1) présentant alors un deuxième diagramme de rayonnement ayant, par rapport au premier diagramme de rayonnement, un gain augmenté ou diminué dans au moins une direction prédéterminée.
2. Système radiofréquence selon la revendication 1, dans lequel l'antenne principale (5) s'étend dans un premier plan (P1), et dans lequel le circuit imprimé (8) du dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement (6) s'étend dans un deuxième plan (P2) perpendiculaire au premier plan (P1).
3. Système radiofréquence selon la revendication 2, dans lequel une première distance (d1) entre l'antenne principale (5) et le circuit imprimé (8), selon un premier axe (X1) appartenant au premier plan et perpendiculaire au deuxième plan, est égale à $\lambda/8$, et dans lequel une deuxième distance (d2) entre l'antenne principale et le circuit imprimé, selon un deuxième axe (X2) appartenant au deuxième plan et perpendiculaire au premier axe, est égale à $\lambda/16$.
4. Système radiofréquence selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un coefficient de transmission entre l'antenne principale (5) et le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement (6) est compris entre -15 dB et -6 dB.
5. Système radiofréquence selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les deux brins rayonnants (10) s'étendent successivement selon une longueur du circuit imprimé (8), et dans lequel le réflecteur (25) comprend une portion principale (26) qui s'étend sur la totalité de ladite longueur.
6. Système radiofréquence selon la revendication 5, dans lequel le réflecteur (25) comprend en outre deux portions secondaires (27) qui s'étendent chacune depuis une extrémité distincte de la portion principale en étant perpendiculaire à celle-ci.
7. Système radiofréquence selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque brin rayonnant (10) est connecté au circuit de commutation (17) par un guide d'onde coplanaire (16).
8. Système radiofréquence selon la revendication 7, dans lequel :

- les brins rayonnants (10), le réflecteur (25), les guides d'onde coplanaires (16) et le circuit de commutation (17) sont situés sur une première couche du circuit imprimé (8), les guides d'onde coplanaires et le circuit de commutation étant positionnés dans une portion centrale de la première couche, les brins rayonnants (10) s'étendant de part et d'autre de ladite portion centrale ;

- le circuit imprimé comprend un plan de masse principal (28) imprimé sur une deuxième couche du circuit imprimé, le plan de masse principal étant situé dans une portion centrale de la deuxième couche ;

- des pistes de masse (15) des guides d'onde coplanaires (16), un plan de masse (29) du circuit de commutation (17), ainsi que le réflecteur (25), étant connectés au plan de masse principal (28).

9. Système radiofréquence selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le circuit de commutation comprend un interrupteur unipolaire unidirectionnel (17).

10. Système radiofréquence selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre un support (60) en une seule pièce comprenant une première partie (61) agencée pour porter l'antenne principale (5) et une deuxième partie (62) agencée pour porter le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement (6), la deuxième partie (62) étant agencée pour pouvoir insérer et désinsérer manuellement le dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement (6).

11. Système radiofréquence selon l'une des revendications précédentes, comprenant une pluralité d'antennes principales (5) associées chacune à un dispositif d'adaptation de diagramme de rayonnement (6) distinct.

12. Système radiofréquence selon la revendication 11, les antennes principales étant agencées pour fonctionner selon la technique MIMO.

13. Equipement comprenant un système radiofréquence selon l'une des revendications précédentes.

14. Equipement selon la revendication 13, l'équipement étant un point d'accès.

15. Procédé de pilotage, mis en oeuvre par une unité de traitement (43) d'un équipement selon l'une des revendications 13 ou 14, et comprenant les étapes de :

- acquérir une consigne visant à configurer un diagramme de rayonnement du système radiofréquence selon le premier diagramme de rayonnement ou le deuxième diagramme de rayonnement ;

- produire une tension de commande qui dépend de ladite consigne, et appliquer ladite tension de commande en entrée du circuit de commutation.

16. Programme d'ordinateur comprenant des instructions qui conduisent une unité de traitement de l'équipement selon l'une des revendications 13 ou 14 à exécuter les étapes du procédé de pilotage selon la revendication 15.

17. Support d'enregistrement lisible par ordinateur, sur lequel est enregistré le programme d'ordinateur selon la revendication 16.

Fig. 1

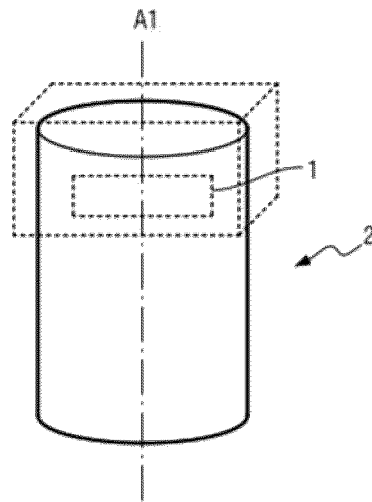


Fig. 2

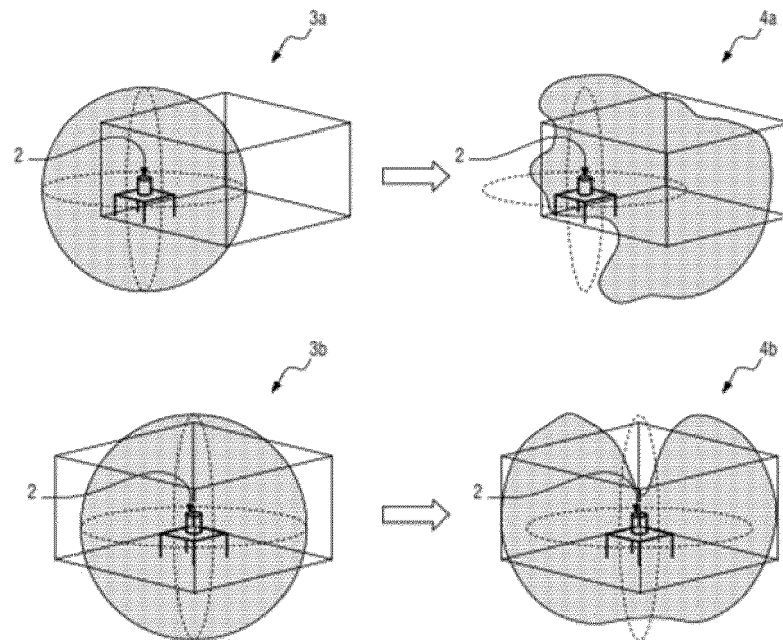


Fig. 3

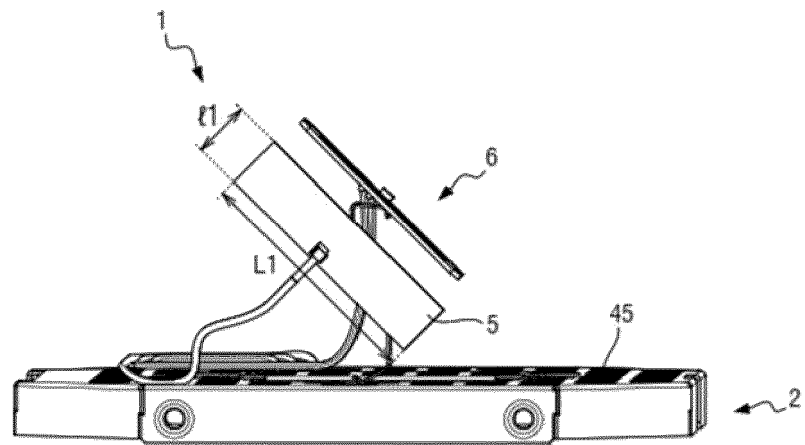


Fig. 4

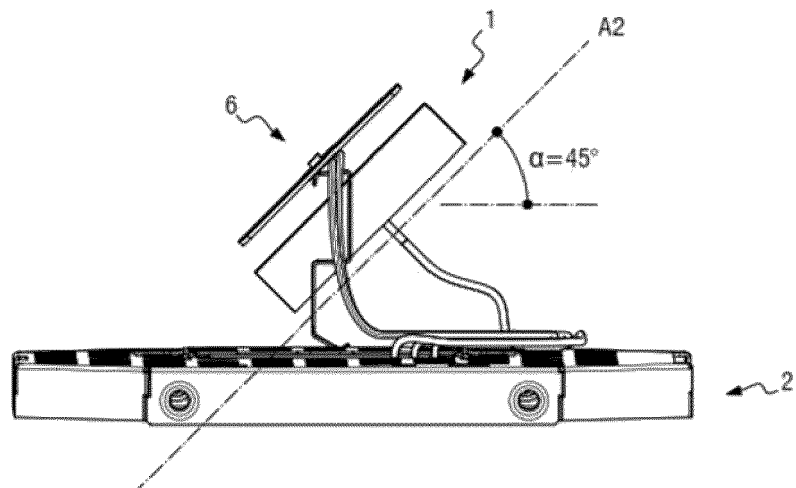


Fig. 5

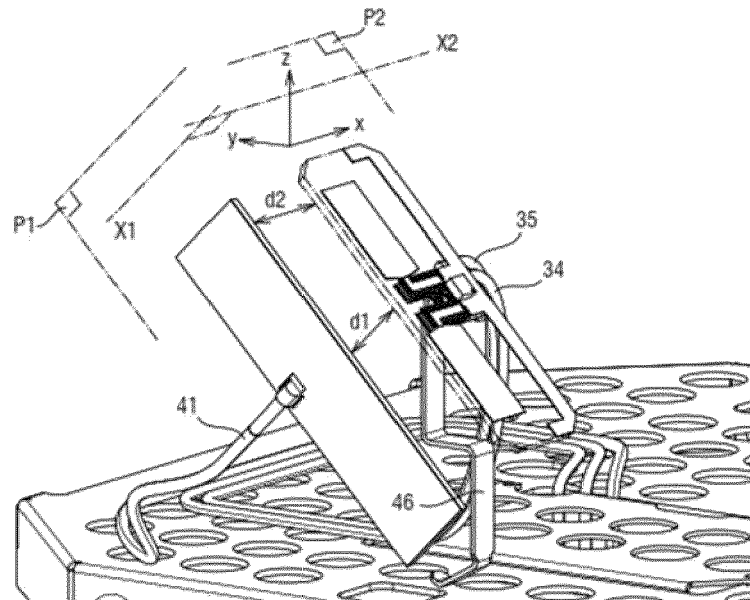


Fig. 6

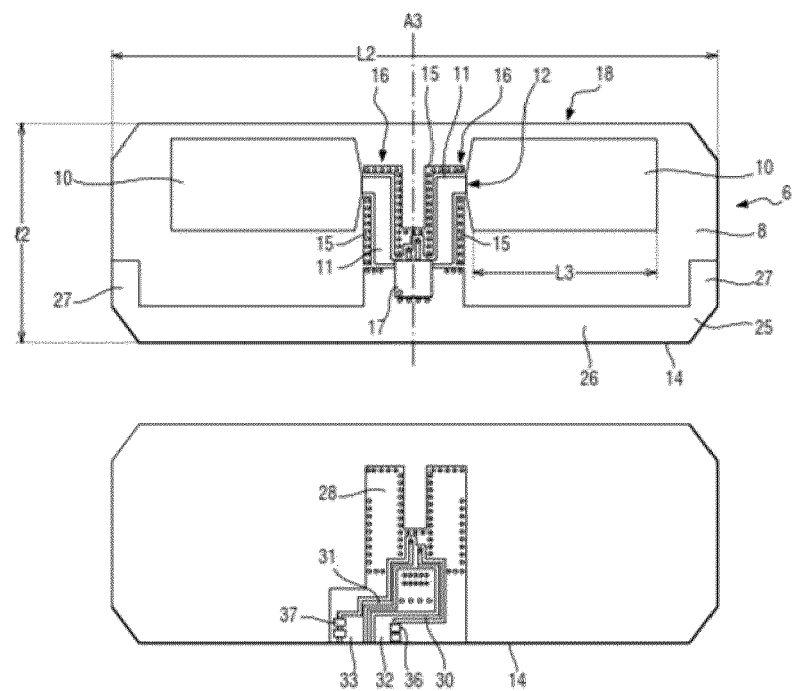


Fig. 7

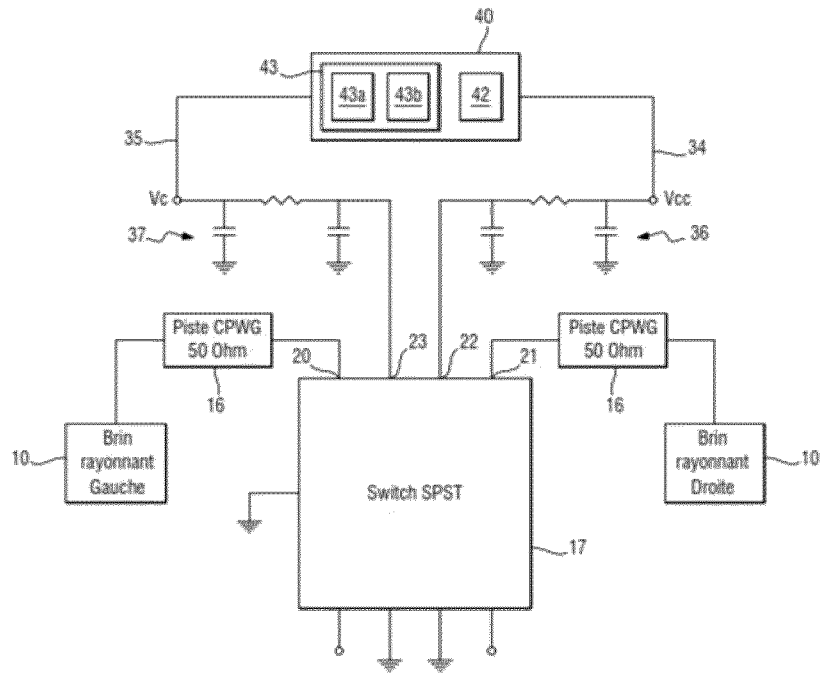


Fig. 8

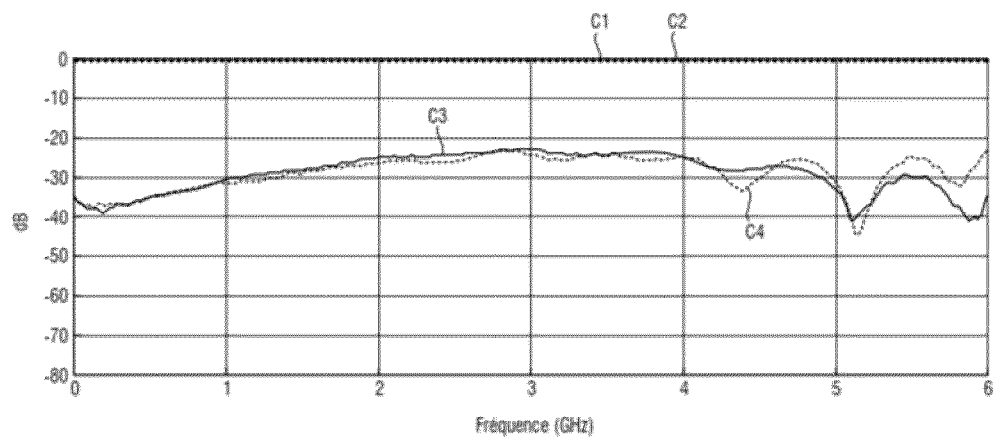


Fig. 9

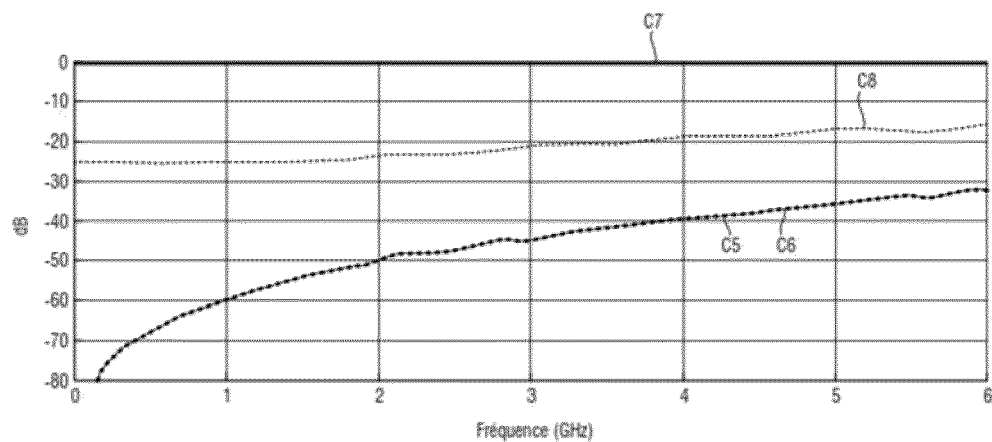


Fig. 10

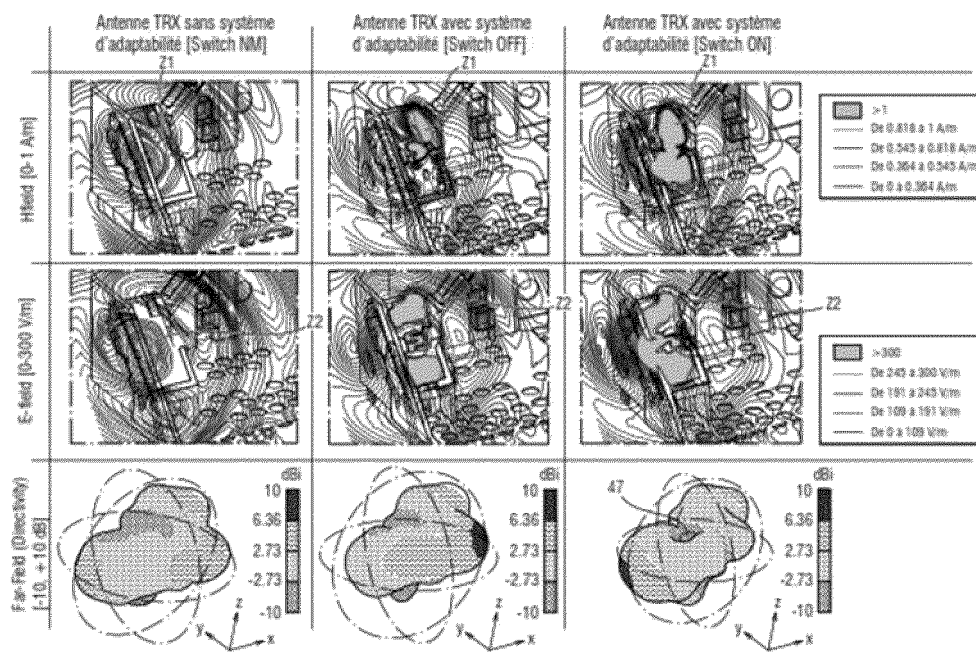


Fig. 11

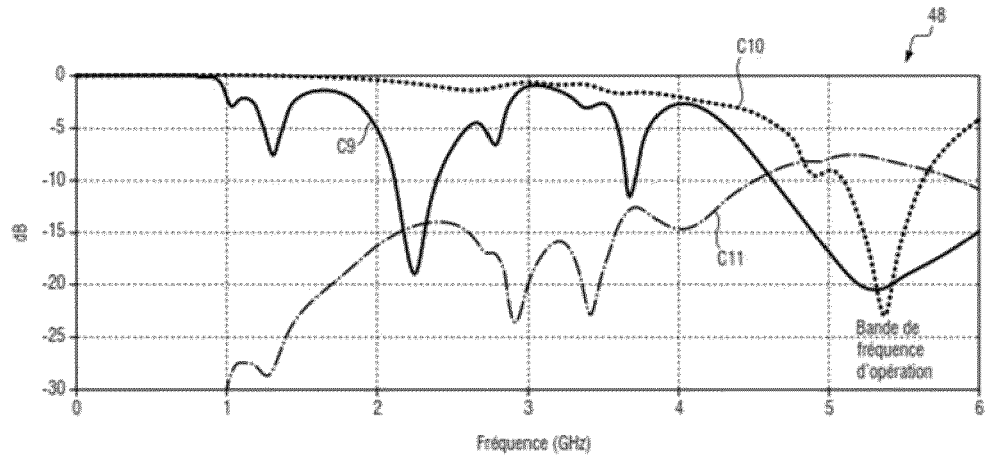


Fig. 12

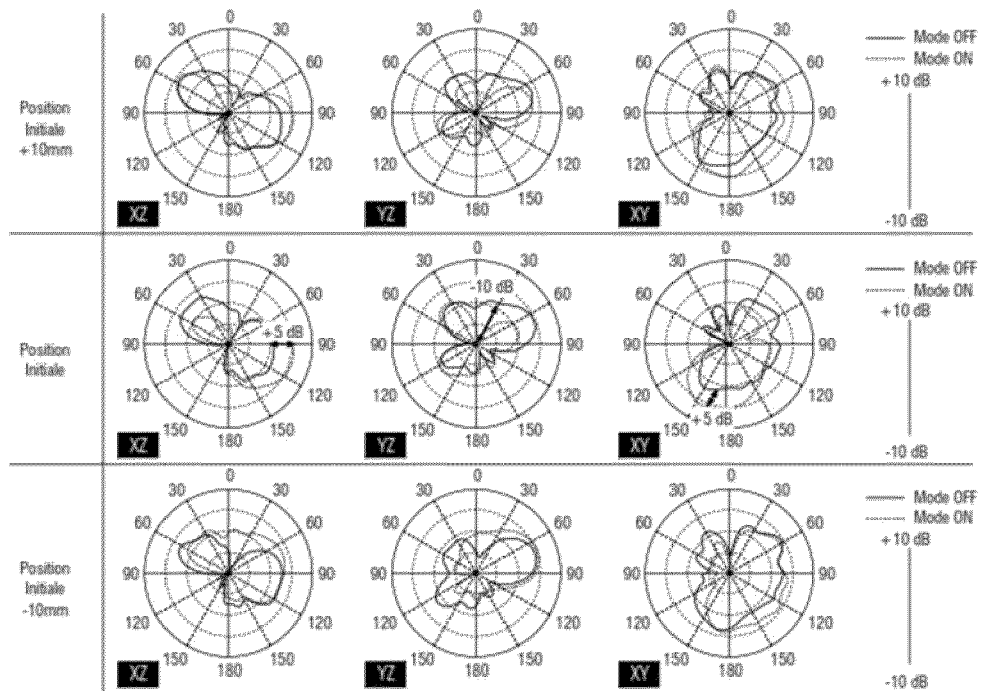


Fig. 13

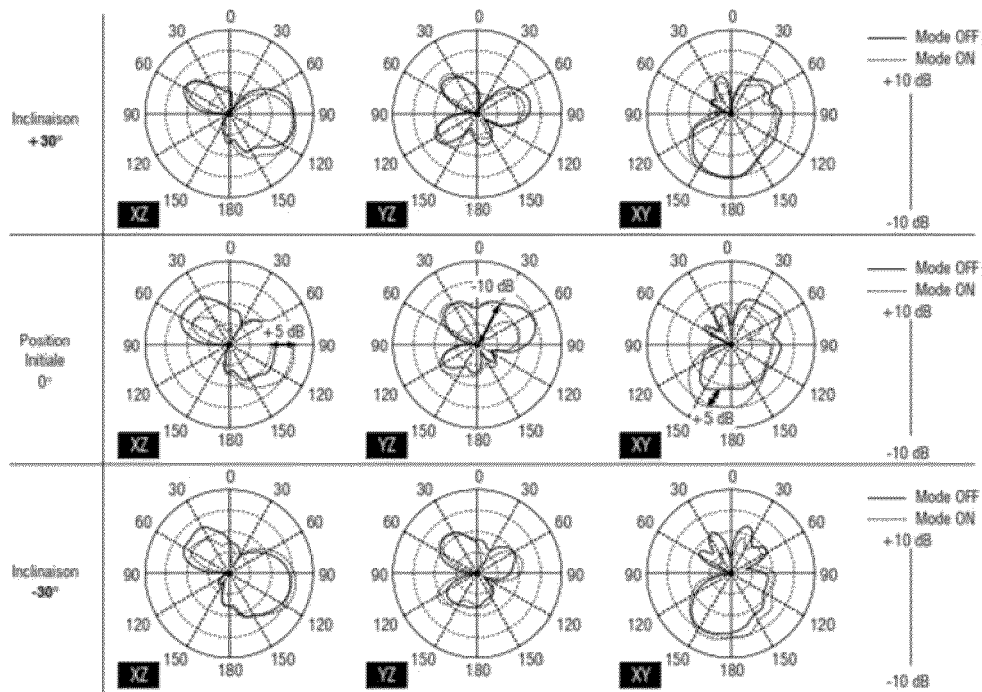


Fig. 14

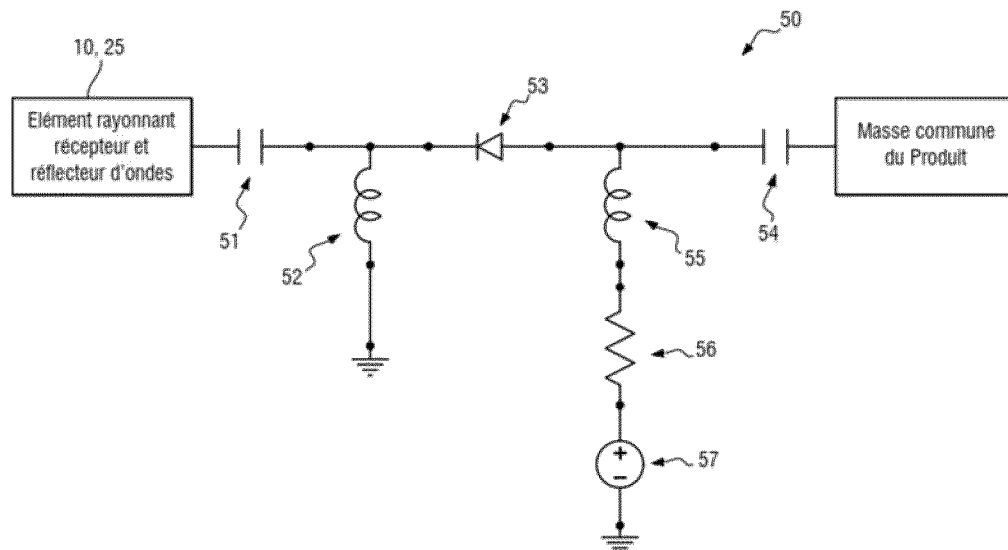


Fig. 15

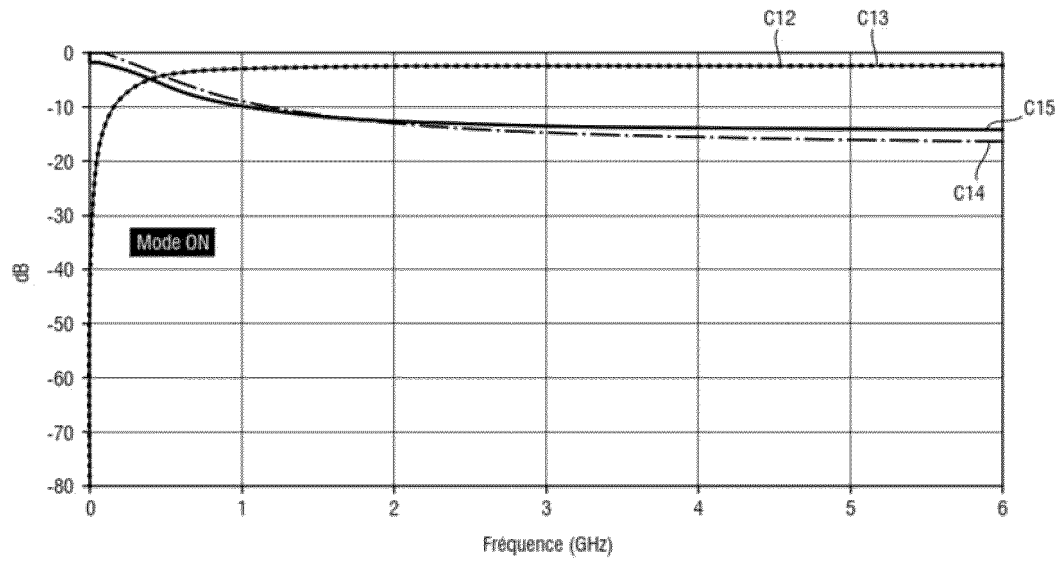


Fig. 16

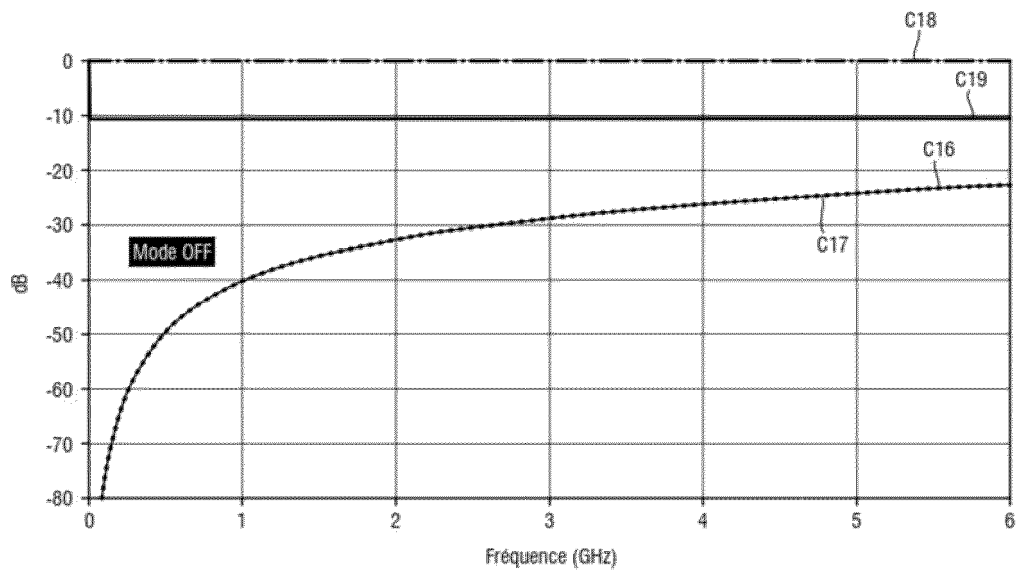


Fig. 17

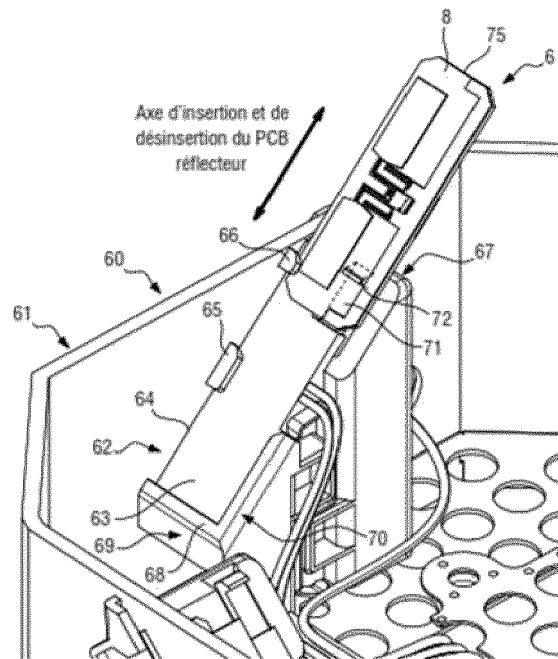


Fig. 18

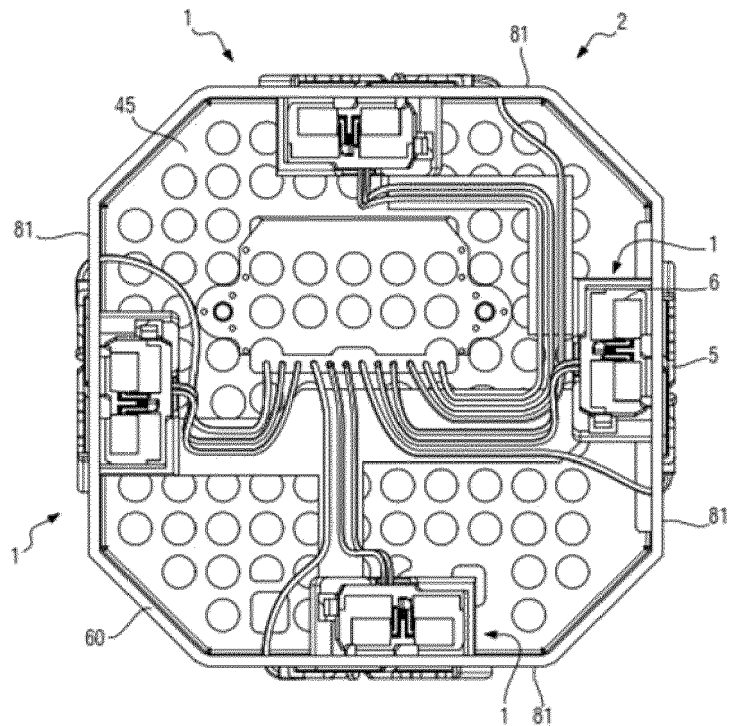
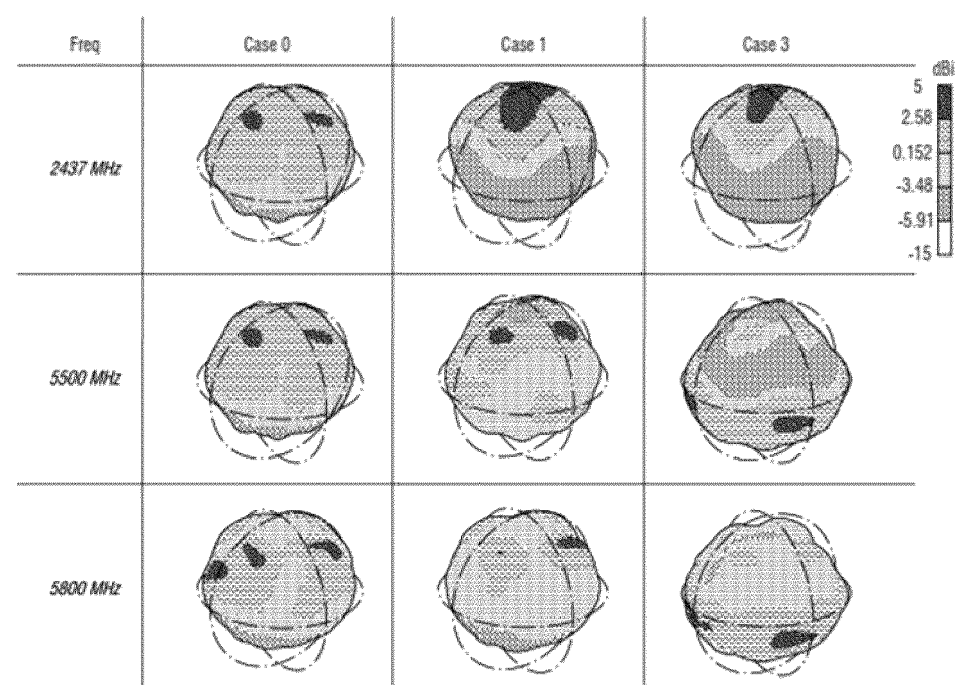


Fig. 19





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 18 4094

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2007/152893 A1 (CHIANG BING [US] ET AL) 5 juillet 2007 (2007-07-05)	1,4,9, 11-17	INV. H01Q1/22
A	* abrégé; figures 17A-17B * * alinéa [0061] - alinéa [0144] * -----	2,3,5-8, 10	H01Q1/24 H01Q3/44 H01Q19/28
X	US 2006/044205 A1 (LYNCH MICHAEL J [US] ET AL) 2 mars 2006 (2006-03-02)	1,4,9, 11-17	
A	* abrégé; figures 1-8 * * alinéa [0026] - alinéa [0053] * -----	2,3,5-8, 10	
X	US 2009/046019 A1 (SATO JUNJI [JP]) 19 février 2009 (2009-02-19)	1,4,9, 11-17	
A	* abrégé; figures 13A, 13B * * alinéa [0273] - alinéa [0282] * -----	2,3,5-8, 10	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01Q
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 7 novembre 2024	Examineur Vial, Antoine
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 24 18 4094

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.

07-11-2024

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2007152893 A1	05-07-2007	AU 2003208992 A1	02-09-2003
		BR 0307401 A	28-12-2004
		CA 2501227 A1	07-08-2003
		EP 1479131 A2	24-11-2004
		JP 2005517326 A	09-06-2005
		KR 20040073607 A	19-08-2004
		KR 20070058009 A	07-06-2007
		MX PA04007469 A	25-04-2005
		US 2004150568 A1	05-08-2004
		US 2005190115 A1	01-09-2005
US 2006044205 A1	02-03-2006	US 2007152893 A1	05-07-2007
		WO 03065500 A2	07-08-2003
		-----	-----
US 2009046019 A1	19-02-2009	TW I271894 B	21-01-2007
		US 2006044205 A1	02-03-2006
		WO 2006020923 A2	23-02-2006
US 2009046019 A1	19-02-2009	-----	-----
		EP 1814195 A1	01-08-2007
		JP 4372156 B2	25-11-2009
		JP WO2006038432 A1	15-05-2008
		US 2009046019 A1	19-02-2009
US 2009046019 A1	19-02-2009	WO 2006038432 A1	13-04-2006
		-----	-----

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