



(11)

EP 3 605 734 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
05.02.2020 Bulletin 2020/06

(51) Int Cl.:
H01Q 9/04 (2006.01) **H01Q 21/28** (2006.01)
H01Q 5/314 (2015.01)

(21) Numéro de dépôt: **19189717.2**

(22) Date de dépôt: **02.08.2019**

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

(72) Inventeurs:
• **PINTOS, Jean-François**
38054 Grenoble cedex 09 (FR)
• **DELAVERAUD, Christophe**
38054 Grenoble cedex 09 (FR)

(74) Mandataire: **Bonnet, Michel**
Cabinet Bonnet
93, rue Réaumur
75002 Paris (FR)

(30) Priorité: **02.08.2018 FR 1857245**

(71) Demandeur: **Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives**
75015 Paris (FR)

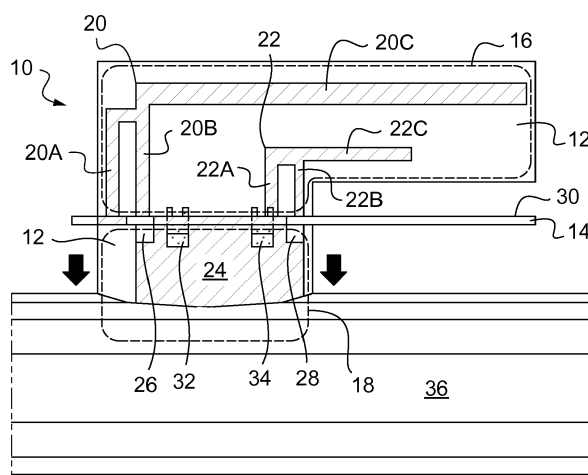
(54) **DISPOSITIF D'ANTENNE COMPORTANT AU MOINS DEUX ANTENNES À MÊME SUBSTRAT DE RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE**

(57) Ce dispositif d'antenne (10) comporte au moins deux antennes radioélectriques (20, 22), dont les ports de raccordement électrique (20A, 20B, 22A, 22B) sont disposés sur un même substrat (12), et des moyens (24, 26, 28) électriquement conducteurs de raccordement des ports (20A, 20B, 22A, 22B) desdites au moins deux antennes radioélectriques (20, 22) à un circuit électronique d'émission et/ou réception.

Chaque antenne radioélectrique (20, 22) est conformée pour présenter une désadaptation d'impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception

telle que son coefficient de réflexion en entrée ou en sortie soit supérieur à une valeur seuil prédéterminée en l'absence de toute réadaptation d'impédance. Mais les moyens électriquement conducteurs de raccordement (24, 26, 28) comportent des composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs (40, 42, 46) de réadaptation d'impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception, disposés pour ramener ledit coefficient de réflexion à une valeur inférieure à la valeur seuil prédéterminée.

Fig.1



Description

[0001] La présente invention concerne un dispositif d'antenne comportant au moins deux antennes à même substrat de raccordement électrique. Un tel dispositif est par exemple employé dans les systèmes de télécommunication à accès et bandes multiples.

[0002] Plus précisément, elle s'applique à un dispositif d'antenne comportant :

- au moins deux antennes radioélectriques dont les ports de raccordement électrique sont disposés sur un même substrat, et
- des moyens électriquement conducteurs de raccordement des ports desdites au moins deux antennes radioélectriques à un circuit électronique d'émission et/ou réception.

[0003] Généralement, pour un encombrement et des spécifications radioélectriques donnés, chaque antenne doit préalablement être conformée de manière à assurer une adaptation d'impédance de charge avec le circuit électronique d'émission et/ou réception, puis doit être raccordée au circuit électronique d'émission et/ou réception par tous moyens connus une fois que l'adaptation d'impédance est assurée. Le raccordement peut se faire par l'intermédiaire de filtres passe-bande eux-mêmes adaptés sur la même impédance de charge.

[0004] Mais dans ce type de dispositif à structure souvent très compacte, les antennes radioélectriques sont très rapprochées donc très couplées. Elles interfèrent électromagnétiquement entre elles et perturbent mutuellement leurs rayonnements et leurs niveaux d'adaptation. Ces perturbations nuisent aux performances du dispositif d'antenne.

[0005] Une solution technique pour éviter ou au moins limiter ces interférences ne peut pas être d'éloigner les antennes car cela nuit directement à la compacité du dispositif pour une efficacité limitée.

[0006] Dans l'article de Chen et al, intitulé « A decoupling technique for increasing the port isolation between two strongly coupled antennas », publié dans IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 56, n° 12, pages 3650-3658, décembre 2008, un circuit de découplage de deux antennes est ajouté à cette fin en amont de leurs ports de raccordement électrique et un bloc d'adaptation doit en outre être prévu pour chacune des deux voies en sortie du circuit de découplage. Dans la demande de brevet EP 2 466 684 A1, une ligne de neutralisation est ajoutée entre deux antennes afin d'améliorer le découplage en créant un chemin complémentaire aux courants induits dans la structure rayonnante.

[0007] Ces ajouts engendrent une certaine complexité du dispositif entre les deux antennes, voire un encombrement plus important.

[0008] Dans l'article de Chiu et al, intitulé « Réduction of mutual coupling between closely-packed antenna

elements », publié dans IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 55, n° 6, pages 1732-1738, juin 2007, la solution proposée est de créer des défauts dans le plan de masse entre les deux antennes afin d'entraver la propagation de courants sur celui-ci. Dans le brevet EP 2 808 946 B1, la solution proposée est de placer un dispositif de perturbation d'ondes électromagnétiques à structure de métamatériau entre les deux antennes.

[0009] Ces deux dernières solutions engendrent un certain encombrement entre les antennes.

[0010] Il peut ainsi être souhaité de prévoir un dispositif d'antenne compact qui permette de s'affranchir d'au moins une partie des problèmes et contraintes précités, notamment qui permette une réduction de perturbations entre antennes telles que celles mentionnées ci-dessus sans nuire à la compacité et à la simplicité du dispositif.

[0011] Il est donc proposé un dispositif d'antenne comportant :

- au moins deux antennes radioélectriques dont les ports de raccordement électrique sont disposés sur un même substrat, et
- des moyens électriquement conducteurs de raccordement des ports desdites au moins deux antennes radioélectriques à un circuit électronique d'émission et/ou réception.

dans lequel :

- chaque antenne radioélectrique est conformée pour présenter une désadaptation d'impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception telle que son coefficient de réflexion en entrée ou en sortie soit supérieur à une valeur seuil prédéterminée en l'absence de toute réadaptation d'impédance, et
- les moyens électriquement conducteurs de raccordement comportent des composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs de réadaptation d'impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception, disposés pour ramener ledit coefficient de réflexion à une valeur inférieure à la valeur seuil prédéterminée.

[0012] En désadaptant volontairement les antennes radioélectriques par conformation, ce qui est contraire à l'enseignement de l'état de la technique, et en les réadaptant au circuit électronique d'émission et/ou réception par insertion de simples composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs dans les moyens électriquement conducteurs de raccordement, il a été observé un effet supplémentaire inattendu : celui de découpler fonctionnellement les antennes radioélectriques. Etant donnée la simplicité des composants électriques qui peuvent être employés, ils n'ajoutent ni complexité ni encombrement significatifs.

[0013] De façon optionnelle, les composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs de réadaptation d'impédance comportent des condensateurs de raccor-

dement électrique de chaque antenne radioélectrique au circuit électronique d'émission et/ou réception.

[0014] De façon optionnelle également :

- les moyens électriquement conducteurs de raccordement comportent en outre une portion de plan de masse s'étendant sur ledit même substrat, et
- les composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs de réadaptation d'impédance comportent au moins un condensateur de raccordement électrique d'au moins l'une des antennes radioélectriques à cette portion de plan de masse.

[0015] De façon optionnelle également, la valeur seuil prédéterminée est de - 6 dB en valeurs logarithmiques, correspondant à une valeur seuil de tolérance en dessous de laquelle chaque antenne radioélectrique est considérée comme adaptée en impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception pour une application en téléphonie mobile.

[0016] De façon optionnelle également, la valeur seuil prédéterminée est comprise entre - 20 et - 30 dB en valeurs logarithmiques, correspondant à une valeur seuil de tolérance en dessous de laquelle chaque antenne radioélectrique est considérée comme adaptée en impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception pour une application en transmission satellite.

[0017] De façon optionnelle également, la réadaptation d'impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception se fait à $50 \Omega \pm 10\%$.

[0018] De façon optionnelle également, ladite au moins une antenne radioélectrique est au moins une antenne imprimée s'étendant sur au moins une face dudit même substrat, dans une première portion rayonnante de ce substrat.

[0019] De façon optionnelle également, lesdits moyens électriquement conducteurs de raccordement s'étendent dans une deuxième portion dudit même substrat, séparée de la première portion rayonnante par un plan de masse s'étendant dans un plan sécant d'un plan principal dans lequel s'étend ledit même substrat.

[0020] De façon optionnelle également, un dispositif d'antenne selon l'invention peut comporter une première antenne imprimée à basses fréquences opérant dans une première bande de fréquences électromagnétiques et une deuxième antenne imprimée à hautes fréquences opérant dans une deuxième bande de fréquences électromagnétiques toutes plus élevées que les fréquences électromagnétiques de la première bande de fréquences.

[0021] De façon optionnelle également :

- la première antenne imprimée à basses fréquences est raccordée électriquement au circuit électronique d'émission et/ou réception à l'aide d'un premier condensateur, dit capacité série, et à la portion de plan de masse à l'aide d'un deuxième condensateur, dit capacité parallèle, et

- la deuxième antenne imprimée à hautes fréquences est raccordée électriquement au circuit électronique d'émission et/ou réception à l'aide d'un troisième condensateur, dit capacité série.

[0022] L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement et en vue de face la structure générale des éléments principaux d'un dispositif d'antenne selon un mode de réalisation de l'invention, tel qu'inséré dans un support de type mât ou candélabre cylindrique,
- Les figures 2 et 3 représentent schématiquement respectivement deux détails de la figure 1,
- la figure 4 illustre en perspectives vue de dessus une réalisation concrète du dispositif d'antenne de la figure 1,
- la figure 5 illustre en perspective une installation comportant le dispositif d'antenne de la figure 4 fixé à un support,
- la figure 6 est un abaque de Smith illustrant le principe d'une réadaptation d'impédance d'antennes radioélectriques du dispositif d'antenne de la figure 1,
- les figures 7A et 7B sont des courbes comparatives de coefficients de transmission d'interférences entre antennes radioélectriques de dispositifs d'antennes respectivement selon l'état de l'art et selon l'invention, et
- les figures 8A et 8B sont des courbes comparatives de paramètres d'isolation intrinsèque de dispositifs d'antennes selon l'état de l'art et selon l'invention.

[0023] Le dispositif d'antenne 10 représenté schématiquement en vue de face sur la figure 1 comporte un premier substrat 12 qui s'étend dans un premier plan, celui de la figure. Il comporte en outre de façon optionnelle un deuxième substrat 14 qui s'étend dans un deuxième plan différent et sécant du premier plan, notamment un plan horizontal orthogonal à celui de la figure. Le deuxième substrat 14 présente par exemple un trou rectiligne traversé par le premier substrat 12, de sorte que ce dernier présente une première portion 16, située dans un premier demi-espace supérieur par rapport au deuxième plan du deuxième substrat 14, et une deuxième portion 18, située dans un deuxième demi-espace inférieur par rapport au deuxième plan du deuxième substrat 14. Les deux substrats sont par exemple en matériau de type FR-4 (de l'anglais « Flame Résistant 4 »), c'est-à-dire en composite de résine époxy renforcé de fibre de verre.

[0024] Sur la face avant visible et dans la première portion supérieure 16 du premier substrat 12, formant une première portion rayonnante de ce premier substrat 12, deux antennes radioélectriques 20 et 22 sont formées par impression métallique selon une technologie sérigra-

prique connue.

[0025] La plus grande des deux antennes radioélectriques, i.e. la première antenne imprimée 20, comporte deux bandes métalliques 20A, 20B s'étendant orthogonalement depuis le deuxième plan. Ces deux bandes métalliques 20A, 20B forment deux pieds reliés entre eux à leurs extrémités les plus distantes du deuxième plan par une portion de bande métallique supplémentaire, ainsi qu'à une autre bande métallique 20C s'étendant horizontalement en partie supérieure de la première portion rayonnante 16 du premier substrat 12. La configuration précise de cette première antenne imprimée 20, située la plus à gauche en face avant du premier substrat 12, ainsi que son dimensionnement restent concrètement à l'appréciation de l'homme du métier en fonction de l'application et du rayonnement visés. Elle opère à basses fréquences, dans une première bande de fréquences électromagnétiques prédéterminées. Les deux extrémités inférieures des deux bandes métalliques 20A et 20B, c'est-à-dire celles qui se trouvent au niveau du deuxième plan, constituent les deux ports de raccordement électrique de la première antenne imprimée 20.

[0026] La plus petite des deux antennes radioélectriques, i.e. la deuxième antenne imprimée 22, comporte elle aussi deux bandes métalliques 22A, 22B s'étendant orthogonalement depuis le deuxième plan. Ces deux bandes métalliques 22A, 22B sont plus courtes que les bandes métalliques 20A, 20B. Elles forment également deux pieds reliés entre eux à leurs extrémités les plus distantes du deuxième plan par une portion de bande métallique supplémentaire, ainsi qu'à une autre bande métallique 22C s'étendant horizontalement sous la bande métallique 20C dans la première portion rayonnante 16 du premier substrat 12. La bande métallique 22C est plus courte que la bande métallique 20C. La configuration précise de cette deuxième antenne imprimée 22, située la plus à droite en face avant du premier substrat 12, ainsi que son dimensionnement restent concrètement à l'appréciation de l'homme du métier en fonction de l'application et du rayonnement visés. Elle opère à hautes fréquences, dans une deuxième bande de fréquences électromagnétiques prédéterminées, par exemple toutes plus élevées que les fréquences électromagnétiques de la première bande de fréquences de la première antenne imprimée 20. Les deux extrémités inférieures des deux bandes métalliques 22A et 22B, c'est-à-dire celles qui se trouvent au niveau du deuxième plan, constituent les deux ports de raccordement électrique de la deuxième antenne imprimée 22.

[0027] Il en résulte que les ports de raccordement électrique des deux antennes radioélectriques 20 et 22 sont disposés sur le même premier substrat 12, plus précisément sur sa face avant visible.

[0028] Sur cette même face avant et dans la deuxième portion inférieure 18 du premier substrat 12, séparée éventuellement de la première portion rayonnante 16 par le deuxième substrat 14, des moyens électriquement conducteurs de raccordement des ports des deux anten-

nes radioélectriques 20 et 22 à un circuit électronique d'émission et/ou réception sont formés notamment par impression métallique selon la technologie sérigraphique précitée. Le circuit électronique d'émission et/ou réception est situé d'une façon générale dans le deuxième demi-espace inférieur par rapport au deuxième plan du deuxième substrat 14, mais il n'est pas représenté sur la figure 1 parce qu'il n'est pas utile à la bonne compréhension de l'invention.

[0029] Conformément à la présente invention, chaque antenne radioélectrique 20, 22 est en outre conformée pour présenter une désadaptation d'impédance avec ce circuit électronique d'émission et/ou réception telle que son coefficient de réflexion en entrée ou en sortie soit supérieur à une valeur seuil prédéterminée en l'absence de toute réadaptation d'impédance. En général, l'impédance d'entrée/sortie du circuit électronique d'émission et/ou réception est par convention égale à $50 \Omega \pm 10\%$. Quant à la valeur seuil choisie pour désadapter chaque antenne, elle dépend de l'application visée. Elle est par exemple de - 6 dB en valeurs logarithmiques pour une application en téléphonie mobile, correspondant à une valeur seuil de tolérance en dessous de laquelle chaque antenne radioélectrique est considérée comme adaptée en impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception pour une telle application. En variante, elle peut être comprise entre - 20 et - 30 dB en valeurs logarithmiques pour une application en transmission satellite, correspondant à une valeur seuil de tolérance en dessous de laquelle chaque antenne radioélectrique est considérée comme adaptée en impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception pour une telle application. Conformer chaque antenne précisément pour réaliser la désadaptation d'impédance souhaitée en fonction de la valeur seuil choisie est à la portée de l'homme du métier, de sorte que cette opération ne sera pas détaillée.

[0030] Les moyens électriquement conducteurs de raccordement sont conçus pour connecter chaque antenne 20, 22 au circuit électronique d'émission et/ou réception et à un plan de masse. Ils comportent ainsi une portion de plan de masse métallique 24 formée par impression métallique sur la face avant et/ou arrière de la deuxième portion inférieure 18 du premier substrat 12. Ils comportent en outre un premier bloc fonctionnel 26 de raccordement de la première antenne imprimée 20 au circuit électronique d'émission et/ou réception et un deuxième bloc fonctionnel 28 de raccordement de la deuxième antenne imprimée 22 au circuit électronique d'émission et/ou réception.

[0031] Plus précisément, en ce qui concerne la première antenne imprimée 20, son premier port de raccordement électrique situé en partie inférieure du pied d'antenne 20A est en contact électrique avec la portion de plan de masse métallique 24. Ce contact électrique n'est pas détaillé dans la figure 1 : il peut se faire au niveau du deuxième plan du deuxième substrat 14 et via la face arrière du premier substrat 12. Son deuxième port de

raccordement électrique situé en partie inférieure du pied d'antenne 20B est raccordé au circuit électronique d'émission et/ou réception par le premier bloc fonctionnel 26. Conformément à la présente invention, ce premier bloc fonctionnel 26 comporte des composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs de réadaptation d'impédance de la première antenne imprimée 20 avec le circuit électronique d'émission et/ou réception, ces composants étant disposés pour ramener le coefficient de réflexion en entrée ou en sortie de la première antenne imprimée 20 à une valeur inférieure à la valeur seuil prédéterminée, par exemple en le réduisant d'au moins 1 dB.

[0032] Plus précisément également, en ce qui concerne la deuxième antenne imprimée 22, son premier port de raccordement électrique situé en partie inférieure du pied d'antenne 22A est en contact électrique avec la portion de plan de masse métallique 24, par exemple par continuité d'impression métallique comme cela est bien visible sur la face avant du premier substrat 12 tel qu'illustré sur la figure 1. Son deuxième port de raccordement électrique situé en partie inférieure du pied d'antenne 22B est raccordé au circuit électronique d'émission et/ou réception par le deuxième bloc fonctionnel 28. Conformément à la présente invention, ce deuxième bloc fonctionnel 28 comporte des composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs de réadaptation d'impédance de la deuxième antenne imprimée 22 avec le circuit électronique d'émission et/ou réception, ces composants étant disposés pour ramener le coefficient de réflexion en entrée ou en sortie de la deuxième antenne imprimée 22 à une valeur inférieure à la valeur seuil prédéterminée, par exemple en le réduisant d'au moins 1 dB.

[0033] Le deuxième substrat 14, dont la fonction peut être de constituer le référentiel de masse pour le dispositif d'antenne 10 tout en isolant électromagnétiquement autant que possible la première portion supérieure rayonnante 16 de la deuxième portion inférieure 18, présente une face, dite face supérieure parce que c'est celle qui est orientée du côté du premier demi-espace supérieur dans lequel sont situées les deux antennes radioélectriques 20 et 22, sur laquelle est formé un plan de masse 30 par impression métallique. Grâce à la présence du trou rectiligne traversé par le premier substrat 12, le plan de masse 30 n'est pas en contact électrique direct avec les deux antennes radioélectriques 20 et 22. Le contact est établi à l'aide de broches de raccordement électrique dont deux paires 32 et 34 sont représentées sur la figure 1. Une première paire de broches 32 est disposée au voisinage des ports de raccordement électrique de la première antenne imprimée 20. Elle comporte deux broches, raccordées électriquement entre elles à l'aide d'éléments mâles et femelles de façon connue en soi, dont l'une est disposée et connectée électriquement à la portion de plan de masse métallique 24 du premier substrat 12 et l'autre au plan de masse 30 du deuxième substrat 14. Une deuxième paire de broches 34 est disposée de la même façon au voisinage des ports de raccordement électrique de la deuxième antenne imprimée 22. D'autres

broches de raccordement électrique peuvent être ajoutées pour le raccordement d'autres éléments, par exemple des éléments du circuit électronique d'émission et/ou réception, au plan de masse 30 du deuxième substrat 14.

[0034] Conformément à l'exemple non limitatif illustré sur la figure 1, la deuxième portion inférieure 18 du premier substrat 12 du dispositif d'antenne 10 est à insérer, selon la direction indiquée par les deux flèches pleines verticales orientées vers le bas, dans une fente correspondante d'un support 36 tel qu'un mât ou candélabre cylindrique. C'est parce que le support 36 peut être métallique que le deuxième substrat 14 peut devoir, selon l'application envisagée, remplir une fonction d'isolation électromagnétique du demi-espace supérieur rayonnant contre toute interférence électromagnétique due à la proximité du support. C'est aspect ne fait cependant pas l'objet de la présente invention.

[0035] Le premier bloc fonctionnel 26 est illustré en détail sur la figure 2. Il comporte un premier port métallique 38, en face avant du premier substrat 12, de raccordement au circuit électronique d'émission et/ou réception. Il comporte en outre un premier condensateur 40, dit capacité série, reliant le deuxième port de raccordement électrique de la première antenne imprimée 20 situé en partie inférieure du pied d'antenne 20B au premier port métallique 38. Il comporte en outre un deuxième condensateur 42, dit capacité parallèle, reliant le deuxième port de raccordement électrique de la première antenne imprimée 20 situé en partie inférieure du pied d'antenne 20B à la portion de plan de masse 24.

[0036] Le deuxième bloc fonctionnel 28 est illustré en détail sur la figure 3. Il comporte un deuxième port métallique 44, en face avant du premier substrat 12, de raccordement au circuit électronique d'émission et/ou réception. Il comporte en outre un troisième condensateur 46, dit capacité série, reliant le deuxième port de raccordement électrique de la deuxième antenne imprimée 22 situé en partie inférieure du pied d'antenne 22B au deuxième port métallique 44.

[0037] Grâce aux composants électriques 40, 42 et 46, en choisissant de façon appropriée et connue en soi leurs caractéristiques R (résistance), L (inductance) et C (capacité), il est simple et peu encombrant de réadapter l'impédance des deux antennes 20 et 22 à celle du circuit électronique d'émission et/ou réception. En outre, comme cela sera vu en référence aux figures 7A à 8B, cette réadaptation d'impédance permet en même temps d'améliorer le découplage et l'isolation intrinsèque électromagnétique des deux antennes 20 et 22.

[0038] Comme illustré sur la figure 4 en perspective vue de dessus, il est concrètement avantageux d'intégrer le dispositif d'antenne 10 dans un boîtier protecteur 48 (représenté transparent pour une meilleure visibilité du dispositif 10), seule au moins une partie de la deuxième portion inférieure 18 sortant sous le boîtier 48 pour son insertion dans le support 36. Il s'agit généralement d'un radôme en matière plastique. La figure 4 illustre également des moyens classiques 50 à vis latérales de fixation

du radôme 48 sur le support 36 ainsi que le trou rectiligne 52 du deuxième substrat 14 traversé par le premier substrat 12.

[0039] La figure 5 illustre en perspective une installation comportant le dispositif d'antenne 10, intégré dans le radôme 48 et donc non visible sur cette figure, tel que fixé par vissage sur le support 36. On y voit que la mise en oeuvre de la présente invention permet de conserver une très bonne compacité de l'ensemble.

[0040] Des tests ont été effectués pour une première antenne imprimée 20 conformée et dimensionnée pour opérer dans la bande passante [865 ; 870] MHz, pour une deuxième antenne imprimée 22 conformée et dimensionnée pour opérer dans la bande passante [2,4000 ; 2,4835] GHz et pour une valeur seuil de réadaptation d'antenne à - 6 dB.

[0041] La figure 6 illustre un abaque de Smith dans lequel sont disposés des lieux d'impédance possibles pour les deux antennes 20 et 22. Une première courbe C1 représente les lieux d'impédance possibles pour la première antenne imprimée 20 : on y a noté le point m1 qui localise l'impédance caractéristique de la première antenne imprimée 20 à 865 MHz et le point m2 qui la localise à 870 MHz. Une deuxième courbe C2 représente les lieux d'impédance possibles pour la deuxième antenne imprimée 22 : on y a noté le point m3 qui localise l'impédance caractéristique de la deuxième antenne imprimée 22 à 2,4000 GHz et le point m4 qui la localise à 2,4835 GHz. L'abaque est normalisé et dimensionné pour être centré sur une adaptation d'impédance à 50 Ω . On remarque que, conformément à la présente invention, les antennes 20 et 22 ont été volontairement désadaptées en un lieu C3 éloigné du centre de l'abaque. Les deux flèches en trait plein épais illustrées sur cet abaque illustrent la réadaptation d'impédance réalisée par l'ajout des composants électriques 40, 42 et 46 comme indiqué précédemment.

[0042] La figure 7A illustre une courbe de coefficients de transmission d'interférences S_{12} mesurés entre deux antennes du dispositif d'antenne 10 lorsque ces dernières sont conformées pour être adaptées à l'impédance du circuit électronique d'émission et/ou réception dans les deux bandes passantes [865 ; 870] MHz et [2,4000 ; 2,4835] GHz, c'est-à-dire conçues conformément à l'état de la technique, et lorsque les raccordements au circuit électronique d'émission et/ou réception et à la portion de plan de masse 24 sont directs sans composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs de réadaptation d'impédance.

[0043] La figure 7B illustre la même courbe de coefficients de transmission d'interférences S_{12} mesurés entre les deux antennes 20 et 22 du dispositif d'antenne 10 lorsque ces dernières sont conformes aux mesures de l'abaque de Smith de la figure 6, c'est-à-dire lorsqu'elles sont dans les deux bandes passantes [865 ; 870] MHz et [2,4000 ; 2,4835] GHz, désadaptées par conformation, puis réadaptées à l'aide des composants électriques 40, 42 et 46. La réduction des coefficients de transmission

S_{12} y est très nette. Dans les fréquences basses de la bande passante [865 ; 870] MHz la courbe n'est même plus visible sur le diagramme, ce qui signifie que les coefficients de transmission restent inférieurs à -30 dB. Dans les fréquences hautes de la bande passante [2,4000 ; 2,4835] GHz la courbe est passée d'environ -7 dB à moins de -18 dB. Ces mesures sont révélatrices d'un découplage amélioré des antennes 20 et 22 dans le dispositif 10 par rapport à des antennes adaptées en impédance de l'état de la technique conformées pour les mêmes fréquences dans le même dispositif 10.

[0044] La figure 8A illustre deux courbes comparatives de valeurs d'un paramètre d'isolation intrinsèque du dispositif d'antenne 10. La courbe inférieure mesure les valeurs d'isolation intrinsèque pour deux antennes conformées pour être adaptées à l'impédance du circuit électronique d'émission et/ou réception dans les deux bandes passantes [865 ; 870] MHz et [2,4000 ; 2,4835] GHz, c'est-à-dire conçues conformément à l'état de la technique, et lorsque les raccordements au circuit électronique d'émission et/ou réception et à la portion de plan de masse 24 sont directs sans composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs de réadaptation d'impédance. La courbe supérieure mesure ce que deviennent les valeurs d'isolation intrinsèque pour les deux antennes 20 et 22 lorsqu'elles sont conformes aux mesures de l'abaque de Smith de la figure 6, c'est-à-dire lorsqu'elles sont dans les deux bandes passantes [865 ; 870] MHz et [2,4000 ; 2,4835] GHz, désadaptées par conformation, puis réadaptées à l'aide des composants électriques 40, 42 et 46. A 860 MHz, c'est-à-dire au voisinage de la bande passante [865 ; 870] MHz, le gain en isolation intrinsèque est de 6 dB (on passe de 7 à 13 dB). A 2,44 GHz, c'est-à-dire dans la bande passante [2,4000 ; 2,4835] GHz, le gain en isolation intrinsèque est de 2 dB (on passe de 4 à 6 dB). Ces mesures sont révélatrices d'un découplage amélioré des antennes 20 et 22 dans le dispositif 10 par rapport à des antennes adaptées en impédance de l'état de la technique conformées pour les mêmes fréquences dans le même dispositif 10.

[0045] La figure 8B illustre également deux courbes comparatives de valeurs d'un paramètre d'isolation intrinsèque du dispositif d'antenne 10. La courbe inférieure mesure les valeurs d'isolation intrinsèque pour les deux antennes 20 et 22 lorsqu'elles sont conformes aux mesures de l'abaque de Smith de la figure 6, c'est-à-dire lorsqu'elles sont dans les deux bandes passantes [865 ; 870] MHz et [2,4000 ; 2,4835] GHz et désadaptées par conformation, mais sans réadaptation, c'est-à-dire sans les composants électriques 40, 42 et 46. La courbe supérieure mesure ce que deviennent les valeurs d'isolation intrinsèque pour les deux antennes 20 et 22 lorsqu'elles sont conformes aux mesures de l'abaque de Smith de la figure 6 et lorsqu'elles sont réadaptées à l'aide des composants électriques 40, 42 et 46. A 860 MHz, c'est-à-dire au voisinage de la bande passante [865 ; 870] MHz, le gain en isolation intrinsèque est de 6 dB (on passe de 7 à 13 dB). A 2,44 GHz, c'est-à-dire

dans la bande passante [2,4000 ; 2,4835] GHz, le gain en isolation intrinsèque est de 3 dB (on passe de 3 à 6 dB). Par comparaison avec celles de la figure 8A, ces nouvelles mesures sont révélatrices du fait que le découplage amélioré des antennes 20 et 22 dans le dispositif 10 est vraiment essentiellement dû à l'ajout des composants électriques 40, 42 et 46.

[0046] Il apparaît clairement qu'un dispositif d'antenne tel que celui décrit précédemment permet de préserver les performances radioélectriques individuelles des antennes qu'il comporte en les découplant simplement tout en conservant une très bonne compacité. Les mesures des figures 7A à 8B montrent que la désadaptation des antennes 20 et 22 et leur réadaptation au circuit à l'aide des composants électriques 40, 42 et 46 réalisent efficacement ce découplage. On peut également observer et mesurer un meilleur rendement de rayonnement en basses et hautes fréquences.

[0047] Cette propriété est tout particulièrement appréciable lorsque le dispositif d'antenne est destiné à être intégré dans un boîtier compact tel que celui de la figure 4, par exemple pour être ensuite fixé sur un support tel que celui de la figure 5.

[0048] On notera par ailleurs que l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit précédemment.

[0049] Notamment, les composants électriques 40, 42 et 46 décrits précédemment sont des condensateurs, mais d'autres composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs peuvent être utilisés pour réaliser la réadaptation découplante, en particulier d'autres composants électriques capacitifs et/ou inductifs.

[0050] Deux antennes radioélectriques ont été décrites dans le dispositif d'antenne 10, mais les principes de la présente invention sont aisément généralisables à un dispositif d'antenne à plus de deux antennes radioélectriques.

[0051] Les antennes précitées 20 et 22 sont imprimées en technologie sérigraphique, mais d'autres types d'antennes sont compatibles avec la présente invention, à condition qu'elles soient à ports de raccordement électrique disposés sur un même substrat.

[0052] Les antennes précitées 20 et 22 sont en outre imprimées sur une même face de substrat, mais des antennes imprimées sur deux faces différentes d'un même substrat conviennent également.

[0053] Il apparaîtra plus généralement à l'homme de l'art que diverses modifications peuvent être apportées au mode de réalisation décrit ci-dessus, à la lumière de l'enseignement qui vient de lui être divulgué. Dans la présentation détaillée de l'invention qui est faite précédemment, les termes utilisés ne doivent pas être interprétés comme limitant l'invention au modes de réalisation exposé dans la présente description, mais doivent être interprétés pour y inclure tous les équivalents dont la prévision est à la portée de l'homme de l'art en appliquant ses connaissances générales à la mise en oeuvre de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.

Revendications

1. Dispositif d'antenne (10) comportant :

- au moins deux antennes radioélectriques (20, 22) dont les ports de raccordement électrique (20A, 20B, 22A, 22B) sont disposés sur un même substrat (12),
- des moyens (24, 26, 28) électriquement conducteurs de raccordement des ports (20A, 20B, 22A, 22B) desdites au moins deux antennes radioélectriques (20, 22) à un circuit électronique d'émission et/ou réception,

caractérisé en ce que :

- chaque antenne radioélectrique (20, 22) est conformée pour présenter une désadaptation d'impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception telle que son coefficient de réflexion en entrée ou en sortie soit supérieur à une valeur seuil prédéterminée en l'absence de toute réadaptation d'impédance, et
- les moyens électriquement conducteurs de raccordement (24, 26, 28) comportent des composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs (40, 42, 46) de réadaptation d'impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception, disposés pour ramener ledit coefficient de réflexion à une valeur inférieure à la valeur seuil prédéterminée.

2. Dispositif d'antenne (10) selon la revendication 1, dans lequel les composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs (40, 42, 46) de réadaptation d'impédance comportent des condensateurs (40, 46) de raccordement électrique de chaque antenne radioélectrique (20, 22) au circuit électronique d'émission et/ou réception.

3. Dispositif d'antenne (10) selon la revendication 2, dans lequel :

- les moyens électriquement conducteurs de raccordement (24, 26, 28) comportent en outre une portion de plan de masse (24) s'étendant sur ledit même substrat (12), et
- les composants électriques capacitifs, inductifs et/ou résistifs (40, 42, 46) de réadaptation d'impédance comportent au moins un condensateur (42) de raccordement électrique d'au moins l'une des antennes radioélectriques (20) à cette portion de plan de masse (24).

4. Dispositif d'antenne (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la valeur seuil prédéterminée est de - 6 dB en valeurs logarithmiques, correspondant à une valeur seuil de tolérance en

dessous de laquelle chaque antenne radioélectrique (20, 22) est considérée comme adaptée en impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception pour une application en téléphonie mobile.

5

5. Dispositif d'antenne (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la valeur seuil prédéterminée est comprise entre - 20 et - 30 dB en valeurs logarithmiques, correspondant à une valeur seuil de tolérance en dessous de laquelle chaque antenne radioélectrique (20, 22) est considérée comme adaptée en impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception pour une application en transmission satellite. 10
6. Dispositif d'antenne (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la réadaptation d'impédance avec le circuit électronique d'émission et/ou réception se fait à $50 \Omega \pm 10\%$. 15
7. Dispositif d'antenne (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel ladite au moins une antenne radioélectrique (20, 22) est au moins une antenne imprimée s'étendant sur au moins une face dudit même substrat (12), dans une première portion rayonnante (16) de ce substrat. 20
8. Dispositif d'antenne (10) selon la revendication 7, dans lequel lesdits moyens électriquement conducteurs de raccordement (24, 26, 28) s'étendent dans une deuxième portion (18) dudit même substrat (12), séparée de la première portion rayonnante (16) par un plan de masse (30) s'étendant dans un plan sécant d'un plan principal dans lequel s'étend ledit même substrat (12). 25
9. Dispositif d'antenne (10) selon la revendication 7 ou 8, comportant une première antenne imprimée à basses fréquences (20) opérant dans une première bande de fréquences électromagnétiques et une deuxième antenne imprimée à hautes fréquences (22) opérant dans une deuxième bande de fréquences électromagnétiques toutes plus élevées que les fréquences électromagnétiques de la première bande de fréquences. 30
10. Dispositif d'antenne (10) selon la revendication 9, dans lequel : 35
 - la première antenne imprimée à basses fréquences (20) est raccordée électriquement au circuit électronique d'émission et/ou réception à l'aide d'un premier condensateur (40), dit capacité série, et à la portion de plan de masse (24) à l'aide d'un deuxième condensateur (42), dit capacité parallèle, et 40
 - la deuxième antenne imprimée à hautes fréquences (22) est raccordée électriquement au 45

circuit électronique d'émission et/ou réception à l'aide d'un troisième condensateur (46), dit capacité série.

Fig.1

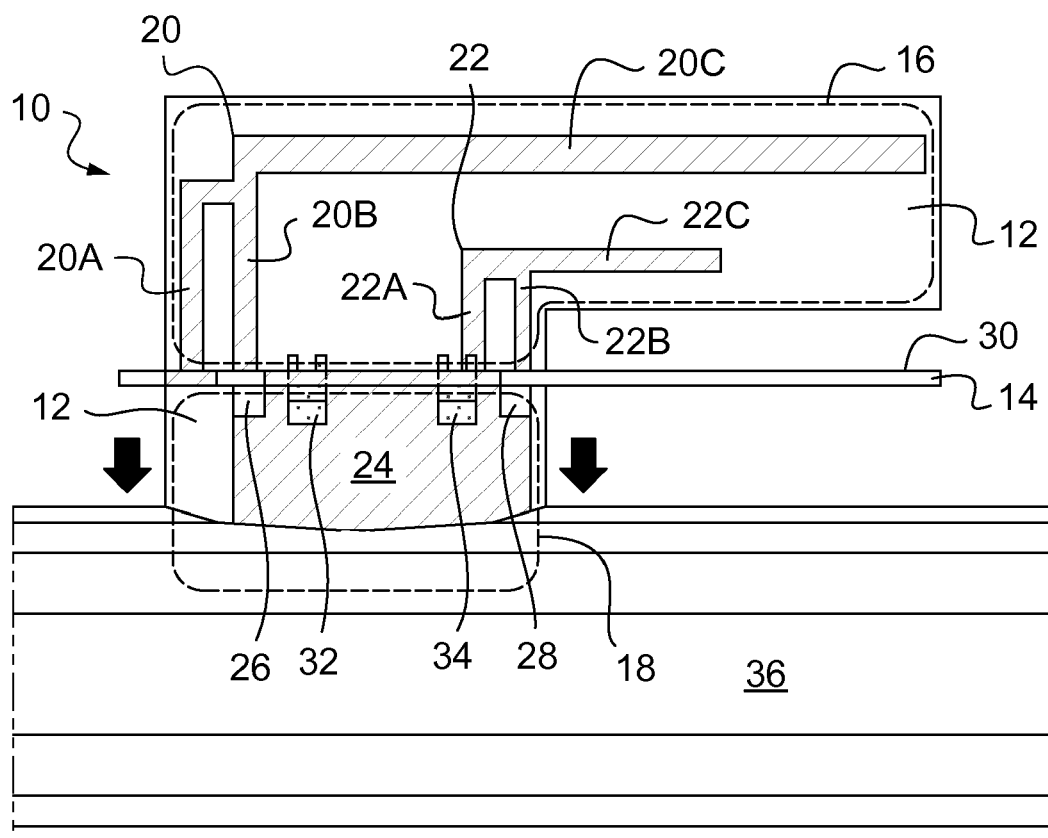


Fig.2

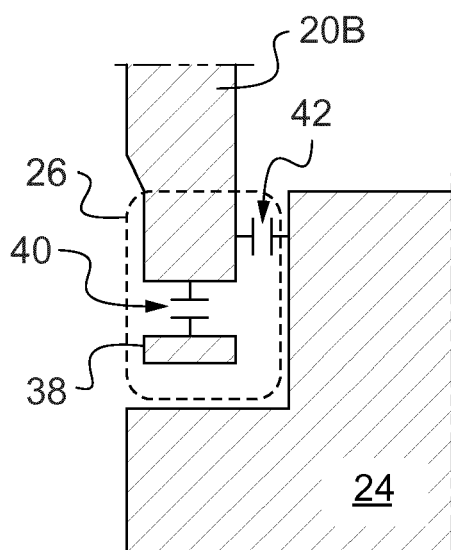


Fig.3

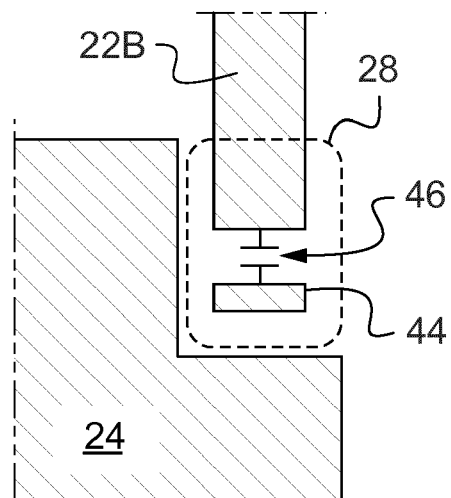


Fig.4

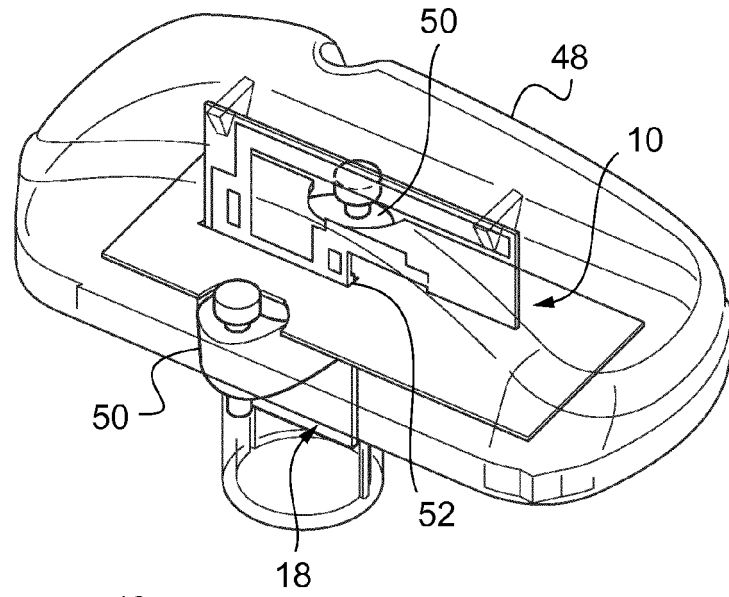


Fig.5

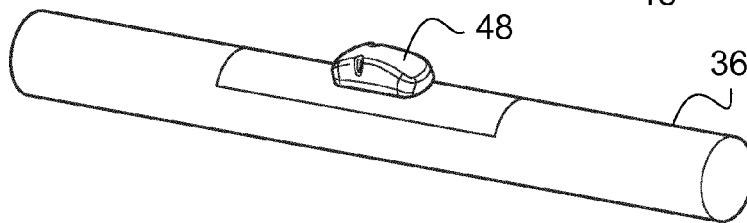


Fig.6

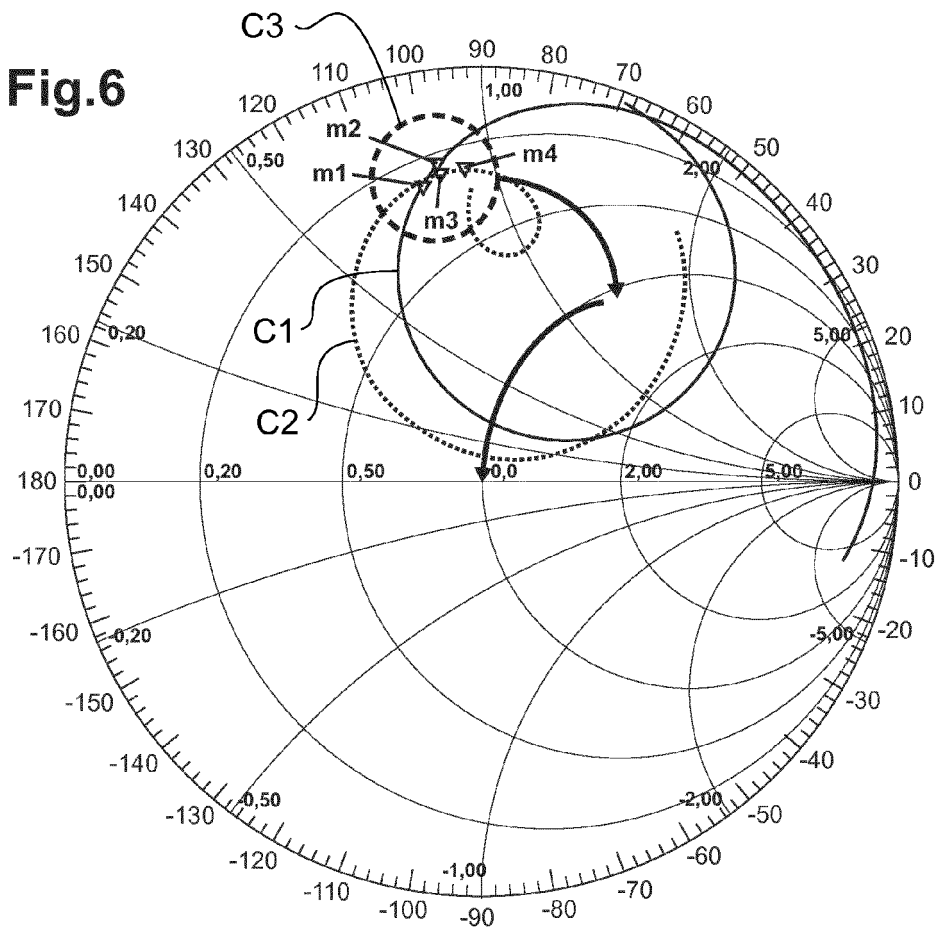


Fig.7A

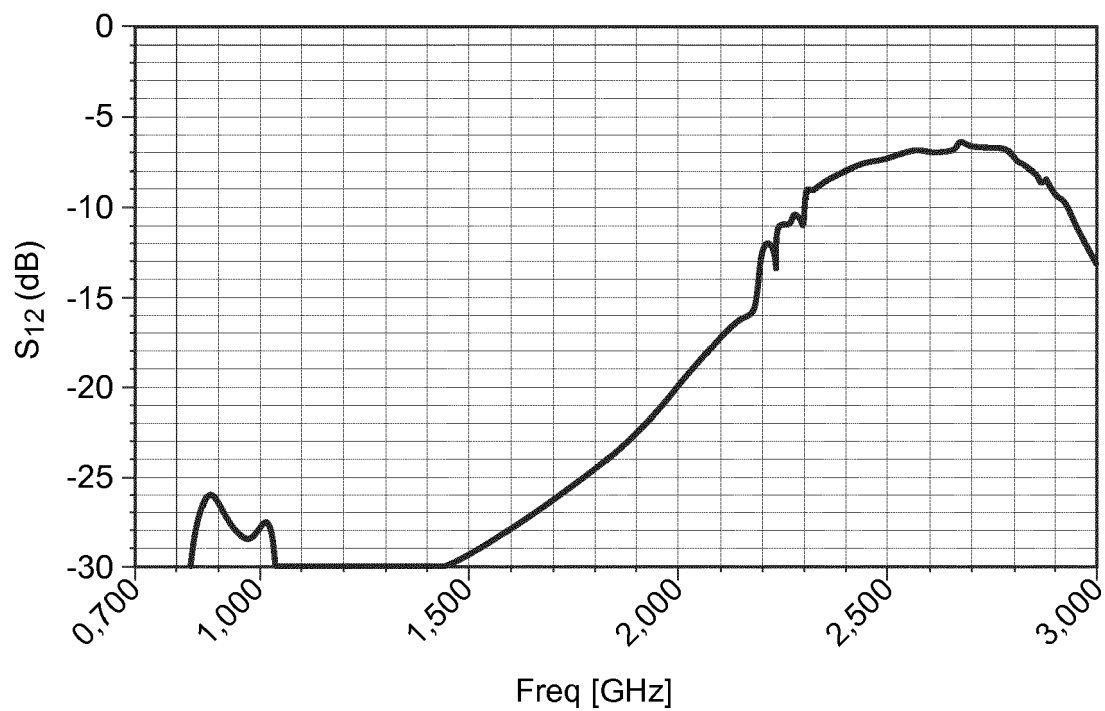


Fig.7B

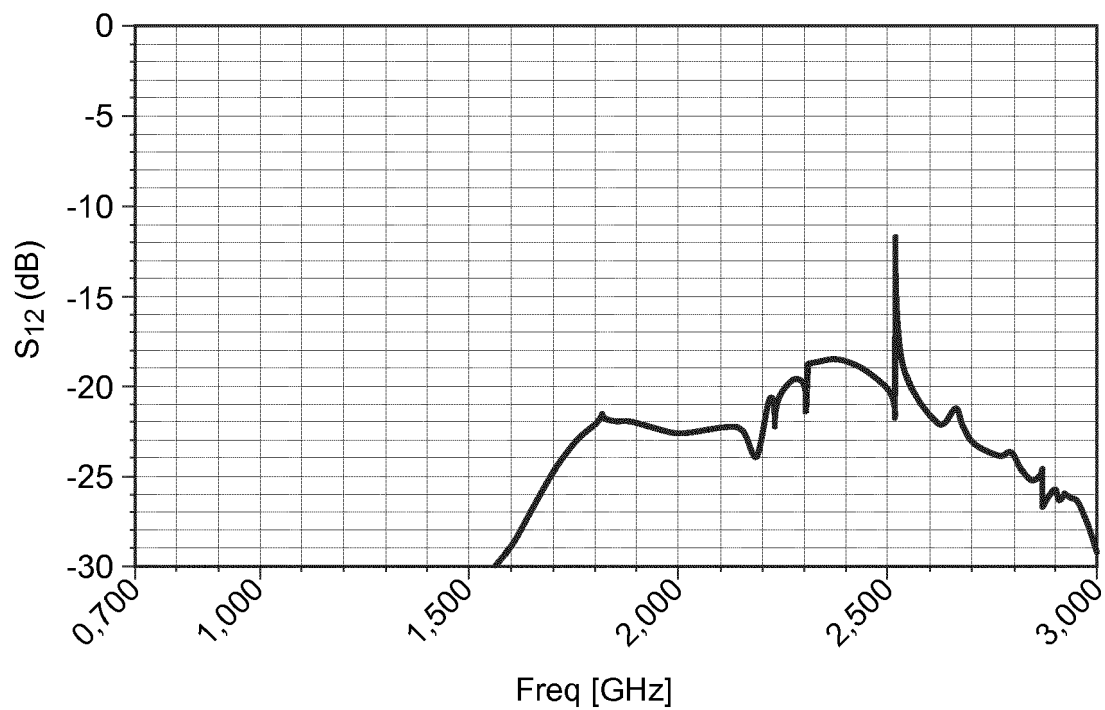
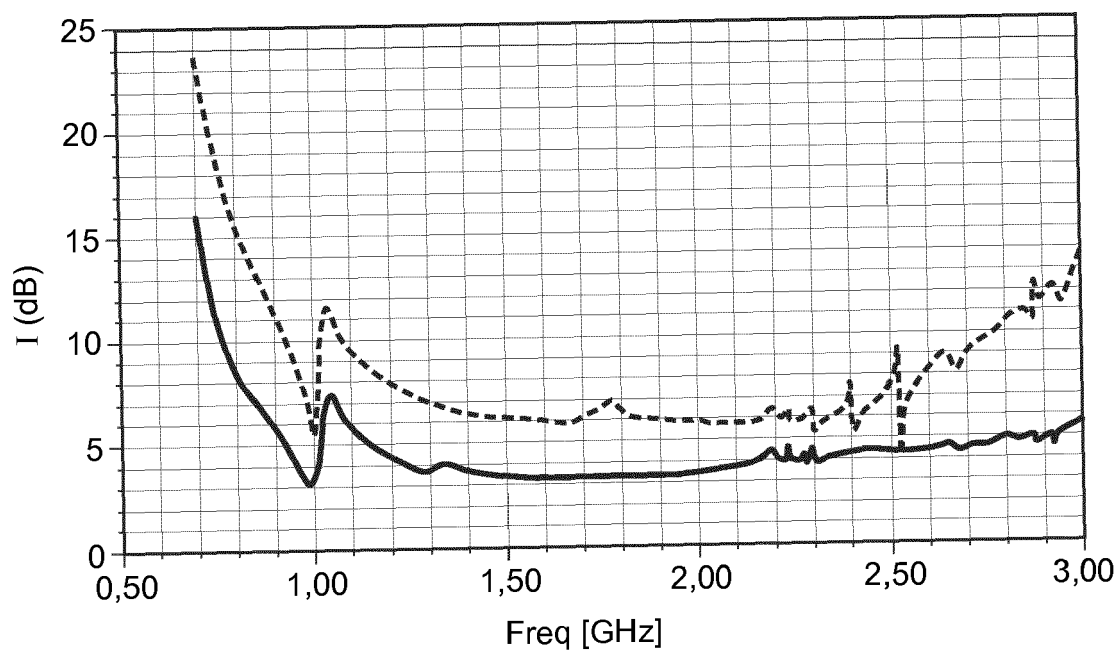
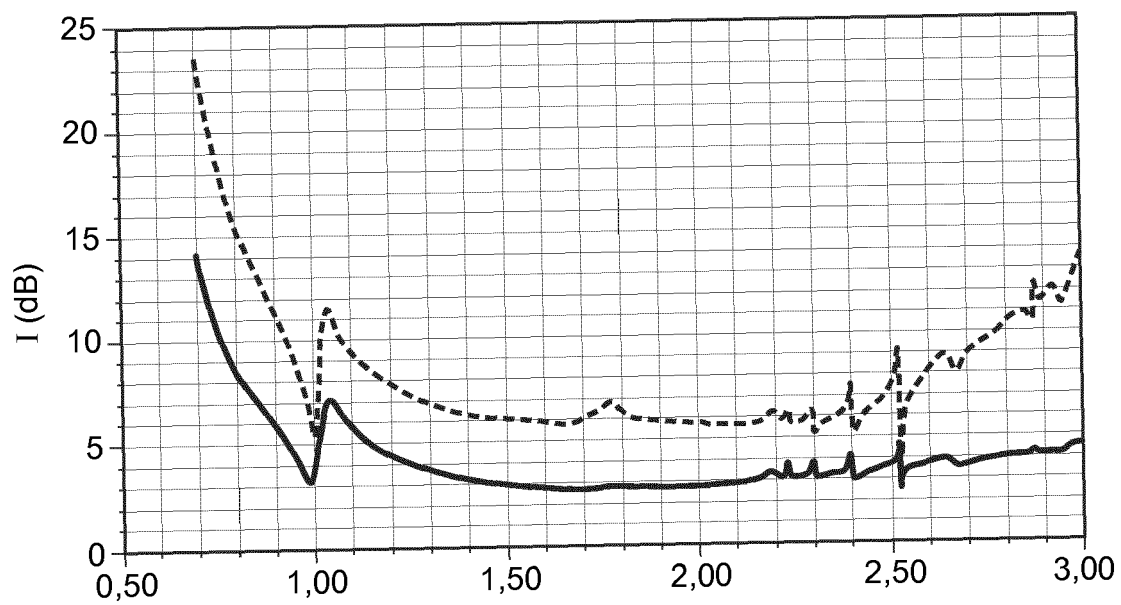


Fig.8A**Fig.8B**



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 18 9717

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

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	WO 2015/160450 A1 (APPLE INC [US]) 22 octobre 2015 (2015-10-22) * figures 6, 8-10 * * alinéa [0038] * * alinéa [0042] * * alinéa [0044] * * alinéa [0054] * * alinéa [0056] * * alinéa [0081] - alinéa [0083] *	1-5,7,9,10	INV. H01Q9/04 H01Q21/28 H01Q5/314
X	WO 2017/159184 A1 (PANASONIC IP MAN CO LTD [JP]) 21 septembre 2017 (2017-09-21) * figures 1A, 1C, 17A *	1	
X	WO 90/13152 A1 (NOVATEL COMMUNICATIONS LTD [CA]) 1 novembre 1990 (1990-11-01) * figures 2-4, 7 * * page 17 *	1,6,8	
X	US 9 130 279 B1 (LEE TZUNG-I [US] ET AL) 8 septembre 2015 (2015-09-08) * figures 1-4 * * colonne 4, ligne 42 - ligne 64 * * colonne 6, ligne 36 - ligne 42 * * colonne 8, ligne 20 - ligne 67 *	1,2,6,7,9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 14 août 2019	Examineur Topak, Eray
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 19 18 9717

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.

14-08-2019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2015160450 A1	22-10-2015	CN 204481122 U	15-07-2015
		EP 3117485 A1	18-01-2017
		JP 3198270 U	25-06-2015
		KR 20150003908 U	26-10-2015
		KR 20160071357 A	21-06-2016
		US 2015303568 A1	22-10-2015
		WO 2015160450 A1	22-10-2015

WO 2017159184 A1	21-09-2017	CN 108780945 A	09-11-2018
		EP 3432419 A1	23-01-2019
		JP WO2017159184 A1	24-01-2019
		US 2019089046 A1	21-03-2019
		WO 2017159184 A1	21-09-2017

WO 9013152 A1	01-11-1990	AU 5435190 A	16-11-1990
		CA 2014629 A1	18-10-1990
		WO 9013152 A1	01-11-1990

US 9130279 B1	08-09-2015	AUCUN	

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- EP 2466684 A1 [0006]
- EP 2808946 B1 [0008]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **CHEN et al.** A decoupling technique for increasing the port isolation between two strongly coupled antennas. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Décembre 2008, vol. 56 (12), 3650-3658 [0006]
- **CHIU et al.** Réduction of mutual coupling between closely-packed antenna elements. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Juin 2007, vol. 55 (6), 1732-1738 [0008]