

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 018 637**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **14 00606**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 01 Q 1/27 (2017.01), H 03 H 7/40, H 04 B 1/04**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 COMMUNICATION RADIO UTILISANT DES ANTENNES MULTIPLES ET DES VARIABLES DE LOCALISATION.

②2 Date de dépôt : 13.03.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 18.09.15 Bulletin 15/38.

④5 Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 17.08.18 Bulletin 18/33.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *TEKCEM Société par actions simplifiée — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : BROYDE FREDERIC et CLAVELIER EVELYNE.

⑦3 Titulaire(s) : SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD..

⑦4 Mandataire(s) : SANTARELLI.

FR 3 018 637 - B1



Communication radio utilisant des antennes multiples et des variables de localisation

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5

L'invention concerne un procédé pour communication radio utilisant des antennes multiples et des variables de localisation. L'invention concerne aussi un appareil pour communication radio utilisant des antennes multiples et des variables de localisation. Les signaux radioélectriques reçus ou émis peuvent transporter des informations de toutes natures, par exemple des signaux pour la transmission de la voix et/ou d'images (télévision) et/ou de données. Les signaux radioélectriques reçus ou émis peuvent être utilisés pour tout mode opératoire, par exemple pour la radiodiffusion, pour des radiocommunications bidirectionnelles point à point ou pour des radiocommunications dans un réseau cellulaire.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

15 L'impédance présentée par une antenne dépend de la fréquence et des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant l'antenne. En particulier, si l'antenne est réalisée dans un émetteur-récepteur portable, par exemple un téléphone mobile, le corps de l'utilisateur a un effet sur l'impédance présentée par l'antenne, et cette impédance dépend de la position du corps de l'utilisateur. Ceci est appelé "interaction utilisateur" (en anglais : "user interaction"), ou "effet de main" (en anglais : "hand effect") ou "effet de doigt" (en anglais : "finger effect").

20 Un appareil d'accord d'antenne (en anglais : "antenna tuning apparatus" ou "antenna tuner") est un appareil passif destiné à être inséré entre un dispositif radio, par exemple un émetteur radio ou un récepteur radio, et son antenne pour obtenir que l'impédance vue par le dispositif radio soit proche d'une valeur voulue. La figure 1 montre le schéma bloc d'une utilisation typique d'un tel appareil d'accord d'antenne (31) pour accorder une unique antenne (11), l'antenne opérant (ou étant utilisée) dans une bande de fréquences donnée. L'appareil d'accord d'antenne (31) comporte :

30 un accès antenne (311), l'accès antenne étant couplé à l'antenne (11) à travers une liaison d'antenne (21) aussi appelée "feeder", l'accès antenne (311) voyant, à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une impédance appelée l'impédance vue par l'accès antenne ;

un accès radio (312), l'accès radio étant couplé au dispositif radio (5) à travers une interconnexion (41), l'accès radio (312) présentant, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une impédance appelée l'impédance présentée par l'accès radio ;

35

un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, chacun des dispositifs à impédance

réglable ayant une réactance à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable et ayant une influence sur l'impédance présentée par l'accès radio.

Le dispositif radio (5) est un équipement actif de communication radio tel qu'un émetteur, un récepteur ou un émetteur-récepteur. La liaison d'antenne (21) peut par exemple être un câble coaxial. Dans certains cas, lorsque l'appareil d'accord d'antenne (31) est placé à proximité de l'antenne (11), la liaison d'antenne (21) n'est pas présente. L'interconnexion (41) peut par exemple être un câble coaxial. Dans certains cas, lorsque l'appareil d'accord d'antenne (31) est placé à proximité du dispositif radio (5), l'interconnexion (41) n'est pas présente.

Un appareil d'accord d'antenne se comporte, à toute fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, par rapport à l'accès antenne et à l'accès radio, sensiblement comme un circuit linéaire passif à 2 accès. Ici, "passif" est utilisé dans le sens de la théorie des circuits, si bien que l'appareil d'accord d'antenne ne procure pas d'amplification. En pratique, les pertes sont indésirables pour les signaux appliqués à l'accès antenne ou à l'accès radio d'un appareil d'accord d'antenne, dans la bande de fréquences donnée. Ainsi, un appareil d'accord d'antenne idéal est sans pertes pour les signaux appliqués à son accès antenne ou à son accès radio, dans la bande de fréquences donnée.

La figure 2 montre un schéma d'un appareil d'accord d'antenne (31) qui pourrait être utilisé comme montré sur la figure 1 pour accorder une unique antenne, l'antenne étant utilisée dans une bande de fréquences donnée. L'appareil montré sur la figure 2 comporte :

- un accès antenne (311) ayant deux bornes (3111) (3112), l'accès antenne étant asymétrique (en anglais : single-ended) ;
- un accès radio (312) ayant deux bornes (3121) (3122), l'accès radio étant asymétrique ;
- un dispositif à impédance réglable (313) présentant une réactance négative et étant couplé en parallèle avec l'accès antenne ;
- une bobine (315) ;
- un dispositif à impédance réglable (314) présentant une réactance négative et étant couplé en parallèle avec l'accès radio.

Un appareil d'accord d'antenne du type montré sur la figure 2 est par exemple utilisé dans l'article de F. Chan Wai Po, E. de Foucault, D. Morche, P. Vincent et E. Kerhervé intitulé "A Novel Method for Synthesizing an Automatic Matching Network and Its Control Unit", publié dans *IEEE Transactions on Circuits and Systems — I: Regular Papers*, vol. 58, No. 9, pp. 2225-2236 en septembre 2011. L'article de Q. Gu, J. R. De Luis, A. S. Morris, et J. Hilbert intitulé "An Analytical Algorithm for Pi-Network Impedance Tuners", publié dans *IEEE Transactions on Circuits and Systems — I: Regular Papers*, vol. 58, No. 12, pp. 2894-2905 en décembre 2011, et l'article de K.R. Boyle, E. Spits, M.A. de Jongh, S. Sato, T. Bakker et A. van Bezooijen intitulé "A Self-Contained Adaptive Antenna Tuner for Mobile Phones", publié dans le *Proceedings of the 6th European Conference on Antenna and Propagation (EUCAP)*, pp.

1804-1808 en mars 2012, considèrent un appareil d'accord d'antenne d'un type similaire à celui montré sur la figure 2, la principale différence étant que la bobine (315) de la figure 2 est remplacée par un dispositif à impédance réglable, le dispositif à impédance réglable étant une inductance variable ou une inductance connectée en parallèle avec un condensateur variable.

5 Un appareil d'accord d'antenne peut être utilisé pour compenser une variation de l'impédance vue par l'accès antenne, causée par une variation de la fréquence d'utilisation, et/ou pour compenser l'interaction utilisateur.

La matrice impédance présentée par un réseau d'antennes à accès multiples dépend de la fréquence et des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant les antennes. En particulier, si le réseau d'antennes à accès multiples est réalisé dans un émetteur-récepteur portable utilisant simultanément des antennes multiples pour de la communication MIMO, par exemple un équipement utilisateur (en anglais : "user equipment" ou "UE") d'un réseau radio LTE, la matrice impédance présentée par le réseau d'antennes à accès multiples est affectée par l'interaction utilisateur.

15 Un autre appareil d'accord d'antenne, qui peut être appelé "appareil d'accord d'antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples", est un appareil passif destiné à être inséré entre un dispositif radio utilisant simultanément des antennes multiples dans la même bande de fréquences, par exemple un émetteur radio ou un récepteur radio pour communication MIMO, et les dites antennes multiples pour obtenir que la matrice impédance vue par le dispositif radio soit proche d'une valeur voulue. La figure 3 montre un schéma bloc d'une utilisation typique d'un tel appareil d'accord d'antenne (3) pour accorder simultanément 4 antennes (11) (12) (13) (14), les 4 antennes opérant dans une bande de fréquences donnée, les 4 antennes formant un réseau d'antennes (1). Dans la figure 3, l'appareil d'accord d'antenne (3) comporte :

25 $n = 4$ accès antenne (311) (321) (331) (341), chacun des accès antenne étant couplé à une des antennes (11) (12) (13) (14) à travers une liaison d'antenne (21) (22) (23) (24) aussi appelée "feeder", les accès antenne voyant, à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une matrice impédance appelée la matrice impédance vue par les accès antenne ;

30 $m = 4$ accès radio (312) (322) (332) (342), chacun des accès radio étant couplé à un dispositif radio (5) à travers une interconnexion (41) (42) (43) (44), les accès radio présentant, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une matrice impédance appelée la matrice impédance présentée par les accès radio ;

35 p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier typiquement supérieur ou égal à m , chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable et ayant une influence sur la matrice impédance présentée par les accès radio.

Un appareil d'accord d'antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples se

comporte, à toute fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, par rapport aux n accès antenne et aux m accès radio, sensiblement comme un circuit linéaire passif à $n + m$ accès. Ici, “passif” est à nouveau utilisé dans le sens de la théorie des circuits, si bien que l’appareil d’accord d’antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples ne procure pas
 5 d’amplification. En pratique, les pertes sont indésirables pour les signaux appliqués aux accès antenne ou aux accès radio d’un appareil d’accord d’antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples, dans la bande de fréquences donnée. Ainsi, un appareil d’accord d’antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples idéal est sans pertes pour les signaux appliqués à ses accès antenne ou à ses accès radio, dans la bande de fréquences donnée.

10 La figure 4 montre un schéma d’un appareil d’accord d’antenne (3) qui pourrait être utilisé comme montré sur la figure 3 pour accorder 4 antennes, les antennes étant utilisées dans une bande de fréquences donnée. L’appareil montré sur la figure 4 comporte :

$n = 4$ accès antenne (311) (321) (331) (341), chacun des accès antenne étant asymétrique ;

15 $m = 4$ accès radio (312) (322) (332) (342), chacun des accès radio étant asymétrique ;
 n dispositifs à impédance réglable (301) présentant chacun une réactance négative et étant chacun couplé en parallèle avec un des accès antenne ;

$n(n - 1)/2$ dispositifs à impédance réglable (302) présentant chacun une réactance négative et ayant chacun une première borne couplée à un des accès antenne et une deuxième borne couplée à un des accès antenne qui est différent de l’accès antenne auquel la première borne est couplée ;
 20

$n = m$ enroulements (303) ayant chacun une première borne couplée à un des accès antenne et une deuxième borne couplée à un des accès radio ;

m dispositifs à impédance réglable (304) présentant chacun une réactance négative et étant chacun couplé en parallèle avec un des accès radio ;
 25

$m(m - 1)/2$ dispositifs à impédance réglable (305) présentant chacun une réactance négative et ayant chacun une première borne couplée à un des accès radio et une deuxième borne couplée à un des accès radio qui est différent de l’accès radio auquel la première borne est couplée.

30 Un appareil d’accord d’antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples du type montré sur la figure 4 est divulgué dans la demande de brevet français numéro 12/02542 intitulée “Appareil d’accord d’antenne pour un réseau d’antennes à accès multiples”, et dans la demande internationale correspondante, numéro PCT/IB2013/058423 intitulée “Antenna tuning apparatus for a multipoint antenna array”.

35 Un appareil d’accord d’antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples peut être utilisé pour compenser une variation de la matrice impédance vue par les accès antenne, causée par une variation de la fréquence d’utilisation, et/ou pour compenser l’interaction utilisateur.

Un appareil d'accord d'antenne peut être tel que la valeur de la réactance de n'importe lequel de ses dispositifs à impédance réglable est réglée manuellement. Ce type d'accord manuel nécessite un opérateur compétent, et est par exemple mis en oeuvre pour régler certains appareils d'accord d'antenne pour les radio amateurs, ayant un unique accès antenne et un unique accès radio comme montré sur les figures 1 et 2.

Un appareil d'accord d'antenne peut être tel que la réactance de chacun de ses dispositifs à impédance réglable est réglable par moyen électrique. Un tel appareil d'accord d'antenne peut être tel que la valeur de la réactance de n'importe lequel de ses dispositifs à impédance réglable est réglée automatiquement ou de façon adaptative. Dans ce cas, si l'appareil d'accord d'antenne et les circuits procurant un réglage automatique ou adaptatif de ses dispositifs à impédance réglable forment un dispositif unique, ce dispositif peut être appelé "appareil automatique d'accord d'antenne" ou "appareil adaptatif d'accord d'antenne" (en anglais : "automatic antenna tuning apparatus", ou "automatic antenna tuner" ou "adaptive antenna tuner").

L'accord automatique d'antenne a été appliqué depuis longtemps à un appareil d'accord d'antenne ayant un unique accès antenne et un unique accès radio, comme montré dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 2,745,067 intitulé "Automatic Impedance Matching Apparatus", et dans le brevet de États-Unis d'Amérique numéro 4,493,112 intitulé "Antenna Tuner Discriminator". L'accord automatique d'antenne appliqué à un appareil d'accord d'antenne ayant un unique accès antenne et un unique accès radio est également le sujet d'activités de recherche actuelles, dont une partie est par exemple décrite dans les dits articles intitulés "A Novel Method for Synthesizing an Automatic Matching Network and Its Control Unit", "An Analytical Algorithm for Pi-Network Impedance Tuners", et "A Self-Contained Adaptive Antenna Tuner for Mobile Phones".

L'accord automatique d'antenne a été récemment appliqué à un appareil d'accord d'antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples utilisé pour la réception radio, comme montré dans le brevet de États-Unis d'Amérique numéro 8,059,058 intitulé "Antenna system and method for operating an antenna system", et dans la demande de brevet français numéro 12/02564 intitulée "Procédé et dispositif pour la réception radio utilisant un appareil d'accord d'antenne et une pluralité d'antennes", correspondant à la demande internationale numéro PCT/IB2013/058574 intitulée "Method and device for radio reception using an antenna tuning apparatus and a plurality of antennas". Dans les deux cas, un processus d'accord automatique typique implique l'évaluation d'une ou plusieurs quantités représentatives de la qualité d'une liaison MIMO, pour un ensemble fini d'instructions d'accord, chaque instruction d'accord correspondant à une valeur de la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable. Cependant, si nous considérons par exemple que la réactance de chacun des 20 dispositifs à impédance réglable montrés sur la figure 4 peut prendre 8 valeurs, le processus d'accord automatique peut impliquer l'évaluation d'une ou plusieurs quantités représentatives de la qualité de la liaison MIMO, pour 8^{20} instructions d'accord. Ce processus d'accord

automatique requerrait un temps si long qu'il ne peut être mis en oeuvre en pratique.

L'accord automatique d'antenne a également été récemment appliqué à un appareil d'accord d'antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples utilisé pour l'émission radio, comme montré dans la demande de brevet français numéro 13/00878 intitulée "Procédé et appareil pour accorder automatiquement une matrice impédance, et émetteur radio utilisant cet appareil", correspondant à la demande internationale numéro PCT/IB2014/058933 intitulée "Method and apparatus for automatically tuning an impedance matrix, and radio transmitter using this apparatus". Dans ce cas, un processus d'accord automatique typique implique soit une détermination, intense sur le plan des calculs, d'une instruction d'accord telle qu'une matrice immittance présentée par les accès radio soit sensiblement égale à une matrice immittance recherchée, soit l'évaluation d'une norme d'une matrice, par exemple une matrice des coefficients de réflexion en tension aux accès radio, pour un ensemble fini d'instructions d'accord. Ce processus d'accord automatique peut exiger soit une grande ressource de calcul, soit trop de temps, comme le processus d'accord automatique typique discuté ci-dessus pour la réception radio.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a pour objets un procédé pour communication radio et un appareil pour communication radio utilisant un appareil d'accord d'antenne et une pluralité d'antennes, dépourvus des limitations mentionnées ci-dessus des techniques connues.

Le procédé selon l'invention est un procédé pour communication radio avec plusieurs antennes dans une bande de fréquences donnée, utilisant un appareil pour communication radio incluant n antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2, le procédé comportant les étapes suivantes :

estimer une pluralité de variables, chacune des dites variables étant appelée "variable de localisation", chacune des variables de localisation dépendant de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio ;

coupler les dites n antennes, directement ou indirectement, à un appareil d'accord d'antenne comportant n accès antenne, m accès radio, où m est un entier supérieur ou égal à 2, et p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à $2m$, chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique ;

générer une "instruction d'accord", chacune des variables de localisation ayant une influence sur l'instruction d'accord, l'instruction d'accord ayant un effet sur la

réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable.

Chacune des dites n antennes peut être couplée, directement ou indirectement, à un et un seul des accès antenne de l'appareil d'accord d'antenne. Par exemple, un couplage indirect peut être un couplage à travers une liaison d'antenne et/ou à travers un coupleur directionnel.

5 L'appareil d'accord d'antenne est utilisé pour accorder les dites n antennes.

Il est possible qu'au moins une des variables de localisation soit une sortie d'un capteur sensible à une pression exercée par une partie d'un corps humain. Ainsi, il est possible qu'au moins une des variables de localisation soit la sortie d'un circuit comportant un commutateur utilisant un système mécanique à simple pression sans enclenchement, dont l'état change pendant qu'une pression suffisante est exercée par une partie d'un corps humain. Il est aussi possible qu'au moins une des variables de localisation soit la sortie d'un circuit comportant un autre type de capteur électromécanique sensible à une pression exercée par une partie d'un corps humain, par exemple un capteur micro-électromécanique (en anglais: "MEMS sensor").

10 Il est possible qu'au moins une des variables de localisation soit une sortie d'un capteur de proximité, tel qu'un capteur de proximité dédié à la détection d'un corps humain. Un tel capteur de proximité peut par exemple être un capteur de proximité capacitif, ou un capteur de proximité infrarouge utilisant des mesures d'intensité de lumière réfléchie, ou un capteur de proximité infrarouge utilisant des mesures de temps de vol (en anglais: time-of-flight), qui sont bien connus des spécialistes.

15 Il est possible que l'ensemble des valeurs possibles d'au moins une des variables de localisation soit un ensemble fini. Il est possible qu'au moins une des variables de localisation soit une variable binaire, c'est-à-dire telle que l'ensemble des valeurs possibles de ladite au moins une des variables de localisation a exactement deux éléments. Par exemple, un capteur de proximité capacitif dédié à la détection d'un corps humain (par exemple le dispositif SX9300 de Semtech) peut être utilisé pour obtenir une variable binaire, qui indique si oui ou non un corps humain a été détecté à proximité d'une zone de l'appareil pour communication radio. Il est possible que l'ensemble des valeurs possibles de n'importe laquelle des variables de localisation soit un ensemble fini. Cependant, il est possible que l'ensemble des valeurs possibles d'au moins une des variables de localisation soit un ensemble infini, et il est possible que l'ensemble des valeurs possibles d'au moins une des variables de localisation soit un ensemble continu.

20 Il est possible que l'ensemble des valeurs possibles d'au moins une des variables de localisation ait au moins trois éléments. Par exemple, un capteur de proximité infrarouge utilisant des mesures de temps de vol et dédié à l'évaluation de la distance à un corps humain (par exemple le dispositif VL6180 de STMicroelectronics) peut être utilisé pour obtenir une variable de localisation telle que l'ensemble des valeurs possibles de la variable de localisation a au moins trois éléments, une des valeurs signifiant qu'aucun corps humain n'a été détecté, chacune des autres valeurs correspondant à une distance différente entre une zone de l'appareil

pour communication radio et la partie la plus proche d'un corps humain détecté. Il est possible que l'ensemble des valeurs possibles de n'importe laquelle des variables de localisation ait au moins trois éléments.

Il est possible qu'au moins une des variables de localisation soit une sortie d'un capteur qui n'est pas dédié à la détection d'un corps humain. Par exemple, il est possible qu'au moins une des variables de localisation soit déterminée par un changement d'état d'un commutateur d'un clavier, qui révèle la position d'un doigt humain. Par exemple, il est possible qu'au moins une des variables de localisation soit déterminée par un changement d'état d'une sortie d'un écran tactile, qui révèle la position d'un doigt humain. Un tel écran tactile peut utiliser n'importe laquelle des technologies disponibles, tel qu'un écran tactile résistif, un écran tactile capacitif ou un écran tactile à ondes acoustiques de surface, etc.

Il est dit plus haut que chacune des variables de localisation dépend de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio. Ceci doit être interprété comme signifiant: chacune des variables de localisation est telle qu'il existe au moins une configuration dans laquelle la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio a un effet sur ladite chacune des variables de localisation. Cependant, il est possible qu'il existe une ou plusieurs configurations dans lesquelles la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio n'a pas d'effet sur ladite chacune des variables de localisation. Par exemple, la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio n'a pas d'effet sur un commutateur s'il n'y a pas de force exercée directement ou indirectement par le corps humain sur le commutateur. Par exemple, la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio n'a pas d'effet sur un capteur de proximité si le corps humain est en dehors de la portée du capteur.

L'instruction d'accord peut comporter n'importe quel type de signal électrique et/ou n'importe quelle combinaison de tels signaux électriques. L'instruction d'accord est générée automatiquement à l'intérieur de l'appareil pour communication radio, chacune des variables de localisation ayant une influence sur l'instruction d'accord. Ainsi, l'instruction d'accord est une fonction des variables de localisation. L'instruction d'accord peut aussi être une fonction d'autres variables ou quantités.

Un appareil mettant en oeuvre le procédé selon l'invention est un appareil pour communication radio utilisant plusieurs antennes dans une bande de fréquences donnée, l'appareil pour communication radio incluant n antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2, l'appareil pour communication radio comportant :

une unité de localisation, l'unité de localisation estimant une pluralité de variables, chacune des dites variables étant appelée "variable de localisation", chacune des variables de localisation dépendant de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio ;

une unité de traitement, l'unité de traitement délivrant une "instruction d'accord", chacune des variables de localisation ayant une influence sur l'instruction d'accord ;

5 un appareil d'accord d'antenne comportant n accès antenne, m accès radio et p dispositifs à impédance réglable, où m est un entier supérieur ou égal à 2 et où p est un entier supérieur ou égal à $2m$, chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique ;

10 une unité de contrôle d'accord, l'unité de contrôle d'accord recevant l'instruction d'accord, l'unité de contrôle d'accord délivrant une pluralité de "signaux de contrôle d'accord" à l'appareil d'accord d'antenne, les signaux de contrôle d'accord étant déterminés en fonction de l'instruction d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par au moins un des signaux de contrôle d'accord.

15 Les accès radio présentent, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une matrice impédance appelée "la matrice impédance présentée par les accès radio", et les accès antenne voient, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une matrice impédance appelée "la matrice impédance vue par les accès antenne". Il est supposé que ledit
20 appareil d'accord d'antenne se comporte, à n'importe quelle fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, par rapport à ses accès antenne et à ses accès radio, sensiblement comme un dispositif linéaire passif (où "passif" est utilisé au sens de la théorie des circuits). Plus précisément, ledit appareil d'accord d'antenne se comporte, à n'importe quelle fréquence dans la bande de fréquences donnée, par rapport aux n accès antenne et aux m accès radio,
25 sensiblement comme un dispositif linéaire passif à $n + m$ accès. Comme conséquence de la linéarité, il est possible de définir la matrice impédance présentée par les accès radio. Comme conséquence de la passivité, l'appareil d'accord d'antenne ne procure pas d'amplification.

Un dispositif à impédance réglable est un composant comprenant deux bornes qui se comportent sensiblement comme un bipôle linéaire passif, et qui sont par conséquent
30 complètement caractérisées par une impédance qui peut dépendre de la fréquence, cette impédance étant réglable. Un dispositif à impédance réglable peut être réglable par moyen mécanique, par exemple une résistance variable, un condensateur variable, un réseau comportant une pluralité de condensateurs et un ou plusieurs interrupteurs ou commutateurs utilisés pour faire contribuer différents condensateurs du réseau à la réactance, une inductance variable, un
35 réseau comportant une pluralité d'inductances et un ou plusieurs interrupteurs ou commutateurs utilisés pour faire contribuer différentes inductances du réseau à la réactance, ou un réseau comportant une pluralité de tronçons de ligne de transmission en circuit ouvert ou en court-circuit (en anglais: "stubs") et un ou plusieurs interrupteurs ou commutateurs utilisés pour

faire contribuer différents tronçons de ligne de transmission du réseau à la réactance. Nous notons que tous les exemples de cette liste, excepté la résistance variable, sont destinés à produire une réactance réglable.

5 Un dispositif à impédance réglable ayant une réactance réglable par moyen électrique peut être tel qu'il procure seulement, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, un ensemble fini de valeurs de réactance, cette caractéristique étant par exemple obtenue si le dispositif à impédance réglable est :

10 - un réseau comportant une pluralité de condensateurs ou de tronçons de ligne de transmission en circuit ouvert et un ou plusieurs interrupteurs ou commutateurs contrôlés électriquement, comme des relais électromécaniques, ou des interrupteurs micro-électromécaniques (en anglais: "MEMS switches"), ou des diodes PIN ou des transistors à effet de champ à grille isolée (MOSFETs), utilisés pour faire contribuer différents condensateurs ou différents tronçons de ligne de transmission en circuit ouvert du réseau à la réactance ; ou

15 - un réseau comportant une pluralité de bobines ou de tronçons de ligne de transmission en court-circuit et un ou plusieurs interrupteurs ou commutateurs contrôlés électriquement utilisés pour faire contribuer différentes bobines ou différents tronçons de ligne de transmission en court-circuit du réseau à la réactance.

20 Un dispositif à impédance réglable ayant une réactance réglable par moyen électrique peut être tel qu'il procure, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, un ensemble continu de valeurs de réactance, cette caractéristique étant par exemple obtenue si le dispositif à impédance réglable est basé sur l'utilisation d'une diode à capacité variable ; ou d'un composant MOS à capacité variable (en anglais: "MOS varactor") ; ou d'un composant microélectromécanique à capacité variable (en anglais: "MEMS varactor") ; ou d'un composant ferroélectrique à capacité variable (en anglais: "ferroelectric varactor").

25 L'appareil d'accord d'antenne peut être tel que la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable a, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à une matrice impédance diagonale donnée, une influence sur la matrice impédance présentée par les accès radio. Ceci doit être interprété comme signifiant : l'appareil d'accord d'antenne peut être tel que, à ladite fréquence
30 dans ladite bande de fréquences donnée, il existe une matrice impédance diagonale appelée la matrice impédance diagonale donnée, la matrice impédance diagonale donnée étant telle que, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à la matrice impédance diagonale donnée, alors la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable a une influence sur la matrice impédance présentée par les accès radio.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et représentés dans les dessins annexés sur lesquels :

- 5 - la figure 1 représente un schéma bloc d'une utilisation typique d'un appareil d'accord d'antenne pour accorder une unique antenne, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 2 montre un schéma d'un appareil d'accord d'antenne qui pourrait être utilisé comme montré sur la figure 1 pour accorder une unique antenne, et a déjà
- 10 été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 3 représente un schéma bloc d'une utilisation typique d'un appareil d'accord d'antenne pour accorder simultanément 4 antennes, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 4 montre un schéma d'un appareil d'accord d'antenne qui pourrait être
- 15 utilisé comme montré sur la figure 3 pour accorder simultanément 4 antennes, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 5 représente un schéma bloc d'un émetteur-récepteur pour communication radio selon l'invention, qui utilise 4 antennes simultanément ;
- 20 - la figure 6 montre 4 capteurs, 4 antennes et les emplacements de leurs centres ;
- la figure 7 représente une partie d'un schéma bloc d'un émetteur-récepteur pour communication radio selon l'invention ;
- la figure 8 montre les emplacements des 4 antennes d'un téléphone mobile ;
- la figure 9 montre une première configuration d'utilisation typique
- 25 (configuration main droite et tête) ;
- la figure 10 montre une deuxième configuration d'utilisation typique (configuration deux mains) ;
- la figure 11 montre une troisième configuration d'utilisation typique (configuration main droite seulement).

30 EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE CERTAINS MODES DE RÉALISATION

Premier mode de réalisation.

Au titre d'un premier mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 5 le schéma bloc d'un appareil portable pour communication radio, l'appareil pour communication radio étant un émetteur-

récepteur comportant :

- $n = 4$ antennes (11) (12) (13) (14), les 4 antennes opérant simultanément dans une bande de fréquences donnée, les 4 antennes formant un réseau d'antennes (1) ;
- un dispositif radio (5) qui consiste en toutes les parties de l'appareil pour communication radio qui ne sont pas montrées ailleurs sur la figure 5 ;
- une unité de capteurs (8) estimant une pluralité de variables de localisation ;
- un appareil d'accord d'antenne (3), l'appareil d'accord d'antenne étant un appareil d'accord d'antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples, l'appareil d'accord d'antenne comportant $n = 4$ accès antenne (311) (321) (331) (341), chacun des accès antenne étant couplé à une des antennes à travers une liaison d'antenne (21) (22) (23) (24), l'appareil d'accord d'antenne comportant $m = 4$ accès radio (312) (322) (332) (342), chacun des accès radio étant couplé au dispositif radio (5) à travers une interconnexion (41) (42) (43) (44), l'appareil d'accord d'antenne comportant p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à $2m$;
- une unité de contrôle d'accord (7), l'unité de contrôle d'accord recevant une "instruction d'accord" générée automatiquement à l'intérieur de l'appareil pour communication radio, l'unité de contrôle d'accord délivrant une pluralité de "signaux de contrôle d'accord" à l'appareil d'accord d'antenne, les signaux de contrôle d'accord étant déterminés en fonction de l'instruction d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par au moins un des signaux de contrôle d'accord.

L'unité de capteurs (8) estime une pluralité de variables de localisation dépendant chacune, dans une configuration d'utilisation donnée, de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio. Comme montré sur la figure 6, l'unité de capteurs (8) comporte 4 capteurs (81) (82) (83) (84). La première antenne (11) a son centre localisé en un point (111) de l'appareil pour communication radio, et un des capteurs (81) estime une variable de localisation qui dépend, dans une configuration d'utilisation donnée, de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone voisine de ce point (111). De la même façon, la deuxième antenne (12) a son centre localisé en un point (121) de l'appareil pour communication radio, et un des capteurs (82) estime une variable de localisation qui dépend, dans une configuration d'utilisation donnée, de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone voisine de ce point (121). De la même façon, la troisième antenne (13) a son centre localisé en un point (131) de l'appareil pour communication radio, et un des capteurs (83) estime une variable de localisation qui dépend, dans une configuration d'utilisation donnée, de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone voisine de ce point (131). De la même façon, la quatrième antenne (14) a son centre localisé en un point (141) de l'appareil pour communication radio, et un des capteurs (84) estime une variable de localisation qui dépend,

dans une configuration d'utilisation donnée, de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone voisine de ce point (141). Chacune des dites zones peut être une partie de l'espace occupé par le capteur correspondant, cet espace étant à l'intérieur de l'espace occupé par l'appareil pour communication radio, si bien que dans ce cas chacune des dites zones a un volume bien inférieur au volume de l'appareil pour communication radio. Ainsi, pour chacune des antennes, au moins une des variables de localisation peut dépendre de la distance entre une partie d'un corps humain et une petite zone à proximité de ladite chacune des antennes. Si un capteur approprié est utilisé, ladite zone peut être un point, ou sensiblement un point.

L'unité de capteurs (8) évalue (ou, de façon équivalente, estime) une pluralité de variables de localisation dépendant chacune, dans une configuration d'utilisation donnée, de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio. Cependant, il est possible qu'une ou plusieurs autres variables de localisation dépendant chacune, dans une configuration d'utilisation donnée, de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio, ne soient pas estimées par l'unité de capteurs. Ainsi, l'unité de capteurs (8) peut être considérée comme une partie d'une unité de localisation qui estime (ou évalue) une pluralité de variables de localisation dépendant chacune de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio, cette partie de l'unité de localisation pouvant être la totalité de l'unité de localisation.

L'instruction d'accord est générée automatiquement à l'intérieur du dispositif radio (5). Plus précisément, le dispositif radio (5) comporte une unité de traitement (n'apparaissant pas sur la figure 5) qui délivre l'instruction d'accord, chacune des variables de localisation ayant une influence sur l'instruction d'accord. Par exemple, l'instruction d'accord peut être déterminée à partir d'un ensemble d'instructions d'accord mémorisées dans une table de consultation (en anglais: "lookup table" ou "look-up table") réalisée dans l'unité de traitement, en se basant sur les variables de localisation et sur les fréquences utilisées pour la communication radio avec les antennes (11) (12) (13) (14).

L'instruction d'accord est générée de façon répétée. Par exemple, l'instruction d'accord peut être générée périodiquement, par exemple toutes les 10 millisecondes.

L'appareil selon l'invention est un appareil portable pour communication radio, qui peut être tenu par un utilisateur pendant qu'il fonctionne. Selon les "Radio Regulations" publiées par l'I.T.U., ce type d'appareil pour communication radio peut être appelé appareil mobile pour communication radio. Le corps de l'utilisateur a un effet sur la matrice impédance présentée par le réseau d'antennes, et cette matrice impédance dépend de la position du corps de l'utilisateur. Comme dit plus haut dans la section sur l'état de la technique antérieure, ceci est appelé "interaction utilisateur" (en anglais : "user interaction"), ou "effet de main" (en anglais : "hand effect") ou "effet de doigt" (en anglais : "finger effect"), comme l'effet du corps de l'utilisateur sur l'impédance présentée par une unique antenne. Le spécialiste comprend que, puisque la matrice impédance vue par les accès antenne est, dans de nombreuses configurations

d'utilisation, seulement déterminée par la fréquence d'opération et par l'interaction utilisateur, il est possible de construire une table de consultation qui peut être utilisée pour déterminer une instruction d'accord en se basant sur les variables de localisation et sur les fréquences utilisées pour la communication radio avec les antennes (11) (12) (13) (14). Le spécialiste sait comment
5 construire et comment utiliser une telle table de consultation. Le spécialiste comprend que ceci surmonte les limitations mentionnées ci-dessus des techniques connues, parce que, dans ce premier mode de réalisation, l'instruction d'accord est générée rapidement et sans exiger une grande ressource de calcul.

Le spécialiste comprend la différence entre l'appareil selon l'invention et l'appareil pour
10 communication radio de l'état de l'art antérieur utilisant une antenne et une ou plusieurs variables de localisation, divulgué dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 8,204,446 intitulé "Adaptive Antenna Tuning Systems and Methods". Une première différence majeure est que l'invention utilise un processus d'accord automatique d'antenne pour un appareil d'accord d'antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples, un tel processus étant
15 complètement différent d'un processus d'accord automatique d'antenne pour l'appareil d'accord d'antenne ayant un unique accès antenne et un unique accès radio considéré dans ledit brevet des États-Unis d'Amérique numéro 8,204,446. Cette différence est due aux interactions entre les antennes directement ou indirectement couplées aux accès antenne de l'appareil d'accord d'antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples. Une deuxième différence majeure
20 est que le problème à résoudre dans le cas de l'appareil selon l'invention, à savoir que les processus d'accord automatique de l'état de l'art antérieur pour un appareil d'accord d'antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples exigent typiquement soit une grande ressource de calcul, soit trop de temps, n'existe pas pour l'appareil d'accord d'antenne ayant un unique accès antenne et un unique accès radio considéré dans ledit brevet des États-Unis d'Amérique
25 numéro 8,204,446. Une troisième différence majeure est que, pour résoudre ce problème, une pluralité de variables de localisation est nécessaire. Ceci est dû à ce que, pour générer une instruction d'accord convenable, basée sur les variables de localisation et sur les fréquences utilisées pour la communication radio avec les antennes, il est nécessaire que, pour chacune des antennes, au moins une des variables de localisation dépende de la distance entre une partie d'un
30 corps humain et une petite zone à proximité de ladite chacune des antennes.

Dans ce premier mode de réalisation, $n = m = 4$. Ainsi, il est possible que n soit supérieur ou égal à 3, il est possible que n soit supérieur ou égal à 4, il est possible que m soit supérieur ou égal à 3, et il est possible que m soit supérieur ou égal à 4.

Deuxième mode de réalisation.

35 Le deuxième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil portable pour communication radio représenté

sur la figure 5, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce deuxième mode de réalisation.

Dans ce deuxième mode de réalisation, l'appareil d'accord d'antenne (3) est un appareil d'accord d'antenne divulgué dans ladite demande de brevet français numéro 12/02542 et ladite
 5 demande internationale PCT/IB2013/058423. Ainsi, l'appareil d'accord d'antenne (3) est tel que la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable a, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à une matrice impédance diagonale donnée, une influence sur la matrice impédance présentée par les accès radio, et tel que la réactance d'au moins un des dispositifs à impédance réglable
 10 a, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à la matrice impédance diagonale donnée, une influence sur au moins un élément non diagonal de la matrice impédance présentée par les accès radio. Ceci doit être interprété comme signifiant : l'appareil d'accord d'antenne est tel que, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, il existe une matrice impédance diagonale appelée la matrice
 15 impédance diagonale donnée, la matrice impédance diagonale donnée étant telle que, si une matrice impédance vue par les accès antenne est égale à la matrice impédance diagonale donnée, alors (a) la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable a une influence sur une matrice impédance présentée par les accès radio, et (b) la réactance d'au moins un des dispositifs à impédance réglable a une influence sur au moins un élément non diagonal de la
 20 matrice impédance présentée par les accès radio.

Le spécialiste comprend que l'appareil d'accord d'antenne (3) ne peut pas être constitué d'une pluralité d'appareils d'accord d'antenne indépendants et non couplés ayant chacun un unique accès antenne et un unique accès radio, parce que dans ce cas, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à une matrice impédance diagonale quelconque, alors la
 25 matrice impédance présentée par les accès radio est une matrice diagonale, dont les éléments non diagonaux ne peuvent être influencés par quoi que ce soit.

De plus, l'appareil d'accord d'antenne (3) est tel que, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à une matrice impédance non diagonale donnée, une application (au sens mathématique) faisant
 30 correspondre la matrice impédance présentée par les accès radio aux p réactances est définie, l'application ayant, à une valeur donnée de chacune des p réactances, une dérivée partielle par rapport à chacune des p réactances, un sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles étant défini dans l'ensemble des matrices complexes carrées d'ordre m considéré comme un espace vectoriel réel, toute matrice complexe diagonale d'ordre m ayant les mêmes
 35 éléments diagonaux qu'au moins un élément du sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles. Ceci doit être interprété comme signifiant : l'appareil d'accord d'antenne est tel que, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, il existe une matrice impédance non diagonale appelée la matrice impédance non diagonale donnée, la matrice

impédance non diagonale donnée étant telle que, si une matrice impédance vue par les accès
antenne est égale à la matrice impédance non diagonale donnée, alors une application faisant
correspondre une matrice impédance présentée par les accès radio aux p réactances est définie,
l'application ayant, à une valeur donnée de chacune des p réactances, une dérivée partielle par
5 rapport à chacune des p réactances, un sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées
partielles étant défini dans l'ensemble des matrices complexes carrées d'ordre m considéré
comme un espace vectoriel réel, toute matrice complexe diagonale d'ordre m ayant les mêmes
éléments diagonaux qu'au moins un élément du sous-espace vectoriel engendré par les p
dérivées partielles.

10 Ainsi, le spécialiste comprend que toute petite variation de la matrice impédance du
réseau d'antennes, produite par un changement de fréquence d'utilisation ou un changement du
milieu entourant les antennes, peut être au moins partiellement compensée par un nouveau
réglage des dispositifs à impédance réglable.

Plus généralement, un spécialiste comprend que, pour obtenir que toute matrice
15 complexe diagonale d'ordre m ait les mêmes éléments diagonaux qu'au moins un élément du
sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles, il est nécessaire que la dimension
du sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles considéré comme un espace
vectoriel réel soit supérieure ou égale à la dimension du sous-espace vectoriel des matrices
complexes diagonales d'ordre m considéré comme un espace vectoriel réel. Puisque la
20 dimension du sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles considéré comme un
espace vectoriel réel est inférieure ou égale à p , et puisque la dimension du sous-espace vectoriel
des matrices complexes diagonales d'ordre m considéré comme un espace vectoriel réel est
égale à $2m$, la condition nécessaire implique que p est un entier supérieur ou égal à $2m$. C'est
pourquoi l'exigence " p est un entier supérieur ou égal à $2m$ " est une caractéristique essentielle
25 de l'invention.

Troisième mode de réalisation.

Le troisième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple
non limitatif, correspond également à l'appareil portable pour communication radio représenté
sur la figure 5, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation et le
30 deuxième mode de réalisation sont applicables à ce troisième mode de réalisation. De plus,
l'appareil d'accord d'antenne (3) utilisé dans ce troisième mode de réalisation correspond au
schéma représenté sur la figure 4, et toutes les explications fournies sur la figure 4 dans la
section sur l'état de la technique antérieure sont applicables à ce troisième mode de réalisation.

Il est possible que de l'induction mutuelle existe entre les enroulements (303). Dans ce
35 cas, la matrice inductance des enroulements n'est pas une matrice diagonale.

Tous les dispositifs à impédance réglable (301) (302) (304) (305) sont réglables par

moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable ne sont pas montrés sur la figure 4. Dans ce troisième mode de réalisation, nous avons $n = m$ et nous utilisons $p = m(m + 1) = 20$ dispositifs à impédance réglable.

5 Le spécialiste comprend que, à une fréquence à laquelle l'appareil d'accord d'antenne est prévu pour fonctionner, si la matrice impédance vue par les accès antenne est une matrice diagonale ayant tous ses éléments diagonaux égaux à 50Ω , la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable a une influence sur la matrice impédance présentée par les accès radio, et la réactance d'au moins un des dispositifs à impédance réglable a une influence sur un
10 ou plusieurs des éléments non diagonaux de la matrice impédance présentée par les accès radio.

La matrice impédance vue par les accès antenne étant une matrice complexe symétrique donnée, il est possible de montrer que, pour des valeurs de composants convenables, les p dérivées partielles définies plus haut dans la section sur le deuxième mode de réalisation sont linéairement indépendantes dans l'espace vectoriel réel des matrices complexes carrées d'ordre
15 m , cet espace vectoriel, noté E , étant de dimension $2m^2$. Ainsi, le sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles dans E est un sous-espace vectoriel de dimension p égal à l'ensemble des matrices complexes symétriques d'ordre m . Ici, n'importe quelle matrice complexe symétrique d'ordre m est un élément du sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles. Par conséquent, toute matrice complexe diagonale d'ordre m a les mêmes
20 éléments diagonaux qu'au moins un élément du sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles.

La réactance d'un dispositif à impédance réglable peut dépendre de la température ambiante, pour certains types de dispositifs à impédance réglable. Si un tel type de dispositif à impédance réglable est utilisé dans l'appareil d'accord d'antenne, il est possible que les signaux
25 de contrôle d'accord soient déterminés en fonction de l'instruction d'accord et en fonction de la température, pour compenser l'effet de la température sur la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable.

Le spécialiste comprend que toute petite variation de la matrice impédance du réseau d'antennes, produite par un changement de fréquence d'utilisation ou un changement du milieu
30 entourant les antennes, peut être compensée par un nouveau réglage des dispositifs à impédance réglable. Ainsi, il est toujours possible de compenser l'interaction utilisateur.

Si les dispositifs à impédance réglable (302) ayant chacun une première borne couplée à un des accès antenne et une deuxième borne couplée à un des accès antenne qui est différent de l'accès antenne auquel la première borne est couplée n'étaient pas présents dans la figure 4,
35 si les dispositifs à impédance réglable (305) ayant chacun une première borne couplée à un des accès radio et une deuxième borne couplée à un des accès radio qui est différent de l'accès radio auquel la première borne est couplée n'étaient pas présents dans la figure 4, et si de l'induction mutuelle n'existait pas entre les enroulements (303), alors l'appareil d'accord d'antenne (3)

comportant $n = 4$ accès antenne et $m = 4$ accès radio serait en fait composé de $n = 4$ appareils d'accord d'antenne ayant chacun un unique accès antenne et un unique accès radio, ces appareils d'accord d'antenne ayant chacun un unique accès antenne et un unique accès radio étant indépendants et non couplés. Dans ce cas, le procédé selon l'invention peut devenir un procédé
 5 pour communication radio avec plusieurs antennes dans une bande de fréquences donnée, utilisant un appareil pour communication radio incluant n antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2, le procédé comportant les étapes suivantes :

estimer une pluralité de variables, chacune des dites variables étant appelée "variable de localisation", chacune des variables de localisation dépendant de la distance
 10 entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio ;

coupler les dites n antennes, directement ou indirectement, à n appareils d'accord d'antenne, chacun des dits appareils d'accord d'antenne comportant un accès antenne, un accès radio, et au moins 2 dispositifs à impédance réglable, chacun
 15 des dispositifs à impédance réglable du dit chacun des dits appareils d'accord d'antenne ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique ;

générer une "instruction d'accord", chacune des variables de localisation ayant une influence sur l'instruction d'accord, l'instruction d'accord ayant un effet sur la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable.
 20

Dans ce procédé, chacune des antennes peut être couplée, directement ou indirectement, à un et un seul des accès antenne des n appareils d'accord d'antenne.

Un appareil mettant en oeuvre ce procédé est un appareil pour communication radio
 25 utilisant plusieurs antennes dans une bande de fréquences donnée, l'appareil pour communication radio incluant n antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2, l'appareil pour communication radio comportant :

une unité de localisation, l'unité de localisation estimant une pluralité de variables, chacune des dites variables étant appelée "variable de localisation", chacune des variables de localisation dépendant de la distance entre une partie d'un corps
 30 humain et une zone de l'appareil pour communication radio ;

une unité de traitement, l'unité de traitement délivrant une "instruction d'accord", chacune des variables de localisation ayant une influence sur l'instruction d'accord ;

n appareils d'accord d'antenne, chacun des dits appareils d'accord d'antenne comportant un accès antenne, un accès radio, et au moins 2 dispositifs à impédance réglable, chacun des dispositifs à impédance réglable du dit chacun des dits appareils d'accord d'antenne ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de
 35

fréquences donnée, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique ;

5 une unité de contrôle d'accord, l'unité de contrôle d'accord recevant l'instruction d'accord, l'unité de contrôle d'accord délivrant une pluralité de "signaux de contrôle d'accord" à l'appareil d'accord d'antenne, les signaux de contrôle d'accord étant déterminés en fonction de l'instruction d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par au moins un des signaux de contrôle d'accord.

Quatrième mode de réalisation.

10 Le quatrième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil portable pour communication radio représenté sur la figure 5, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce quatrième mode de réalisation.

15 Dans ce quatrième mode de réalisation, chacune des variables de localisation dépendant chacune de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio et ayant chacune une influence sur l'instruction d'accord est estimée par l'unité de capteurs (8). Par conséquent, l'unité de capteurs (8) forme une unité de localisation qui estime une pluralité de variables de localisation dépendant chacune de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio.

20 Cinquième mode de réalisation.

Le cinquième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil portable pour communication radio représenté sur la figure 5, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce cinquième mode de réalisation.

25 Dans ce cinquième mode de réalisation, comme montré sur la figure 7, le dispositif radio (5) comporte une unité de traitement (56) qui délivre l'instruction d'accord à l'unité de contrôle d'accord (7). L'unité de traitement (56) reçoit des variables de localisation de l'unité de capteurs (8). L'unité de traitement (56) reçoit aussi une ou plusieurs variables de localisation de l'interface utilisateur, plus précisément de la section d'entrée de l'interface utilisateur (55). La section d'entrée de l'interface utilisateur (55) est la partie de l'interface utilisateur qui permet à l'utilisateur de fournir des entrées à l'appareil pour communication radio. La section d'entrée de l'interface utilisateur utilise un écran tactile. Chaque variable de localisation évaluée par la section d'entrée de l'interface utilisateur est déterminée par un changement d'état d'une sortie de l'écran tactile, qui révèle la position d'un doigt humain.

30

Dans ce cinquième mode de réalisation, chacune des variables de localisation dépendant chacune de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio et ayant chacune une influence sur l'instruction d'accord est estimée par l'unité de capteurs (8) ou par la section d'entrée de l'interface utilisateur (55). Par conséquent, l'unité de capteurs (8) et la section d'entrée de l'interface utilisateur (55) forment une unité de localisation qui estime une pluralité de variables de localisation dépendant chacune de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio.

Sixième mode de réalisation.

Le sixième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil portable pour communication radio représenté sur la figure 5, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce sixième mode de réalisation.

Dans ce sixième mode de réalisation, l'appareil pour communication radio est un téléphone mobile. La figure 8 est un dessin d'une vue d'arrière du téléphone mobile (9). La figure 8 montre le point (111) où le centre de la première antenne (11) est situé, le point (121) où le centre de la deuxième antenne (12) est situé, le point (131) où le centre de la troisième antenne (13) est situé, et le point (141) où le centre de la quatrième antenne (14) est situé.

Un ensemble fini de configurations d'utilisation typiques est défini. Par exemple, la figure 9 montre une première configuration d'utilisation typique, qui peut être appelée "configuration main droite et tête"; la figure 10 montre une deuxième configuration d'utilisation typique, qui peut être appelée "configuration deux mains"; et la figure 11 montre une troisième configuration d'utilisation typique, qui peut être appelée "configuration main droite seulement". Dans une configuration d'utilisation réelle, les variables de localisation évaluées par le capteur (81) réalisé près du point (111) où le centre de la première antenne (11) est situé, par le capteur (82) réalisé près du point (121) où le centre de la deuxième antenne (12) est situé, par le capteur (83) réalisé près du point (131) où le centre de la troisième antenne (13) est situé, et par le capteur (84) réalisé près du point (141) où le centre de la quatrième antenne (14) est situé sont utilisées pour déterminer la configuration d'utilisation typique la plus proche de la configuration d'utilisation réelle. L'instruction d'accord est alors déterminée à partir d'un ensemble d'instructions d'accord prédéterminées qui sont mémorisées dans une table de consultation réalisée dans l'unité de traitement, en se basant sur la configuration d'utilisation typique la plus proche et sur les fréquences utilisées pour la communication radio avec les antennes (11) (12) (13) (14). Le spécialiste comprend comment construire et utiliser une telle table de consultation. Le spécialiste comprend l'avantage de définir et d'utiliser un ensemble de configurations d'utilisation typiques, qui doit être suffisamment grand pour couvrir tous les cas pertinents, et suffisamment petit pour éviter une table de consultation exagérément grande.

Il a été montré que, pour un appareil pour communication radio utilisant une pluralité d'antennes couplées à un appareil d'accord d'antenne à accès antenne multiples et accès radio multiples, plus de deux configurations d'utilisation typiques doivent être définies, si bien qu'une unique variable de localisation ne peut pas être utilisée pour déterminer une configuration d'utilisation typique la plus proche. Par conséquent, dans le procédé selon l'invention, l'exigence selon laquelle "une pluralité de variables de localisation est estimée" est une caractéristique essentielle de l'invention. Par conséquent, dans l'appareil selon l'invention, l'exigence selon laquelle "l'unité de localisation estime une pluralité de variables de localisation" est une caractéristique essentielle de l'invention. En particulier, selon l'invention, le nombre de variables de localisation peut être supérieur ou égal à 3, comme dans le sixième mode de réalisation. En particulier, selon l'invention, le nombre de variables de localisation peut être supérieur ou égal à 4, comme dans le sixième mode de réalisation.

De plus, pour être capable de déterminer une configuration d'utilisation typique la plus proche, il est nécessaire d'utiliser des variables de localisation dépendant de la distance entre une partie d'un corps humain et différentes zones de l'appareil pour communication radio. Plus précisément, il est nécessaire qu'il existe deux des variables de localisation, notées A et B, la variable de localisation A dépendant de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone X de l'appareil pour communication radio, la variable de localisation B dépendant de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone Y de l'appareil pour communication radio, telles que X et Y sont distinctes, ou préférablement telles que X et Y ont une intersection vide. Comme expliqué plus haut, ce résultat peut être obtenu en utilisant une unité de localisation comportant une pluralité de capteurs, tels que des capteurs de proximité, localisés en différents endroits de l'appareil pour communication radio, chacun des dits capteurs estimant une ou plusieurs des variables de localisation. En particulier, selon l'invention, le nombre de capteurs estimant chacun une ou plusieurs des variables de localisation peut être supérieur ou égal à 3, comme dans le sixième mode de réalisation. En particulier, selon l'invention, le nombre de capteurs estimant chacun une ou plusieurs des variables de localisation peut être supérieur ou égal à 4, comme dans le sixième mode de réalisation.

Une instruction d'accord est générée périodiquement, à la fin d'une séquence d'accord, et est valide jusqu'à ce qu'une instruction d'accord suivante soit générée à la fin d'une séquence d'accord suivante.

Dans ce sixième mode de réalisation, l'instruction d'accord est une fonction des variables de localisation et des fréquences utilisées pour la communication radio avec les antennes. L'instruction d'accord peut aussi être une fonction d'autres variables ou quantités telles que : de l'information sur l'efficacité d'une ou plusieurs des antennes, de l'information sur l'isolation entre les antennes, un ou plusieurs paramètres opérationnels de l'appareil pour communication radio, et/ou une ou plusieurs métriques de performance de l'appareil pour communication radio. Le spécialiste sait comment obtenir et utiliser de telles autres variables

ou quantités. Les suivants septième, huitième et neuvième modes de réalisation sont des exemples où de telles autres variables ou quantités sont obtenues et utilisées.

Septième mode de réalisation.

Le septième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple
 5 non limitatif, est un appareil pour communication radio comportant un récepteur radio mettant en oeuvre un procédé pour réception radio avec plusieurs antennes dans une bande de fréquences donnée, le récepteur radio incluant n antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2, le procédé comportant les étapes suivantes :

10 estimer une pluralité de variables, chacune des dites variables étant appelée "variable de localisation", chacune des variables de localisation dépendant de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio ;

15 coupler les dites n antennes, directement ou indirectement, à un appareil d'accord d'antenne comportant n accès antenne, m accès radio, où m est un entier supérieur ou égal à 2, et p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à $2m$, chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique ;

20 traiter une pluralité de signaux numériques pour estimer une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal ;

25 délivrer une "instruction d'accord", l'instruction d'accord étant une fonction des variables de localisation et des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal, chacune des variables de localisation ayant une influence sur l'instruction d'accord, l'instruction d'accord ayant un effet sur la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable.

Par exemple, comme dans ladite demande de brevet français numéro 12/02564 et ladite demande internationale numéro PCT/IB2013/058574, le procédé peut être tel que, chacun des accès radio délivrant un signal, chacun des signaux numériques est principalement déterminé
 30 par un et un seul des signaux délivrés par les accès radio, et tel que la matrice de canal est une matrice de canal entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès radio. Par exemple, une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal peuvent être calculées en fonction des dites quantités représentatives d'une matrice de canal, et l'instruction d'accord peut être délivrée en fonction des variables de localisation et des
 35 dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal, chacune des variables de localisation ayant une influence sur l'instruction d'accord. Le procédé peut être tel qu'un

processus adaptatif est mis en oeuvre durant une ou plusieurs séquences d'entraînement. Une séquence d'entraînement peut comporter l'émission d'une pluralité de signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux. L'instruction d'accord sélectionnée pendant la dernière séquence d'entraînement achevée est utilisée pour la réception radio.

5 Le spécialiste comprend que l'accord d'antenne obtenu dans ce septième mode de réalisation peut être plus précis qu'un accord d'antenne dans lequel l'instruction d'accord est seulement une fonction des variables de localisation. Le spécialiste comprend aussi que l'accord d'antenne obtenu dans ce septième mode de réalisation peut être simultanément précis et tel que l'instruction d'accord est générée rapidement et sans exiger une grande ressource de calcul.

10 Huitième mode de réalisation.

Le huitième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, est un appareil pour communication radio comportant un émetteur radio mettant en oeuvre un procédé pour émission radio avec plusieurs antennes dans une bande de fréquences donnée, l'émetteur radio incluant n antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2, le procédé

15 comportant les étapes suivantes :

estimer une pluralité de variables, chacune des dites variables étant appelée "variable de localisation", chacune des variables de localisation dépendant de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio ;

20 coupler les dites n antennes, directement ou indirectement, à un appareil d'accord d'antenne comportant n accès antenne, m accès radio, où m est un entier supérieur ou égal à 2, et p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à $2m$, chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, la réactance

25 de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique ;

estimer q quantités réelles dépendantes d'une matrice impédance présentée par les accès radio, où q est un entier supérieur ou égal à m , en utilisant au moins m excitations différentes appliquées successivement aux accès radio ;

30 délivrer une "instruction d'accord", l'instruction d'accord étant une fonction des variables de localisation et des dites q quantités réelles dépendantes d'une matrice impédance présentée par les accès radio, chacune des variables de localisation ayant une influence sur l'instruction d'accord, l'instruction d'accord ayant un effet sur la réactance de chacun des dispositifs à impédance

35 réglable.

Le spécialiste comprend que ce huitième mode de réalisation utilise certains aspects de

la technique divulguée dans ladite demande de brevet français numéro 13/00878 et ladite demande internationale numéro PCT/IB2014/058933.

Le spécialiste comprend que l'accord d'antenne obtenu dans ce huitième mode de réalisation peut être plus précis qu'un accord d'antenne dans lequel l'instruction d'accord est
5 seulement une fonction des variables de localisation. Le spécialiste comprend aussi que l'accord d'antenne obtenu dans ce huitième mode de réalisation peut être simultanément précis et tel que l'instruction d'accord est générée rapidement et sans exiger une grande ressource de calcul.

Neuvième mode de réalisation.

Le neuvième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple
10 non limitatif, correspond également à l'appareil portable pour communication radio représenté sur la figure 5, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce neuvième mode de réalisation.

Dans ce neuvième mode de réalisation, l'instruction d'accord est déterminée en fonction :

15 des variables de localisation, chacune des variables de localisation ayant une influence sur l'instruction d'accord ;
des fréquences utilisées pour la communication radio avec les antennes ;
d'une ou plusieurs variables additionnelles, chacune des variables additionnelles étant un élément d'un ensemble de variables additionnelles, les éléments de
20 l'ensemble de variables additionnelles comportant : des variables de type de communication qui indiquent si une session de communication radio est une session de communication vocale, une session de communication de données ou un autre type de session de communication ; un indicateur d'activation de mode mains libres ; un indicateur d'activation de haut-parleur ; des variables obtenues
25 en utilisant un ou plusieurs accéléromètres ; des variables d'identité d'utilisateur qui dépendent de l'identité de l'utilisateur actuel ; des variables de qualité de réception qui incluent par exemple les quantités représentatives d'une matrice de canal du septième mode de réalisation ; et des variables d'antenne qui incluent
30 par exemple les quantités réelles dépendantes d'une matrice impédance présentée par les accès radio du huitième mode de réalisation.

Les éléments du dit ensemble de variables additionnelles peuvent en outre comporter une ou plusieurs variables qui sont différentes des variables de localisation et qui caractérisent la manière dont un utilisateur tient l'appareil pour communication radio.

Dans ce neuvième mode de réalisation, l'instruction d'accord peut par exemple être
35 déterminée en utilisant une table de consultation réalisée dans l'unité de traitement.

En se basant sur l'enseignement du dit brevet des États-Unis d'Amérique numéro

8,204,446, le spécialiste comprend que l'accord d'antenne obtenu dans ce neuvième mode de réalisation peut être plus précis qu'un accord d'antenne dans lequel l'instruction d'accord est seulement une fonction des variables de localisation. Le spécialiste comprend aussi que l'accord d'antenne obtenu dans ce neuvième mode de réalisation peut être simultanément précis et tel que
5 l'instruction d'accord est générée rapidement et sans exiger une grande ressource de calcul.

INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

L'invention est adaptée à la communication radio utilisant des antennes multiples. Ainsi, l'invention est adaptée à la communication radio MIMO. L'appareil pour communication radio peut être un appareil pour communication radio MIMO, c'est-à-dire un appareil pour réception
10 radio MIMO et/ou un appareil pour émission radio MIMO.

L'invention procure les meilleures caractéristiques possibles en utilisant des antennes très proches, présentant donc une forte interaction entre les antennes. L'invention est donc particulièrement adaptée aux appareils mobiles pour communication radio, par exemple les téléphones mobiles, les tablettes numériques et les ordinateurs portables.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour communication radio avec plusieurs antennes dans une bande de fréquences, utilisant un appareil pour communication radio comprenant n antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2, le procédé comportant les étapes suivantes :

estimer une pluralité de variables de localisation, chacune de la pluralité de variables de localisation étant déterminé à partir d'une distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio, une première variable de localisation parmi la pluralité de variables de localisation étant basée sur une distance entre une première partie du corps humain et une première zone de l'appareil pour communication radio, une deuxième variable de localisation parmi la pluralité de variables de localisation étant basée sur une distance entre une deuxième partie du corps humain et une deuxième zone de l'appareil pour communication radio, la première zone de l'appareil pour communication radio et la deuxième zone de l'appareil pour communication radio étant distinctes ;

coupler les n antennes, directement ou indirectement, à un accordeur d'antenne (3) comportant n accès antenne, m accès radio, m étant un entier supérieur ou égal à 2, et p dispositifs à impédance réglable, p étant un entier supérieur ou égal à $2m$, chacun des p dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans la bande de fréquences, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique ;

générer une instruction d'accord à partir de chacune de la pluralité de variables de localisation, où la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable est réglée par l'instruction d'accord en fonction de la pluralité de variables de localisation.

2. Procédé pour communication radio selon la revendication 1, dans lequel au moins une des variables de localisation est une sortie d'un capteur sensible à une pression exercée par une partie d'un corps humain.

3. Procédé pour communication radio selon la revendication 1, dans lequel au moins une des variables de localisation est une sortie d'un capteur de proximité.

4. Procédé pour communication radio selon la revendication 1, dans lequel au moins une des variables de localisation est déterminée par un changement d'état d'une sortie d'un écran tactile.

5. Appareil pour communication radio utilisant plusieurs antennes dans une bande de fréquences, l'appareil pour communication radio incluant n antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2, l'appareil pour communication radio comportant :

un localisateur configuré pour estimer une pluralité de variables de localisation, chacune de la pluralité de variables de localisation étant déterminée à partir d'une distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio, une première variable de localisation parmi la pluralité de variables de localisation étant basée sur une distance entre une première partie du corps humain et une première zone de l'appareil pour communication radio, une deuxième variable de localisation parmi la pluralité de variables de localisation étant basée sur une distance entre une deuxième partie du corps humain et une deuxième zone de l'appareil pour communication radio, la première zone de l'appareil pour communication radio et la deuxième zone de l'appareil pour communication radio étant distincte ;

au moins un processeur configuré pour délivrer une instruction d'accord basée sur la pluralité de variables de localisation ;

un accordeur d'antenne (3) comportant n accès antenne, m accès radio et p dispositifs à impédance réglable, m étant un entier supérieur ou égal à 2 et p étant un entier supérieur ou égal à $2m$, chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans la bande de fréquences, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique ;

au moins un processeur d'accord configuré pour recevoir l'instruction d'accord, et délivrer une pluralité de signaux de contrôle d'accord à l'accordeur d'antenne, les signaux de contrôle d'accord étant déterminés en fonction de l'instruction d'accord, où la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable est réglée par au moins un des signaux de contrôle d'accord en fonction de la pluralité des variables de localisation.

6. Appareil pour communication radio selon la revendication 5, dans lequel l'appareil d'accord d'antenne (3) est tel que, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, il existe une matrice impédance diagonale appelée la matrice impédance diagonale donnée, la matrice impédance diagonale donnée étant telle que,

si une matrice impédance vue par les accès antenne est égale à la matrice impédance diagonale donnée, alors la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable a une influence sur une matrice impédance présentée par les accès radio.

5 7. Appareil pour communication radio selon la revendication 6, dans lequel l'appareil d'accord d'antenne (3) est tel que, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à la matrice impédance diagonale donnée, alors la réactance d'au moins un des dispositifs à impédance réglable a une influence sur au moins un élément non diagonal de la matrice impédance présentée par les accès radio.

10 8. Appareil pour communication radio selon la revendication 5, dans lequel l'appareil d'accord d'antenne (3) est composé de n appareils d'accord d'antenne ayant chacun un unique accès antenne et un unique accès radio, les appareils d'accord d'antenne ayant chacun un unique accès antenne et un unique accès radio étant indépendants et non couplés.

15 9. Appareil pour communication radio selon la revendication 5, dans lequel l'appareil pour communication radio comporte en outre un récepteur radio, et dans lequel l'instruction d'accord est une fonction de la pluralité de variables de localisation et d'une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal.

20 10. Appareil pour communication radio selon la revendication 5, dans lequel l'appareil pour communication radio comporte en outre un émetteur radio, et dans lequel l'instruction d'accord est une fonction de la pluralité de variables de localisation et de q quantités réelles dépendantes d'une matrice impédance présentée par les accès radio, où q est un entier supérieur ou égal à m .

1 / 7

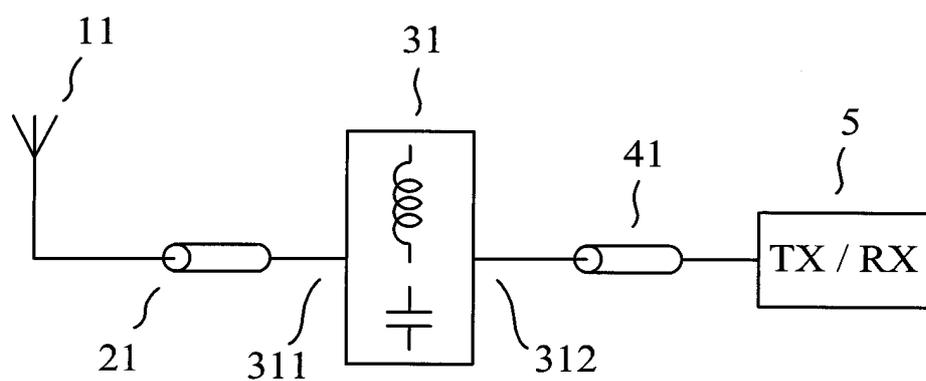


FIG. 1

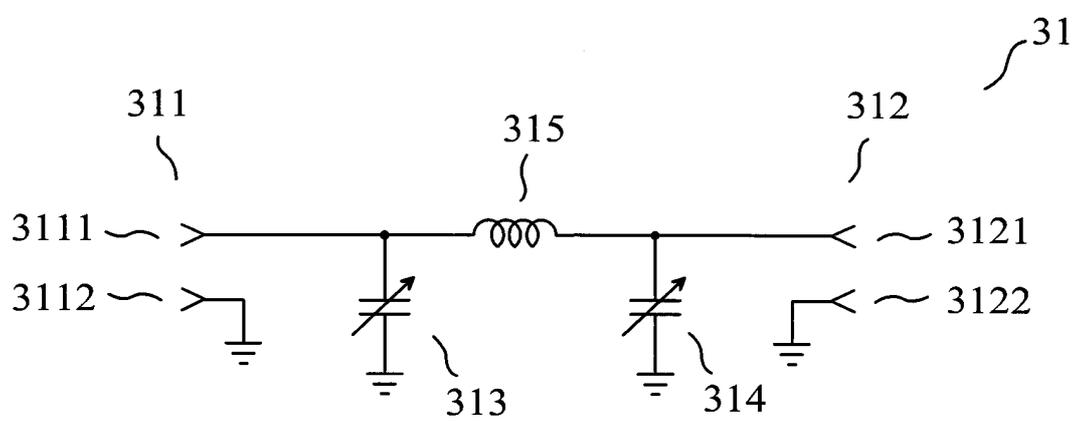


FIG. 2

2 / 7

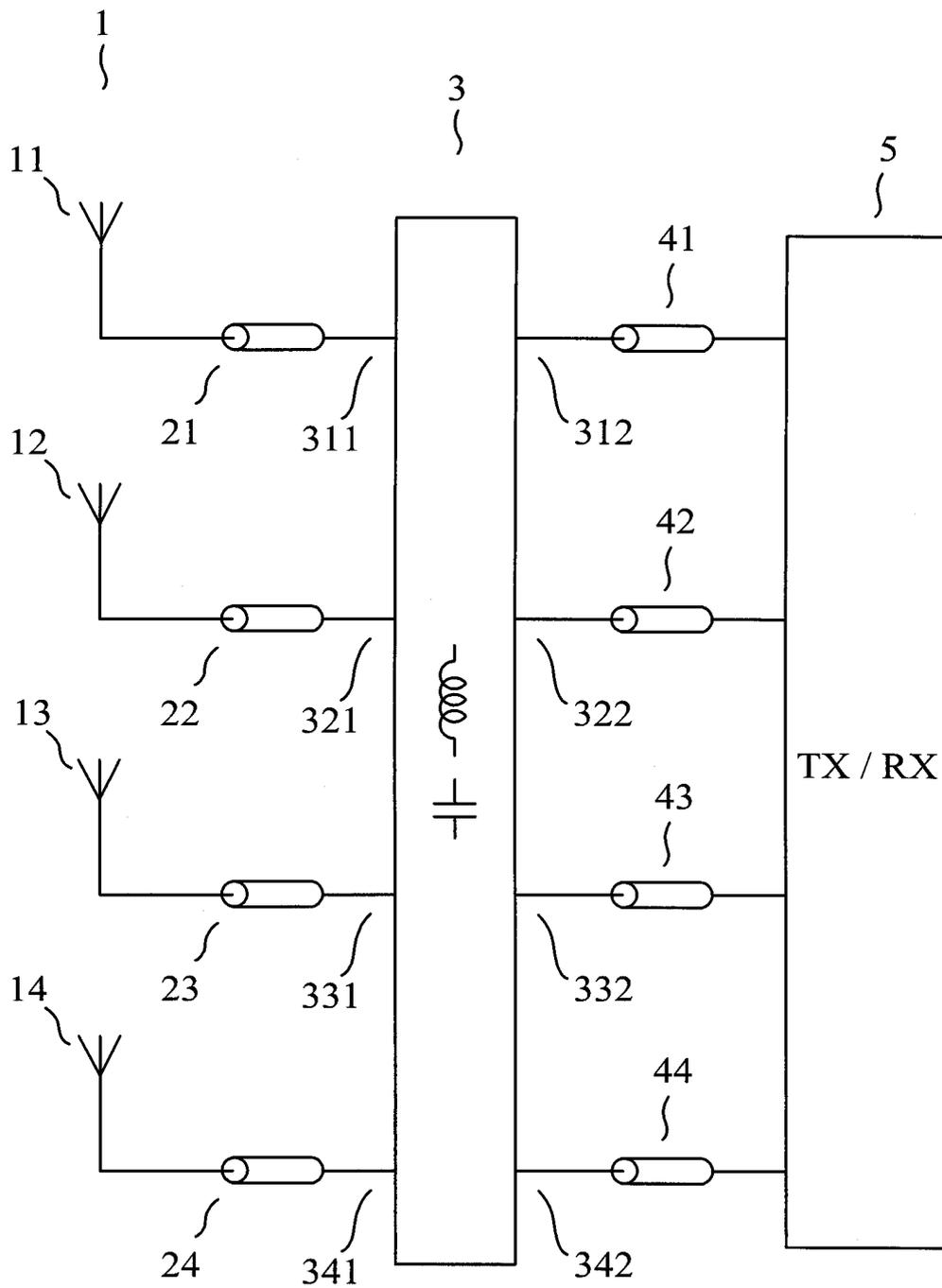


FIG. 3

3 / 7

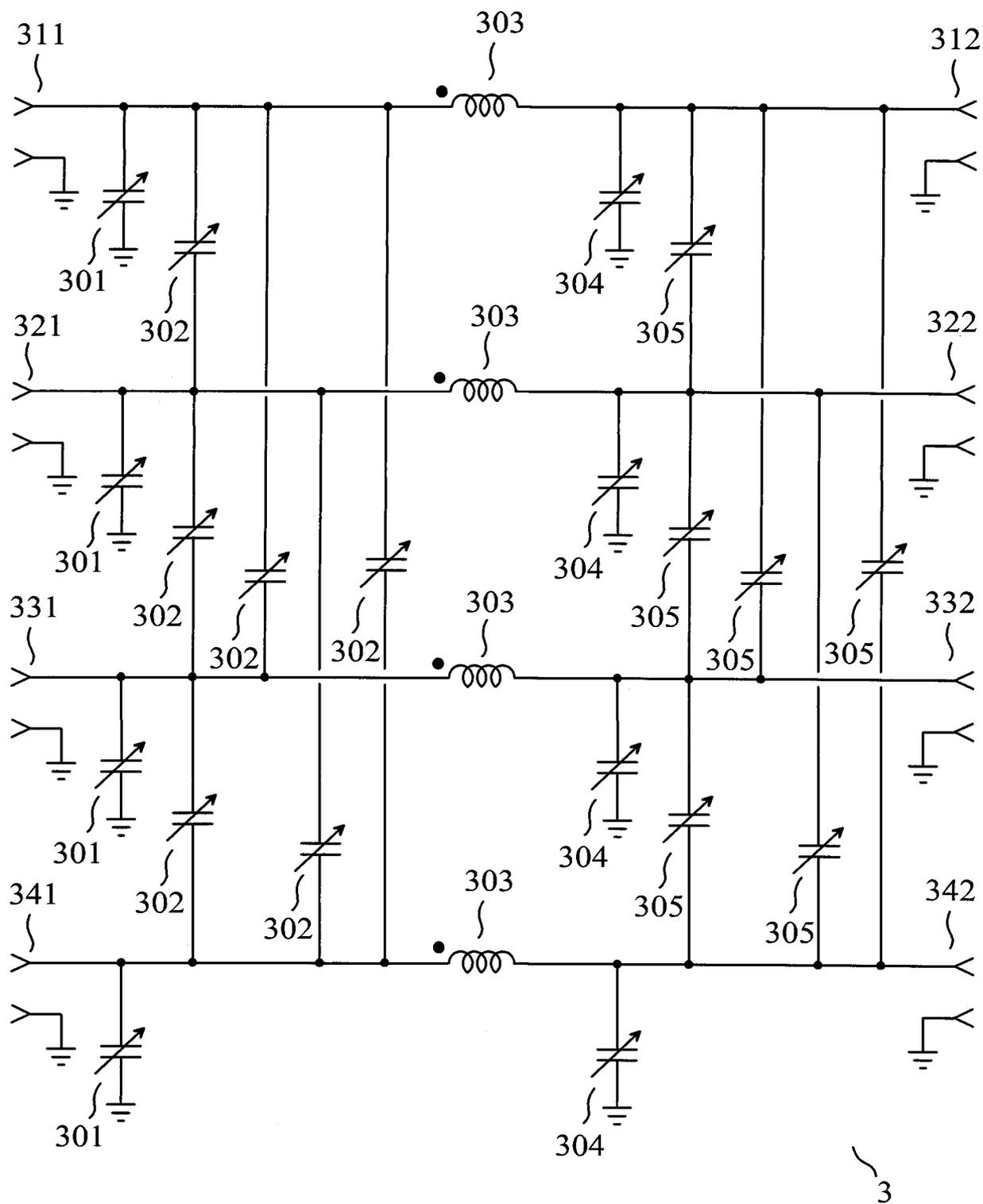


FIG. 4

4 / 7

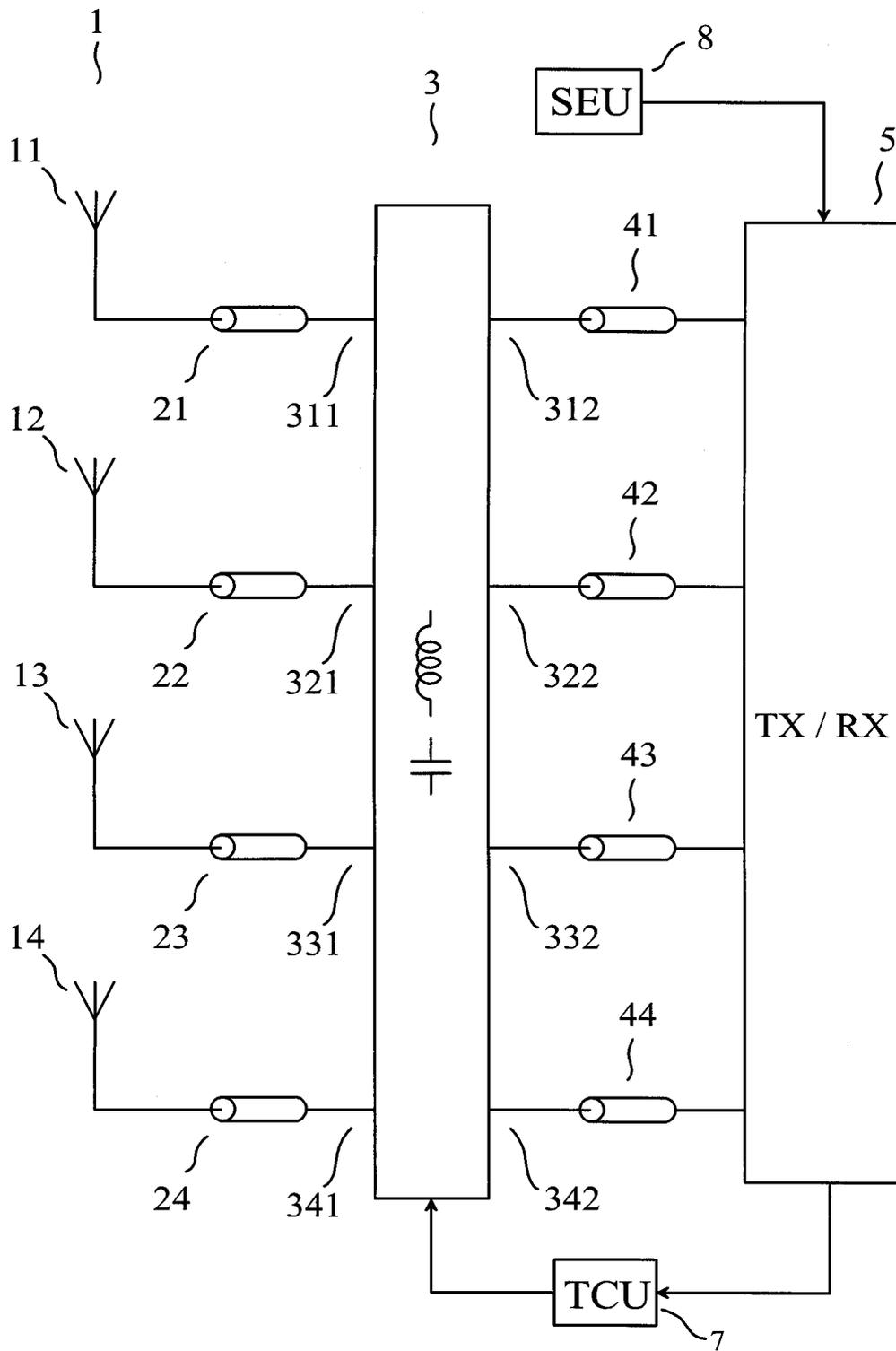


FIG. 5

5 / 7

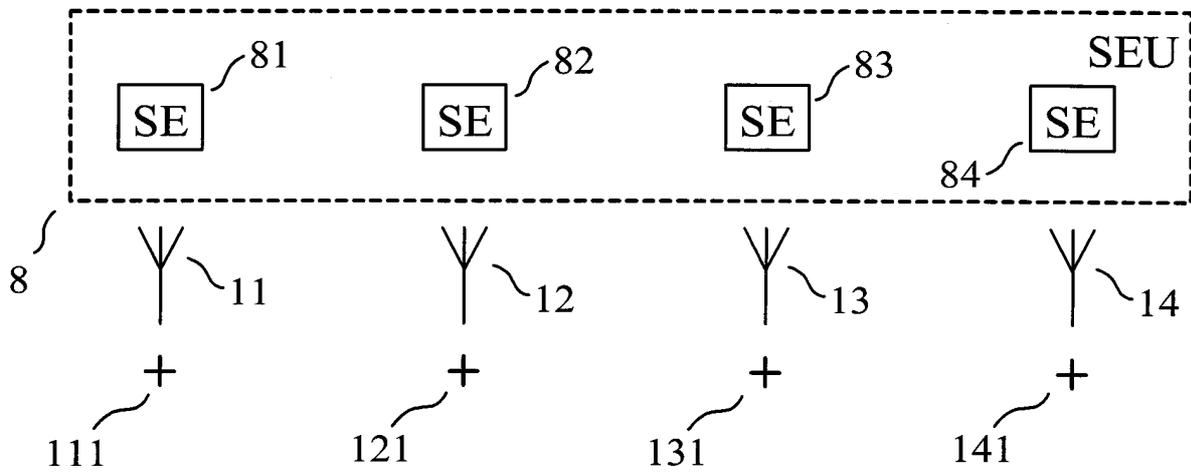


FIG. 6

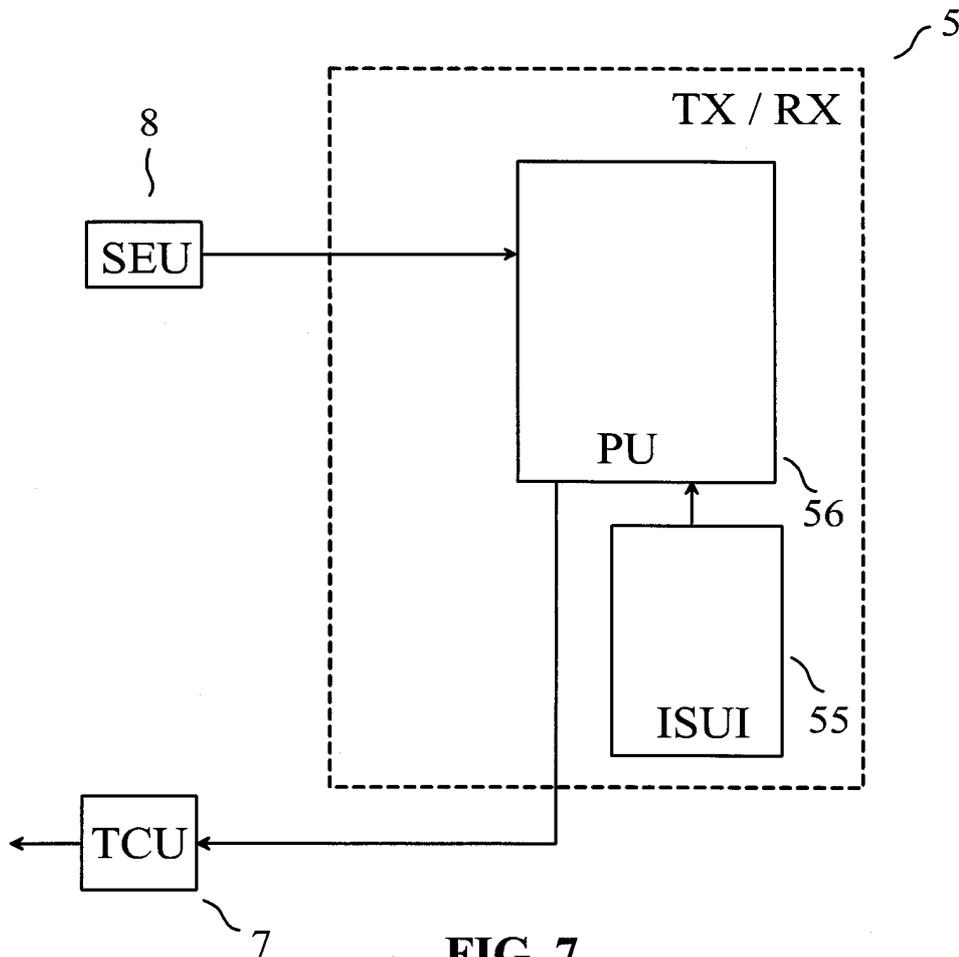


FIG. 7

6 / 7

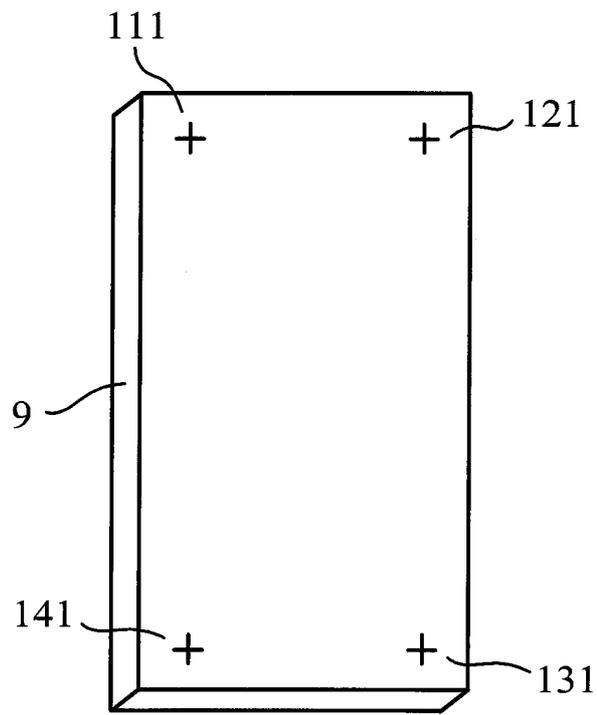


FIG. 8

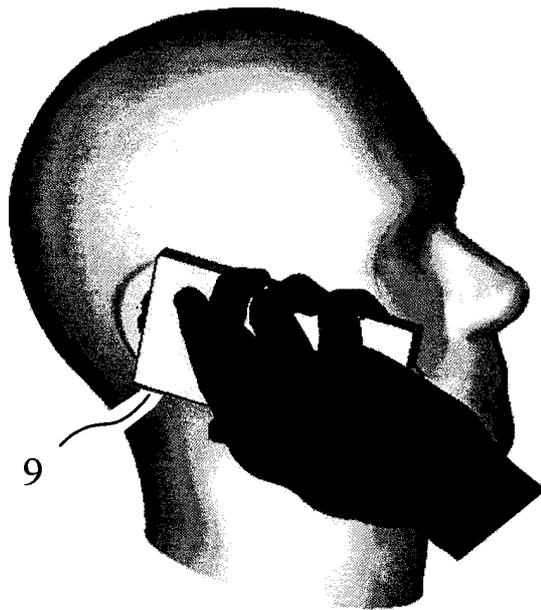


FIG. 9

7/7

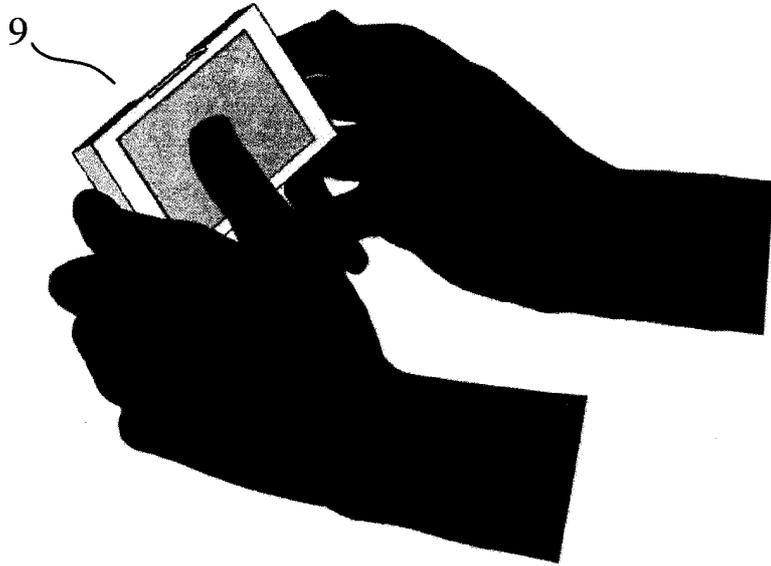


FIG. 10



FIG. 11

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

WO 2012/158693 A1 (GREENE MATTHEW [US]; MANSSEN KEITH [US]; MENDOLIA GREGORY [US]; PARATE)
22 novembre 2012 (2012-11-22)

US 2013/156080 A1 (CHENG ZHAOJUN [CA] ET AL)
20 juin 2013 (2013-06-20)

US 2012/329524 A1 (KENT JOEL C [US] ET AL)
27 décembre 2012 (2012-12-27)

US 2011/076966 A1 (ISHIMIYA KATSUNORI [SE])
31 mars 2011 (2011-03-31)

ALEKSANDER KREWSKI ET AL: "Matching network synthesis for mobile MIMO antennas based on minimization of the total multi-port reflectance", ANTENNAS AND PROPAGATION CONFERENCE (LAPC), 2011 LOUGHBOROUGH, IEEE, 14 novembre 2011 (2011-11-14), pages 1-4, XP032080707, DOI: 10.1109/LAPC.2011.6114021 ISBN: 978-1-4577-1014-8

WO 2008/010035 A1 (EXCEM [FR]; BROYDE FREDERIC [FR]; CLAVELIER EVELYNE [FR])
24 janvier 2008 (2008-01-24)

PRESTON GEREN ET AL: "A Practical Technique for Designing Multiport Coupling Networks", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 44, no. 3, 1 mars 1996 (1996-03-01), XP011036361, ISSN: 0018-9480

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES